

**XLVIII Международная молодёжная
научная конференция**

XLVIII Gagarin Science Conference

«Гагаринские чтения — 2022»

Сборник тезисов докладов

Москва
2022 г.

УДК 629.7.01

ББК 39.6я43

C23

C23 Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII Гагаринские чтения 2022. — М.: Издательство «Перо», 2022. — Мб. [Электронное издание].

ISBN 978-5-00204-326-2

Международная молодёжная конференция «Гагаринские чтения» в 2022 году прошла в 48-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 поэтапно 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 39.6з43

ISBN 978-5-00204-326-2

© Авторы статей, 2022

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

Дорогие друзья!

Приветствуем вас на 48-й Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения»! В этом году конференция посвящена празднованию 100-летия основания конструкторского бюро «Туполев», созданного великим авиаконструктором Андреем Николаевичем Туполевым.

Андрей Николаевич был заведующим кафедрой гидроавиации МАИ, а затем профессором на кафедре «Конструкция и проектирование самолётов». Под руководством Туполева А.Н. спроектировано свыше 100 типов самолётов, 70 из которых строились серийно. На его самолётах установлено 78 мировых рекордов, выполнено около 30 выдающихся перелётов.

Московский авиационный институт по праву считается одним из ведущих научно-образовательных центров в области авиационных, ракетно-космических и высокотехнологичных систем. Из стен университета ежегодно выпускаются тысячи специалистов для авиационной и ракетно-космической науки и промышленности. Все они начинали свой путь инженеров и учёных с маленьких шагов. Хорошим стартом для исследователей, изобретателей и даже космонавтов является участие в конференции «Гагаринские чтения».

В этом году свои работы представили участники из 80 городов России, а также из 10 стран ближнего и дальнего зарубежья. Экспертами конференции заслушано 819 докладов, из них четверть представлены в онлайн-формате. Поддержку конференции оказали Государственная корпорация «Ростех» и АО «Объединённая двигателестроительная корпорация».

Проявляйте себя — выступайте на конференциях, участвуйте в конкурсах, боритесь за Гранты, делитесь идеями и реализуйте крупные проекты! А наш университет всегда готов стать площадкой для презентации ваших достижений!

Желаю вам успехов в вашей научной деятельности. Ведь основная цель молодёжной конференции — вовлечение талантливых студентов, аспирантов и учёных в научно-исследовательскую работу и приобретение вами навыков публичных выступлений. Пусть впереди вас ждут новые свершения и открытия!

И.о. проректора по научной работе МАИ



Ю.А. Равикович

Оглавление

Направление №1 Авиационные системы	5
Направление №2 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки	85
Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика	158
Направление №4 Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем	312
Направление №5 Ракетные и космические системы.....	334
Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение.....	409
Направление №7 Математические методы в аэрокосмической науке и технике	424
Направление №8 Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники.....	468
Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса	565
Направление №11 International session (in English)	799
Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур).....	809
Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)	821
Алфавитный указатель.....	824

Направление №1 Авиационные системы

Секция №1.1 Аэродинамика, динамика и управление полётом ЛА

Влияние ПИД регулятора на аэроупругую модель летательного аппарата

Верзилин С.С., Крюкова М.О., Никулин Д.С.

Научный руководитель — Кашфутдинов Б.Д.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Проектирование современных летательных аппаратов (ЛА) связано с решением задач стабилизации, учитывающие возмущение материала, которое вызвано аэроупругими силами. Одной из задач системы автоматического управления (САУ) является увеличение запасов по статической и динамической аэроупругости. Например, в статье [1] рассмотрена системная модель аэросервоупругого ЛА и описана концепция модельно-ориентированного проектирования ЛА с учётом подбора коэффициентов САУ. В работе [2] рассмотрен один из методов анализа, позволяющего оценить аэроупругую устойчивость типа флаттер: движение ЛА рассматривается в дозвуковом потоке, решение проводится с применением полиномиального метода Ритца. В результате исследования найдена граница устойчивости динамической аэроупругости, соответствующая взаимодействию первых двух тонов колебаний. В статье [3] представлены методы анализа аэроупругих колебаний крылатой ракеты, где крыло ракеты заменяется балкой, работающей на изгиб и на кручение, при этом корпус и стабилизатор считаются абсолютно жесткими. По результатам моделирования определяются критические скорости и области устойчивости полёта ракеты соответственно для каждого из методов.

В данном исследовании аэроупругость исследуется упрощенно на примере системы трех масс, которые соединены пружинами. На третью массу воздействует аэроупругая сила, связанная с перемещением второй массы коэффициентом пропорциональности аеро. Модель дополняется системой автоматического управления (САУ). Результат работы САУ, которая состоит из ПИД регулятора — это сила, действующая на первую массу. Перемещение второй массы является входным сигналом для системы управления. Коэффициенты в ПИД регуляторе, описывающие взаимодействие масс с учетом силовых факторов, являются варьируемыми параметрами.

Исследование основано на методе сравнения аналитического решения характеристического уравнения для данной системы с решением, которое было получено с помощью MSC.Nastran. С учетом условия равновесия формируется система трех уравнений для аэроупругой системы, дополняемая уравнением для ПИД регулятора. Для полученной системы записываются M и C , матрицы масс и жесткости соответственно. Решением характеристического уравнения определяются выражения для вычисления собственных частот ω .

Для выполнения численного эксперимента принимаем $m_1=6$ кг., $m_2=1$ кг., $m_3=5$ кг. — массы первого, второго и третьего грузов соответственно; $k_{12}=500$ Н/м, $k_{23}=500$ Н/м — жесткости первой и второй пружин. В полученном выражении присутствуют коэффициенты аеро, которые варьируется от -3000 до 3000 с шагом 500 , и $servoP$, $servoI$, $servoD$, варьируемые в диапазоне от -20 до 20 с шагом 10 .

Подставляя значения аеро и $servoP$, $servoI$, $servoD$ в выражения для ω , получаем от трех до четырех пар комплексно-сопряженных корней в зависимости от используемого регулятора. В результате строятся графики зависимости собственной частоты ω от значения коэффициентов аеро и $servoP$, $servoI$, $servoD$.

Графики показывают зависимость собственных частот от выбранного типа регулятора. Например, при использовании интегрирующего звена собственная частота не зависит от

коэффициентов аеро и servoI: в пропорциональном и дифференцирующем тип звена влияет на значения собственных частот.

Полученные аналитические решения совпадают с найденными в MSC.Nastran.

Список использованных источников:

1. Кашфутдинов Б. Д. Модельно-ориентированный подход к проектированию системы стабилизации летательного аппарата // Решетневские чтения. 2020
2. Благодарёва О. В. Расчет на безопасность от флаттера крыла малого удлинения методом полиномов // Труды МАИ. 2013. № 68. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=41717>
3. Благодарёва О. В. Применение метода Ритца и метода конечных элементов к расчёту аэроупругих колебаний крылатой ракеты // Труды МАИ. 2017. № 95. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84426>

Экспериментальные исследования модели гидроплана в аэродинамической трубе Т-1 МАИ

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

Научный руководитель — Кузнецов А.В.

МАИ, Москва

На этапе эскизного проектирования возникает необходимость подтверждения аэродинамических характеристик летательных аппаратов, полученных в процессе предварительного моделирования и первичной оптимизации. Одним из способов верификации результатов расчета аэродинамических характеристик летательного аппарата является экспериментальное моделирование в аэродинамической трубе. В данной работе объектом исследования является аэродинамическая модель гидроплана. Спецификой данного класса воздушных судов являются гидродинамическая подъёмная сила глассирующей поверхности днища корпуса и экраный эффект [1]. Своеобразие эксперимента при исследовании модели гидроплана заключается в том, что необходимо моделировать экраный эффект, возникающий на взлётно-посадочных режимах и при выполнении крейсерского полета вблизи водной поверхности.

Целью настоящей работы является исследование особенности аэродинамики модели гидроплана. Испытания проводились в аэродинамической трубе малых дозвуковых скоростей Т-1 МАИ. Для учёта влияния экранного эффекта на аэродинамические силы и моменты модели гидроплана были выполнены серии продувок в присутствии неподвижного экрана на разных относительных высотах.

Результатом проведенных исследований является базис коэффициентов аэродинамических сил и моментов для модели и их зависимости от углов атаки и скольжения планера модели для различных относительных высот над экраном [2]. Определено аэродинамическое качество модели и влияние на него относительной высоты полета над экраном. Также оценена устойчивость модели по тангажу и рысканию. Исходя из результатов эксперимента вычислено оптимальное положение центра масс модели, при котором обеспечивается требуемый запас продольной статической устойчивости.

Список использованных источников:

1. Гидроаэромеханика морских летательных аппаратов: учеб. пособие / В. М. Шашин; Гос. ком. РФ по высш. образованию. Моск. гос. авиац. ин-т (техн. ун-т). — Москва: Изд-во МАИ, 1997. — 64 с.
2. Микеладзе В. Г., Титов В. М. «Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет: Справочник.» — М.: Машиностроение, 1982. 149 с., ил.

Влияние восприятия акселерационной информации на точность пилотирования в условиях сильной атмосферной турбулентности

Воронка Т.В.

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

МАИ, Москва

Целью настоящей работы является оценка важности моделирования акселерационной информации на пилотажном стенде в задаче посадки самолета в условиях сильной атмосферной турбулентности. В работе рассматривается пересечение самолетом вихревого следа на этапе движения по глиссаде. Вихревым следом называется совокупность вихрей, которые образуются струями от двигателей, кильватерным следом от фюзеляжа и концевыми вихрями крыла. Попадание в вихрь может привести к внезапному забросу по крену с последующим отключением автопилота, а также к несимметричному срыву потока на крыле и входом в штопор при минимальном запасе высоты. А в некоторых случаях на воздушное судно будут действовать динамические нагрузки, которые могут привести к повреждению самолета. Поэтому важно рассмотреть влияние величин перегрузок на безопасность пилотирования. В работе была использована модель вихревого следа, построенная при отсутствии поля скосов потока от впереди летящего самолета. Спутный след моделировался с применением инженерной модели четырехвихревой системы, рассчитанной на основе базы данных вихревых следов NASA. Также принималось допущение, что вихрь постояен в течение 12–160 секунд. При попадании в вихревой след на самолет действуют дополнительные аэродинамические силы и моменты, которые и вычислялись в настоящей работе с помощью предложенной в работах МАИ модели взаимодействия самолета и вихревого следа.

Для исследуется влияние восприятия акселерационной информации на точность пилотирования были разработаны алгоритмы функционирования системы подвижности пилотажного стенда МАИ, формирующие закон обжатия его опор в зависимости от перегрузок и угловых скоростей.

Эксперименты проводились на пилотажном стенде МАИ с включённой и выключенной системой моделирования акселерационных ощущений. В процессе выполнения задачи посадки в условиях попадания в вихревой след регистрировались нормальная и боковая перегрузки, а также боковое и вертикальное отклонение от глиссады. В дальнейшем были проанализированы результаты, а именно максимальные значения среднеквадратических отклонений изменения перегрузок и отклонений от глиссады для вариантов, когда пилотирование осуществлялось с применением системы моделирования акселерационных ощущений и без нее. Было показано существенное влияние системы моделирования акселерационных ощущений на точность пилотирования.

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 8 декабря 2020 г. № 075-11-2020-023)

Исследование влияния формы сечения осесимметричного корпуса на его аэродинамические характеристики экспериментальным методом

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

Научный руководитель — Сергеева Н.И.

МАИ, Москва

Современные компоновки ракет и бомб в большинстве случаев в поперечном сечении корпуса имеют форму круга и коническую носовую часть, что обусловлено конструктивными соображениями. В данной работе исследовался путь улучшения аэродинамических характеристик [1] за счет использования нестандартных форм корпуса в поперечном сечении. Были рассмотрены корпуса с сечением «круг», «квадрат», «ромб», «шестиугольник», «восьмиугольник» и различные переходные варианты [2].

Целью настоящей работы является исследование возможности повышения несущих свойств корпуса, применяя различные формы поперечных сечений. Испытания проводились в дозвуковой аэродинамической трубе Т-1 МАИ и в плоской дымовой трубе МАИ. Для учёта влияния поддерживающих устройств на аэродинамические характеристики модели были выполнены серии испытаний державки в присутствии модели [3].

В результате проведенных исследований получены коэффициенты аэродинамических сил и моментов для корпусов с различной формой поперечного сечения в зависимости от углов атаки. Определено аэродинамическое качество моделей, оценена устойчивость моделей в продольном канале. В эксперименте было выявлено, что по сравнению с телом, которое имеет круглую форму поперечного сечения, наибольшей подъёмной силой обладают тела с сечениями «ромб» и «квадрат» в поперечном сечении. Получены картины визуализации поперечного обтекания корпусов различной формы в плоской дымовой аэродинамической трубе МАИ.

Список использованных источников:

1. Микеладзе В. Г., Титов В. М. «Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет: Справочник.» — М.: Машиностроение, 1982. 149 с, ил.
2. С.Г.Бураго, Л.Б.Аксельрод, «Влияние формы поперечных сечений корпусов ЛА на их несущие свойства на больших углах атаки». Тематический сборник научных трудов «Теоретические и экспериментальные исследования аэродинамических характеристик ЛА и его частей», стр. 56-58, М., МАИ, 1983
3. Теплыгин А.И. «Исследование влияния формы сечения осесимметричного корпуса на его аэродинамические характеристики экспериментальным методом»; выпускная квалификационная работа, кафедра 105 МАИ, 2021.

Разработка закона управления регулятора, с использованием альтернативных средств автоматизации для предотвращения обращённого управления в задаче посадки сверхзвукового пассажирского самолёта второго поколения

Гришина А.Ю., Бикинсова А.П.

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

Обеспечение безопасности полета является приоритетной задачей при разработке авиационной техники. Проанализировав статистику авиационных катастроф за последние 30 лет, можно сделать вывод, что большая часть случаев происходит на этапах взлета и посадки (75%), при этом на долю ошибок пилотов приходится 66% всех катастроф.

В рамках настоящей работы рассматривается задача посадки сверхзвукового пассажирского самолета. Путем математического моделирования было выявлено, что у модели рассматриваемого самолета имеет место быть обращенное управление (т.е. взятие ручки управления «на себя» вызывает движение самолета вниз ввиду того, что рассматриваемая система является не минимально фазовой на рассматриваемом режиме).

Традиционно, для борьбы с такой особенностью в систему управления вводится автомат тяги. В настоящей работе предложен альтернативный метод, который заключается в использовании органов непосредственного управления подъемной силой (НУПС). В качестве таких органов могут использоваться элевоны.

Использование органов НУПС позволяет «развязать» линейное и угловое движение путем ввода фильтров в тракт управления, которые распределяют командный сигнал между органами НУПС и рулем высоты. В частности, такой подход позволяет реализовать процесс управление по высоте путем управления углом тангажа при постоянном угле атаки или же путем управления углом атаки при постоянном тангаже.

В настоящее время найдены передаточные функции (ПФ) по углам наклона траектории, тангажа и углу атаки. Получены ПФ фильтров, проводятся эксперименты доказывающие, что установка НУПС на сверхзвуковом пассажирском самолете целесообразна.

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 «16» ноября 2020 г. № 075-15-2020-924)

Механическая работа, выполняемая лётчиком, как показатель оценки его загрузки

Ефремов Е.В.

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

МАИ, Москва

Субъективная оценка летчика PR по шкале Купера–Харпера выбирается исходя из двух показателей [1]:

- 1) качество выполнения задачи;
- 2) степень компенсирующих действий летчика, вводимых им при выполнении задачи пилотирования (так называемая, нагрузка летчика).

Для оценки первого показателя вводятся понятия «желаемая» и «адекватная» характеристики задачи. Что касается второго показателя, то в настоящее время отсутствует какой-либо объективный параметр, определяющий эту нагрузку. В некоторых работах МАИ [2] было предложено загрузку летчика сопоставлять с его максимальной фазовой компенсацией, которая определяется как максимальная по модулю разность между частотными характеристиками летчика, которые получены при управлении заданным объектом и оптимальным и в зависимости от абсолютной величины делается вывод, что летчик при выполнении задачи преимущественно вводит либо сглаживание, либо опережение.

В настоящей работе предложено в качестве такого параметра использовать механическую работу, которую выполняет летчик. Показано, что если сигналы перемещения и скорости перемещения рычага не коррелированы друг с другом и распределены по нормальному закону (в работе проведена серия экспериментов, результаты которых подтвердили справедливость этих допущений), то механическая работа прямо пропорциональна произведению среднеквадратичных отклонений перемещения рычага и скорости его перемещения. По результатам экспериментальных исследований показано, что механическая работа, выполняемая летчиком коррелирована с уровнем пилотажных характеристик.

Кроме того, была выполнена серия экспериментальных исследований по выявлению целесообразности использования бокового рычага управления. Показано, что при использовании бокового рычага управления по сравнению с центральным в случае, когда оператор управляет объектом управления, принадлежащего к первому уровню пилотажных характеристик, он совершает в 1.7–2 раза меньшую механическую работу. При управлении конфигурацией третьего уровня, использование бокового рычага управления позволяет добиться того, что оператор совершает в 3 раза меньшей механической работы по сравнению с центральным. Отсюда можно сделать вывод о том, что боковой рычаг обеспечивает более лучшие пилотажные характеристики, чем центральный.

Публикация тезисов подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 8 декабря 2020 г. № 075-11-2020-023).

Список использованных источников:

1. Ефремов А. В. и др. «Динамика полета», Москва, Машиностроение, 2017
2. Efremov A. V., Efremov E. V. Tiaglik, M. S. Advancements in predictions of flying qualities, pilot-induced oscillation tendencies, and flight safety. Journal of Guidance, Control and Dynamics Vol. 43, No. 1, 2020. doi:10.2514/1.G004409

Параметрический расчёт аэродинамических характеристик крыла, выполненного по схеме «Diamond-back», методом численного моделирования Заварзина Е.А.

Научный руководитель — Парамонов И.В.
МАИ, Москва

На данный момент одним из наиболее перспективных, с точки зрения развития, сегментов авиационной промышленности является разработка и производство беспилотных летательных аппаратов (БЛА) — летательных аппаратов без экипажа на борту. Круг задач, решаемый данным классом летательных аппаратов (ЛА) характеризуется широчайшим разнообразием. Большое количество разнообразных БЛА обусловлено снятием ряда ограничений, накладываемых на классический пилотируемый ЛА в части размеров и требований безопасности.

Одним из вариантов аэродинамической схемы, применяемой в планирующих БЛА, является схема «Diamond-Back». В настоящей работе рассматривается крыло «Diamond-Back» в предельном варианте — ромб — крыло имеет консоли одинаковой длины, а, следовательно, переднее крыло имеет прямую стреловидность, заднее — обратную. Также рассмотрены промежуточные варианты.

Исследование проводилось методом численного моделирования в программном пакете Ansys CFX, основанном на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье–Стокса (RANS).

Результатом работы является полученный и проанализированный: параметрический расчет аэродинамических характеристик крыла, выполненного по схеме «Diamond back» в широком диапазоне геометрических характеристик, включая углы стреловидности ($\chi=5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$) переднего и заднего крыла, углы атаки ($\alpha=-8^\circ; -6^\circ; -4^\circ; 0^\circ; 4^\circ; 8^\circ; 12^\circ; 16^\circ$) и числа Маха ($M=0,2; 0,5; 0,8$). Значения длин растворов были соответственно:

$L_{\text{раств}}=500 \text{ мм}; 600 \text{ мм}; 700 \text{ мм}; 800 \text{ мм}$, высота установки крыльев друг над другом: $f=20 \text{ мм}; 30 \text{ мм}; 40 \text{ мм}; 50 \text{ мм}$. Полученные в итоге АДХ позволяют оценить их взаимное влияние друг на друга.

Было установлено, что суммарный коэффициент подъемной силы (C_{ya}), формируемый совместной работой переднего и заднего крыла в целом нивелирует разницу в подъемной силе из-за изменения стреловидности и имеет за счет затягивания отрыва на заднем крыле более высокие значения критического угла атаки ($\alpha_{кр}$), чем отдельно переднее крыло.

Коэффициент лобового сопротивления (C_{xa}), переднего крыла выше коэффициента лобового сопротивления заднего крыла в силу уменьшения угла атаки заднего крыла за счет схода потока и нахождения его в тени переднего крыла. При этом, разница увеличивается с увеличением угла атаки (α).

Разработка индивидуального водного средства передвижения «Скат»

Иванов Д.А.

Научный руководитель — Чириков С.А.

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

Самостабилизация — это процесс, во время которого аппарат стремится вернуться к «нормальному» движению, после передачи ему не критического отклонения, самостоятельно, без использования автоматических систем управления.

Индивидуальное водное средство передвижения (ИВСП) «Скат» относится как классу судов на подводном крыле, так и к летательным аппаратам, использующему экранный эффект, за счёт своей особенности — наличием аэродинамического и подводного крыла. «Скат» предназначен для скоростного перемещения минимум одного человека на короткие расстояния во внутренних водах. Состоит из корпуса — крыла, передней стойки, двигательного отсека, передних подводных крыльев и двух задних подводных крыльев. Основная идея создания аппарата — решение проблемы самостабилизации судов,

использующие экранный эффект с помощью внедрения в их конструкцию предложенных решений.

Основными достоинствами ИВСП «Скат» является повышенная экономия энергии за счёт совмещения аэродинамической и подводной поверхности. По своей сути являясь «двухсердным бипланом», у которого одно крыло под водой, а второе — над, «Скат» имеет повышенную грузоподъёмность в сравнение с конкурентами за счёт аэро и гидродинамических форм. А Корпусе-крыло позволит снизить нагрузку на подводное крыло, уменьшить его размеры и как следствие снизить лобовое сопротивление под водой.

Первым экспериментом по реализации экранного эффекта в САЕ-системе ANSYS, программе Fluid Flow (CFX) стал эксперимент, в котором экранной поверхностью послужила обычная жесткая плоская пластина, которая была добавлена в 3D-модель ИВСП. Целью данного эксперимента являлся поиск высоты, на которой экранный эффект проявляется наиболее сильно. Теоретическая высота наиболее «сильного» экранного эффекта равняется половине средней аэродинамической хорды. Для поиска этой высоты, упомянутая выше платформа, располагалась на разных высотах относительно ИВСП. По итогам этого эксперимента были получены несколько точек, по которым была построена кривая. По этой кривой была определена искомая высота. Практическое значение получилось меньше теоретического. В данном случае высота над экраном равняется 0,5 метра, что составляет 0,25% от САХ.

За счёт особенности конструкции скат является уникальным транспортным средством и не имеет на данный момент аналогов в мире, использующих одновременно подводное и аэродинамическое крыло. В рамках данной работы планируется математическое и физическое описание стабильности полёта и расчёта геометрии подобных аппаратов и проведение расчётов для разных профилей и компоновок.

Список использованных источников:

1. Серфинг с подводным крылом. SUP FOIL и foil surfing [Электронный ресурс] // — яхты, страны, путешествия, lifestyle: [сайт]. URL: <https://sup-shop.ru/blog/sup-foil-i-foil-surfing/> (дата обращения: 29.01.2021).

2. Белагин, Н. И. Экранопланы (по данным зарубежной печати). — 2-е изд. — Л.: Судостроение, 1977. — 232 с. 2. Богданов, А. И. Разработка первых международных требований к безопасности экранопланов // Морской вестник: журнал. — 2005. — № 1. — С. 69—82.

3. 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

4. Конструкции быстроходных судов: пособие для студентов специ- K65 альности 1-37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта»: в 3 ч. / Б. А. Барбанель [и др.]; под науч. ред. И. В. Качанова. — Минск: БНТУ, 2011. — Ч. 2: Суда на под-водных крыльях. — 2012 — 58 с. ISBN 978-985-525-788-3 (Ч. 2).

Исследование взаимовлияния параметров нагружения выходной решётки системы кондиционирования маневренного самолёта с помощью междисциплинарного инженерного анализа

Карпов И.В., Боев А.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бобарика И.О.

ИРНИТУ, Иркутск

В работе рассмотрено влияние внешнего потока на прочностные характеристики решетки системы кондиционирования современного маневренного самолёта на различных режимах полёта и работы системы кондиционирования.

Работа имеет определенное прикладное значение, т.к. позволяет выявить факторы, наиболее влияющие на данный элемент конструкции и определить потенциальную возможность и места его возможного разрушения при эксплуатации авиационной техники в

реальных условиях. Также результаты данной работы позволят сформировать перспективные требования к решёткам систем кондиционирования конкретных образцов авиационной техники с учётом конфигурации элементов и мест их размещения в конструкции планера.

В работе выполнена постановка сложной междисциплинарной задачи для нахождения, напряженно-деформируемого состояния, создаваемого аэродинамическим нагружением в процессе полета. Задача свелась к нахождению давления на поверхности конструктивного элемента и экспортирования полученных данных в прочностной анализ решетки.

Задача решалась поэтапно: газодинамический анализ выполнялся в специализированном программном продукте FloEFD, после чего обработанные данные распределения давлений по поверхностям элементов конструкции являлись исходными данными для анализа статического напряженно-деформированного состояния в программном продукте Femap NX. Оба программных продукта тесно интегрированы в комплекс Siemens NX, поэтому корректность системы передачи данных о распределении давления по поверхностям из одного программного продукта в другой априори не подвергалась сомнению.

Этапность решения задачи:

- 1) Формирование исходных данных о выходных параметрах работы системы кондиционирования;
- 2) Разработка плана проведения серии виртуальных экспериментов для различных режимов полёта и работы системы кондиционирования;
- 3) Подготовка расчётной модели выходной решетки системы кондиционирования без учёта и с учётом узких каналов и профилированных щелей;
- 4) Проведена серия виртуальных экспериментов для различных режимов полета;
- 5) Анализ результатов и выявление потенциальных закономерностей распределения нагрузок;

В результате выполнения работы сделан вывод о существенном совместном влиянии режима работы системы кондиционирования и режима полёта на напряженно-деформированное состояние выходной решетки системы кондиционирования современного самолёта. Данный вывод имеет определённое практическое значение, т.к. традиционно данный элемент конструкции планера считается ненагруженным и специализированные требования к нему не применяются, что может при определённых условиях привести к возникновению микротрещин по местам концентрации напряжений и последующему разрушению выходной решетки системы кондиционирования.

Список использованных источников:

1. Системы кондиционирования воздуха на летательных аппаратах / Г.И. Воронин / 1973. С. 161–183
2. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха / Л.Д. Дубровин, Е.Е. Егоров, Ю.М. Петров [и др.] / 2006. С. 353–357.
3. Аэродинамика. Аэромеханика / И.О. Бобарика, С.В. Молокова / 2018. С. 55–68.

Перспективные средства подавления явления раскачки самолёта лётчиком

Корзун Ф.А., Проданик В.А.

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

МАИ, Москва

Явление раскачки самолета лётчиком (в англоязычной терминологии «Pilot induced oscillations», PIO) возникает в результате динамического взаимодействия лётчика с самолетом, приводя к развитию значительных забросов и даже появлению расходящихся колебаний. Появившийся во второй половине прошлого столетия класс высокоавтоматизированных самолетов характеризуется рядом особенностей, связанных с их неустойчивой компоновкой и глубокими обратными связями систем управления. Наличие ограничения скорости отклонения рулей привело к ряду катастроф, связанных с возникновением расходящихся колебаний, а также повышению тенденции у других самолетов к развитию этого явления.

С целью подавления этих эффектов были выполнены исследования по разработке алгоритмов или фильтров, применяемых в системе управления. В настоящей работе предложен перспективный способ подавления явления раскачки и производится сравнение с двумя вариантами фильтров, применяемых на современных высокоавтоматизированных самолётах: нелинейный префильтр в контуре ручного управления и система «gate limiter with feedback and bypass».

Для оценки эффективности и робастности предложенного алгоритма были проведены две серии экспериментов. Исследования проводились на наземной рабочей станции, которая позволяет проводить экспериментальные исследования в реальном масштабе времени.

В экспериментальных исследованиях принимали участие три оператора. В результате выполнения экспериментов были получены и проанализированы частотные, спектральные и интегральные характеристики системы самолёт-лётчик.

Согласно результатам экспериментов был сделан вывод о том, что предложенный алгоритм не уступает существующим системам подавления явления раскачки, применяемым на современных высокоавтоматизированных самолётах, а по многим параметрам превосходит их.

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 «16» ноября 2020 г. № 075-15-2020-924).

Проект модели перспективного самолёта аэродинамической схемы «тандем» для экспериментальных исследований в аэродинамической трубе Т-1 МАИ

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

Научный руководитель — Кузнецов А.В.

МАИ, Москва

Аэродинамические характеристики летательного аппарата во многом определяются компоновкой, то есть выбором схемы взаимного расположения основных частей. Одним из вариантов является аэродинамическая схема «тандем». Для данного класса летательных аппаратов характерными особенностями являются наличие пары крыльев, разнесённых друг относительно друга по фюзеляжу, каждое из которых создаёт подъёмную силу. Наличие второго крыла ведет к ряду преимуществ как в аэродинамических, так и в лётно-тактических характеристиках, способствующих уменьшению размаха крыла, уменьшению удельной нагрузки на крыло, обеспечению устойчивости к сваливанию, увеличению манёвренных характеристик, отсутствию необходимости установки горизонтального оперения и в следствии уменьшению сопротивления ЛА.

Целью настоящей работы является создание вариативной модели «тандем А» для получения зависимостей аэродинамических коэффициентов от взаимного расположения крыльев. Испытания планируется проводить в дозвуковой аэродинамической трубе Т-1 МАИ. Также модель рассчитана на продувки с различными профилями крыла, формами крыла в плане и несимметричным расположением консолей крыла.

Дальнейшая реализация проекта позволит получить коэффициенты аэродинамических сил и моментов для модели «тандем А» в зависимости от углов атаки, скольжения, взаимного расположения крыльев на модели. Это позволит оценить интерференционные составляющие аэродинамических сил на соответствующих элементах модели, аэродинамическое качество, устойчивость в продольном и боковом каналах, возможность отказа от горизонтального оперения и эффективность балансировки передним и задним крылом.

Список использованных источников:

1. Микеладзе В. Г., Титов В. М. «Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет: Справочник.» — М.: Машиностроение, 1982. 149 с, ил.

2. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик модели самолета с крылом коробчатой схемы Карпович Е.А., Кочурова Н.И., Кузнецов А.В. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2020. № 4. С. 93–100.

Использование методов технического зрения при корректировке бортовых навигационных систем БПК ЛА

Полищук М.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Грумондз В.Т.

МАИ, Москва

Работа посвящена вопросам корректировки навигационных систем, динамики и управления беспилотным планирующим крылатым летательным аппаратом (БПК ЛА). Построена математическая модель пространственного движения, спроектирована система управления БПК ЛА. В настоящее время актуальной стала проблема локальных выводов из строя спутниковых систем навигации, а, следовательно, актуальны и вопросы навигации беспилотных объектов в этих областях. Особое внимание в работе уделено исследованию влияния приборных ошибок бортовых систем на определение собственного положения в пространстве.

Рассматриваемый в настоящей работе объект управления — БПК ЛА, выполненный по нормальной аэродинамической схеме и оснащенный раскрывающимся крыльевым модулем. Крыльевой модуль и хвостовое оперение выполнены в X-образной схеме. Отдельно отмечается, что рассматриваемые БПК ЛА не оснащены силовой установкой, соответственно возможен только планирующий полет. Дальности полета таких БПК ЛА достигают 100 км, а время полета — 500-750 секунд. За такое время бортовая аппаратура склонна накапливать существенные ошибки, что, естественно, будет сказываться на конечном определении собственных координат БЛА. Исследования, проведенные в настоящей работе, показывают, что ошибка определения горизонтальных координат (а именно координат X и Z объекта) может достигать значений 1-3% от дальности полета изделия, т.е., например, при дальности полета 100 км полученная ошибка может иметь порядок 1-3 км.

Одно из основных требований к системе коррекции этих ошибок — полностью автономная работа и отсутствие зависимости от каких-либо внешних устройств, сигналы которых могут быть умышленно зашумлены или задавлены. Предложено обратить внимание на методы технического зрения для коррекции, например, на TERCOM. Результаты исследований показывают, что использование методов TERCOM позволяет снизить ошибку определения собственных координат объекта управления до значений 0.01-0.05% от дальности полета. Таким образом ошибка определения координат в модельной задаче при полете на 100 км составит 10-50 метров, что существенно упрощает дальнейший процесс наведения.

Также необходимо отметить, что для достижения высоких точностных показателей необходимо наличие доводочного канала, т.е. наличие головки самонаведения (ГСН)

Исследования параметров обтекания модели летательного аппарата потоком вязкого газа на больших числах Рейнольдса

Рыжиков К.Г.

Научный руководитель — к.т.н. Гондаренко Ю.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

С использованием разработанной авторами методики определен коэффициент аэродинамического волнового сопротивления конфигурации модели самолетного типа с учетом неравновесных химических реакций, протекающих в газе и на поверхности. Химическая газофазная модель включает все основные компоненты высокотемпературного воздуха для условий обтекания летательного аппарата (ЛА) на больших числах Рейнольдса.

Построена модель поверхности ЛА и структурированная расчетная сетка около нее, содержащая примерно 4 млн расчетных ячеек; рассчитано обтекание модели ЛА с помощью многопроцессорного вычислительного комплекса при некоторых значениях параметров в набегающем потоке газа; проведена оптимизация вычислений при изменении числа используемых процессоров и способа распределения расчетных областей между ними; определены аэродинамические коэффициенты ЛА, проанализировано влияние вязкости и химических реакций на аэродинамику.

Влияние трения и химических реакций в потоке на зависимость коэффициента аэродинамического волнового сопротивления от продольной координаты, взятой вдоль оси модели ЛА имеет параболическую зависимость. Для рассмотренного режима обтекания (при небольшом значении числа Рейнольдса набегающего потока) вклад сил трения в полное сопротивление становится значительным, а учет химических реакций приводит к уменьшению составляющих сопротивления в пределах нескольких процентов.

При выполнении следования видно, что в пограничном слое наблюдается стекание газа к плоскости симметрии пластины и растекание его от линии, отстоящей от плоскости симметрии на некоторое расстояние. Эффект аномального нагрева наветренной стороны пластины, обнаруженный в экспериментах для совершенного газа, сохраняется и при использовании в расчетах реальных параметров газа. При этом происходит смещение зоны нагрева к плоскости симметрии пластины и его интенсификация. Это связано с уменьшением отхода головной ударной волны от поверхности тела в случае модели химически реагирующего воздуха по сравнению с отходом волны для совершенного газа и поэтому более «ранним» (вдоль продольной оси тела) ее взаимодействием с кромкой пластины. Отход внешней границы расчетной области варьировался в зависимости от параметров набегающего потока газа: скорости, угла атаки и числа Рейнольдса. При этом обеспечивались размещение всей возмущенной области течения газа внутри расчетной сетки и минимальность числа узлов сетки, находящихся в невозмущенной области потока.

Сравнение различных моделей коэффициента динамической вязкости на примере решения задачи о профиле плоской ударной волны

Салова А.К.

Научный руководитель — профессор, к.ф.-м.н. Никитченко Ю.А.
МАИ, Москва

На современном уровне развития аэрокосмической техники получили широкое распространение методы компьютерного моделирования. Особое значение эти методы имеют при описании сверх- и гиперзвуковых течений, для которых экспериментальные исследования являются достаточно сложными и дорогостоящими.

Указанные течения характерны наличием высокоградиентных областей, в которых состоянии газа сильно отличается от равновесного. Вязкие члены системы дифференциальных уравнений Навье-Стокса-Фурье (НСФ) выходят из разряда малых величин и становятся определяющими величинами.

Наиболее часто используемыми аппроксимациями коэффициента вязкости являются формула Саттерленда и степенной закон зависимости коэффициента вязкости от температуры. Параметры этих аппроксимаций подбираются по эмпирическим данным.

Темой настоящей работы является сравнение указанных аппроксимаций коэффициента вязкости на примере решения задачи о профиле плоской ударной волны. Эта задача является классическим примером высоко неравновесного течения. Она хорошо изучена как экспериментально, так и теоретически.

Составлен программный код решения задачи о профиле ударной волны по модели НСФ. Проведены расчеты профилей плотности для аргона и молекулярного азота с использованием формулы Саттерленда и степенного закона. Рассчитанные профили сравнивались с экспериментальными: для аргона при $M=7.183$ использованы данные [1], для азота при $M=10$ данные [2]. Так же рассматривались расчетные профили, полученные из

решения модельного кинетического уравнения (МКУ) [3], разработанного на кафедре «Аэродинамики» МАИ. Эта модель течения использует коэффициент вязкости только в качестве вспомогательного параметра.

Экспериментальные работы имели характерную особенность: температура невозмущенного потока (молекулярного пучка) составляла несколько десятков кельвинов. Базовые параметры формулы Саттерленда (базовая вязкость и константы температуры) получены при нормальных условиях. В связи с этим обстоятельством формула дает существенное расхождение с реальным физическим процессом. Параметры степенного закона определялись по табличным данным в интервале температур 72 ... 293 К.

Сравнение результатов показывает, что для рассмотренных вариантов течения степенной закон дает несколько лучшее совпадение с экспериментальными данными и данными МКУ, чем формула Саттерленда. Еще лучшее совпадение получается, если показатель степени в степенном законе принять равным единице, что соответствует межмолекулярным взаимодействиям маквелловых молекул. Этот факт объясняется тем, что сама модель НСФ представляет собой модель первого приближения общей системы моментных уравнений. Известно, что этой модели «не хватает вязкости». Завышение показателя степени в степенном законе частично исправляет этот недостаток.

По результатам проведенной работы для описания сильно неравновесных течений с использованием модели НСФ можно рекомендовать определение вязкости пропорционально первой степени температуры.

Список использованных источников:

1. Holtz T., Muntz E.P. Molecular velocity distribution functions in an argon normal shock wave at Mach number 7 // *Phys. Fluids* 26 (9), September 1983. Pp. 2425–2436.
2. Alsmeyer H. Density profiles in argon and nitrogen shock waves measured by the absorption of an electron beam // *J. Fluid Mech.* 1976. V. 74. t.
3. Никитченко Ю.А.. Модельное кинетическое уравнение многоатомных газов // *Журнал вычислительной математики и математической физики*, 2017, том 57, № 11, с. 117–129.

Исследование влияния шелковинок на аэродинамические характеристики и спектры обтекания модели прямого крыла с профилем NACA0018 в аэродинамической трубе Т-1 МАИ

Устименко М.В.

Научный руководитель — Слитинская А.Ю.

МАИ, Москва

Метод шелковинок является старейшим методом экспериментальной аэродинамики, используемый для наглядной демонстрации характера движения потока вблизи поверхности тела. В частности, он применяется для изучения режимов отрывного течения. Знание структуры отрывной области и этапов ее формирования может позволить найти оптимальные пути воздействия на нее. Тем самым наличие шелковинок может привести к затягиванию начала нелинейного участка зависимости коэффициента подъемной силы до больших углов атаки. Перед анализом полученных результатов необходимо подтверждение соответствия реального обтекания с получаемыми спектрами обтекания с помощью шелковинок. В работе [1] приведено влияние наклейки шелковинок на гистерезис крыла с относительно толстым профилем $c^* = 20$ %. Следовательно, необходимо дополнительное исследование влияния наличия шелковинок на обтекание крыла и его аэродинамические характеристики. В работе [2] описано отличие обтекание тонких профилей, профилей с умеренной относительной толщиной и профилей с большой относительной толщиной.

Целью работы стала проверка выше сказанного в ходе испытаний в аэродинамической трубе (АДТ) Т-1 МАИ. В ходе эксперимента параллельно с фотосъемкой картин обтекания проводились весовые испытания. Для оценки влияния рядов шелковинок по хорде их количество варьировалось. Проводились исследования влияния материала шелковинок (хлопок, шелк), а также способа их крепления. Использовались шелковинки различной

длины. В качестве объектов исследований были выбраны модели прямых крыльев с удлинением $\lambda = 5$: НАСА0018 ($c^* = 18\%$) и WE 3.55 9.3. ($c^* = 9.3\%$) [4]. Испытания проводились при скоростях потока $V = 24; 48$ м/с ($Re = 0.4 \cdot 10^6, 0.8 \cdot 10^6$).

На крыле с профилем WE 3.55-9.3 продемонстрировано, что наличие шелковинок оказывает малое влияние на отрывную область. В то же время, на крыле с профилем НАСА0018 наличие шелковинок до расстояния 30% по хорде приводит к существенному изменению формирующейся отрывной области и, как следствие, аэродинамических характеристик. В данной исследовательской работе показано, как менялись полученные спектры обтекания при пошаговом наклеивании рядов шелковинок. В соответствии с ними приведено изменение аэродинамических характеристик крыла. Известно, что это связано с особенностью обтекания толстых профилей при малых числах Рейнольдса, заключающееся в наличии отрывного ламинарного пузыря. Данное явление описано во многих работах, к примеру в работе [4]. Наличие ламинарного отрывного пузыря чувствительно к шероховатости.

В работе показано, что использование шелковых нитей оказывает меньшее влияние на аэродинамические характеристики, чем хлопковые нити. Дана оценка влияния наклейки шелковинок с помощью скотча и с помощью эмали. На модели крыла с профилем НАСА0018 оптимальная длина шелковинок получилась равной 20 мм.

Понимание пределов применимости методики исследования в зависимости от особенностей обтекания исследуемой модели необходимо для того, чтобы избежать ошибок при проведении эксперимента и анализе полученных результатов.

Список использованных источников:

1. Головкин М. А., Горбань В. П., Симусева Е. В., Стратонович А. Н. Обтекание прямого крыла при стационарных и квазистационарных внешних условиях. — Ученые записки ЦАГИ, 1987, т. 18, №3

2. Гадецкий В. М., Павленко О. В., Федоренко Г. А. «Исследования особенностей обтекания моделей прямого крыла в аэродинамических трубах и факторов, влияющих на величину их максимальной подъемной силы», Журнал «Техника Воздушного Флота» Том LXXXVII, № 2(706), 2013 г, с 1–12.

3. Брусов В. С., Петручик В. П., Кузнецов А. В. «Исследования аэродинамических характеристик профилей крыла беспилотных летательных аппаратов с малыми скоростями и большой высотой полета», Журнал «Вестник Московского Авиационного Института» Том 20, № 3 с 19–31.

4. Занин Б. Ю., Козлов В. В. Вихревые структуры в дозвуковых отрывных течениях: Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2011. 116 с.

Идентификация модели продольного движения самолета в режиме онлайн и построение контроллера, основанного на принципе «обратной динамики»

Щербаков А.И., Мбикайи Зоэ

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

В работе представлен алгоритм идентификации динамики самолета в режиме реального времени. Метод идентификации онлайн основан на принципах линейной алгебры и использует измеряемые в процессе полета параметры. С помощью такого метода идентификации нелинейная система может быть представлена в виде линейной модели в пространстве состояний в каждый момент времени, соответственно, становится возможным использование линейной системы управления.

Используя полученные в процессе идентификации данные, возможно построить систему управления с изменяемыми в режиме реального времени коэффициентами. В работе описано построение системы управления на базе принципа «обратная динамика» в продольном канале управления. Построение такого алгоритма системы управления требует точного знания динамических характеристик самолета. Использование алгоритма идентификации

позволяет определять динамические характеристики в режиме реального времени, и соответственно, реализовывать такой алгоритм системы управления. Для сглаживания резких изменений коэффициентов матриц, использующихся в системе управления, введены фильтры. Для оценки работоспособности и эффективности системы управления, построенной по такому принципу, были проведены экспериментальные исследования на пилотажном стенде.

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 «16» ноября 2020 г. № 075-15-2020-924).

Секция №1.2 Проектирование, конструирование и технология производства ЛА

Исследование влияния различной геометрии проходного сечения канала на характеристики теплообменного аппарата

Адамян К.И.

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

МАИ, Москва

Для охлаждения отбираемого воздуха в системе кондиционирования воздуха используются теплообменные аппараты (ТОА). Правильное проектирование теплообменника позволяет понизить температуру, что позволит использовать легкие материалы в качестве основных для других агрегатов системы, располагаемых далее по тракту. Благодаря этому значительно уменьшается масса системы, а также, уменьшаются затраты топлива.

Важная задача в проектировании теплообменных аппаратов состоит в подборе оптимальных характеристик агрегата для обеспечения минимально возможной массы, простоты в сборке, в обслуживании.

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния различной геометрии проходного сечения канала на гидравлическое сопротивление в каналах, а также тепловые и массовые характеристики теплообменного аппарата.

В работе спроектированы 2 перекрестноточных теплообменника воздушно-воздушного типа с различной геометрией проходного сечения каналов по холодному и горячему ходу. В качестве самолета-прототипа выбран S5J-100.

Исходя из бесконечного множества режимов полета воздушного судна, в работе предложено использовать математическую модель каждого спроектированного воздушно-воздушного теплообменного аппарата. С помощью таких моделей можно определить параметры теплообмена в ТОА.

Проведен сравнительный анализ предложенных конфигураций с прототипом, а также анализ влияния на СКВ в целом.

Список использованных источников:

1. В. М. Кэйс, А. Л. Лондон, Компактные теплообменники. Пер. с англ. В. Я. Сидорова; Под ред. Ю. В. Петровского. — 2-е изд. — Москва: Энергия, 1967. — 223 с.;
2. Воронин Г.И., Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования. — Москва: Машиностроение, 1978. — 543 с.;
3. Дрейцер Г.А., Компактные теплообменные аппараты: Учебное пособие, — М.: МАИ, 1986. — 73 с.;
4. Воронин Г.И., Дубровский Е.В., Эффективные теплообменники. — Москва: Машиностроение, 1973. — 96 с.

Ультралегкий самолет «Анд-1»

Андреев П.С.

Научный руководитель — Калягин М.Ю.

МАИ, Москва

В современном мире малая авиация развивается быстрыми темпами. Активно расширяется аэродромная сеть по всей стране, складываются новые авиа сообщества. В связи с этим возник спрос на новые модели летательных аппаратов, в основном на ультралегкие самолеты взлетной массой до 115 кг. Этот класс особенно популярен благодаря отсутствию требований по сертификации и получению пилотом летного удостоверения, а также низкой стоимости. Однако на данный момент на российском рынке представлено малое число моделей, каждая из которых имеет определенные конструктивные недостатки и не способна на равных соревноваться с более тяжелыми сверхлегкими

самолетами (взлетная масса до 495 кг). Ультралайты обладают малой дальностью и скоростью, имеют примитивную конструкцию и некомфортную кабину. Таким образом, владение ультралайтом закрывает для пилота возможности дальних путешествий, ограничивая его лишь непродолжительными полетами в радиусе 100–200 км от аэродрома базирования.

К числу наиболее популярных ультралайтров на российском рынке относятся модификации планера АС-115 с электрической или турбореактивной силовой установкой (СУ). Однако обе модификации имеют малую дальность полета из-за небольшой емкости аккумуляторов или же ограничений по времени работы авиамодельных реактивных двигателей. Вторым наиболее популярным аппаратом на рынке является ультралегкий самолет Е12-НК. Силовая установка данного самолета представлена двигателем РМЗ-500, который уже не имеет вышеупомянутых недостатков. Тем не менее, по характеристикам скорости и дальности Е-12 также значительно уступает сверхлегким самолетам, имея при этом малокомфортную открытую кабину. Таким образом, я увидел острую нехватку аппарата, который бы совмещал комфортность планера и характеристики дальности и скорости сверхлегких самолетов.

Цель проекта заключается в создании ультралегкого самолета с крейсерской скоростью 250-300 км/ч, неприхотливого к условиям эксплуатации, способного перевезти одного человека на дистанцию в 1000 км, при массе конструкции до 115 кг и на равных конкурировать с самолетами сверхлегкой авиации (СЛА).

Новизна проекта заключается в применении современных технологий для достижения заданных летных характеристик (ЛТХ) при ограниченной массе аппарата. Прежде всего, в конструкции планируется широкое применение композиционных материалов, что обеспечивает выигрыш по массе в 35–40% по сравнению с алюминием. Во-вторых, самолет будет оснащен электродистанционной системой управления (ЭДСУ), которая значительно легче тросовой проводки. В-третьих, самолет будет оснащаться современной авионикой, включающей в себя цифровой пилотажно-навигационный комплекс, а также полетный контролер, который существенно упростит пилотирование на всех режимах полета.

Самолет представляет собой свободнонесущий моноплан нормальной компоновочной схемы с однокилевым вертикальным оперением и двумя толкающими винтами. Размах крыла — 7 метров, длина самолета — 7 метров, площадь крыла — 7,75 метров квадратных, а нагрузка на крыло — 38,7 кг/м кв. Профиль крыла ЦАГИ Р-III-12 обеспечивает низкое сопротивление на высоких крейсерских скоростях. Также за счет толкающих винтов крыло обтекается ламинарным потоком, что значительно улучшает аэродинамику, снижая индуктивное сопротивление.

За основу фюзеляжа взят видоизмененный под требования эксплуатации фюзеляж планера АС-115. За систему безопасности будет отвечать автопилот. Во избежание повреждений при взлете и посадке от столкновений с птицами фюзеляж и фонарь будут дополнительно усилены. Кроме того, в самолете будет установлены защита от ударов молнии, противообледенительная система и обогрев кабины.

В настоящий момент мною оканчиваются аэродинамические расчеты в 1 приближении, ведется сбор научной базы для расчета самолета на прочность. Также ведутся подготовительные работы к созданию конструкторской документации. Начало сборки прототипа запланировано к концу 5 курса.

По результатам проведенной работы делаются следующие выводы:

- 1) Ультралегкие самолеты выигрывают СЛА по простоте правил эксплуатации и цене, однако проигрывают по ЛТХ.
- 2) На российском рынке имеется много ультралайтов в разном ценовом диапазоне, однако отсутствует идеальный вариант.
- 3) Ультралегкий самолет АНД-1 будет представлять собой попытку совместить положительные стороны СЛА и ультралайтов.

Список использованных источников:

1. Арепьев А.Н. Проектирование легких пассажирских самолетов. — М: Изд-во МАИ, 2006.: ил. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.studmed.ru/arepev-an-proektirovanie-legkih-passazhirskih-samoletov_e7604e32da0.html.
2. Кашафутдинов С.Т., Лушин В.Н. Атлас Аэродинамических характеристик крыльевых профилей, СибНИИ им. Чаплыгина, 1994.
3. Руководство для конструкторов летательных аппаратов самодеятельной постройки. РДК СЛА. Том 1, СибНИИА. Новосибирск, 1989.
4. Шайдаков В. И., Маслов А.Д. Аэродинамическое проектирование лопасти воздушного винта, Изд-во МАИ, 1995.

К вопросу многокритериальной оптимизации параметров головной части самолёта с применением методов Лагранжа и Каруша-Куна-Таккера

Барабанов А.В.

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

МАИ, Москва

Процесс проектирования современных авиационных комплексов — это постоянный компромисс между различными параметрами и характеристиками. Мировые тенденции развития авиационной техники диктуют увеличение предельных и крейсерских скоростей полета, потенциальных характеристик комплекса бортового оборудования и снижения радиолокационной заметности, что обусловлено развитием средств обнаружения как стационарных, так и установленных в ГСН авиационных средств поражения [1].

Существенный вклад в аэродинамические характеристики и характеристики радиолокационной заметности в передней полусфере вносит головная часть самолета. Сложность в том, что в головной части самолета устанавливается бортовая РЛС, для которой необходимо обеспечить требуемые радиотехнические характеристики обтекателя. Таким образом вопрос проектирования головной части самолета является многокритериальной задачей с точки зрения вопросов аэродинамики, радиотехники и радиолокационной заметности. При этом, достижение лучших результатов по одному из направлений взаимноисключает обеспечение требований по другому [2].

Для решения многокритериальной задачи проектирования головной части самолета необходимо произвести многокритериальную оптимизацию каждого из геометрических параметров: удлинение носовой части, угол наклона касательной образующей и дискриминант кривой образующей. Для данной оптимизации наилучшим методом является метод Лагранжа [3], при котором для каждого из параметров строится функция Лагранжа, а множителями Лагранжа являются переменные параметризации (геометрические характеристики параметризованной модели). Результатом оптимизации в данном случае является оптимальные геометрические параметры обтекателей минимального сопротивления, максимальной проницаемости и минимальной радиолокационной заметности.

Однако, выполнение оптимизации параметров головной части самолета по каждому направлению недостаточно для выполнения комплекса требований ТТЗ на авиационный комплекс. Данная задача является многомерной с точки зрения поиска взаимозависимостей между ранее описанными характеристиками и применение метода Лагранжа для ее решения не в полной мере справедливо.

Для решения нелинейной оптимизации многомерных переменных, которыми являются геометрические параметры обтекателя в комплексной постановке вопроса, следует применить теорию оптимизации условия Каруша-Куна-Таккера [4].

Таким образом, для определения рациональных геометрических параметров головной части самолета с точки зрения аэродинамических, радиотехнических и характеристик радиолокационной заметности необходимо решить последовательно две оптимизационных задачи:

- Оптимизацию методом Лагранжа для определения наивыгоднейших параметров головной части самолета по каждому направлению;

- Оптимизацию методом Каруша-Куна-Таккера для свертки результатов оптимизации методом Лагранжа по каждому направлению и определения рациональных взвешенных геометрических параметров, необходимых для выполнения требований ТТЗ на АК.

Описанный подход применим не только к головной части самолета, но и для остальных составных частей: крыло, оперение, центральная и хвостовая части фюзеляжа, поскольку проектирование их является также многокритериальной задачей со своими требованиями. Применение данного подхода с использованием методов параллельного проектирования позволит существенно сократить сроки разработки авиационной техники.

Список использованных 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. Серебрянский, С. А. Подход к определению рациональной формы носовой части сверхзвукового самолета с использованием методов математического моделирования / С. А. Серебрянский, А. В. Барабанов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. — 2020. — Т. 20. — № 3. — С. 24-35. — DOI 10.14529/engin200303.

3. Е.А. Воронцова, Р.Ф. Хильдебранд, А.В. Гасников, Ф.С. Стонякин «Выпуклая оптимизация», Москва, МФТИ, 2021 г.;

4. Я.И. Сухов, И.А. Гарькина «Оптимизация по условиям Куна-Таккера», Молодой ученый 2014, № 7, с. 182–185;

Особенности проектирования грузового самолёта с увеличенной дальностью полёта

Бекиров Р.Б.

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

Грузовые авиаперевозки неуклонно растут (в 2004 году совокупный объём авиагрузоперевозок достигли 40 миллионов тонно-километров, в 2020 только FedEx достиг 20-и). С развитием технического прогресса появляется возможность создать постоянную сеть рейсов грузовых авиаперевозок, по ко-торой будут перевозиться плотные и крупногабаритные грузы [1].

Грузовой самолет — это вид гражданского самолета, предназначенный для проведения авиагрузоперевозок, а именно для перевозки грузов и почты. Грузы могут быть неплотными (почта), плотными и крупногабаритными [2]. Грузовые воздушные судна либо строятся с начального этапа, либо модернизируются из пассажирских самолётов. Некоторые такие самолеты выполняют только роль перевозки почты и грузов, другие совмещают роль грузового и пассажирского самолета, третьи имеют возможность быстрой конвертации из пассажирского в грузовой (и обратно).

При изменении конфигурации грузового самолета из пассажирского, пассажирской салон конвертируется в грузовой [3]. Он оборудуется механизмами для передвижения грузов, а также дополнительными системами пожаротушения в грузовой кабине.

Грузовой самолет является частью грузового авиационного комплекса, состоящего из самого самолета, технических средств инженерно-авиационного обеспечения, средств наземных систем управления и технических средств аэродромно-технического обеспечения.

Этот комплекс входит в авиакомпанию, которая представляет собой сложную систему. Авиакомпании бывают строго пассажирскими, грузовыми (примером может служить UPS) и смешанного типа (Lufthansa). Последний вид в наше время наиболее широко представлен. При выборе грузового само-лета авиакомпании учитывают различные требования.

Есть специальные грузовые требования, в том числе: объем, плотность самого груза, объем и регулярность перевозок. Для грузовых самолетов, построенных на базе пассажирских, также предъявляются их требования. Авиакомпании в целом стремятся унифицировать свои парки, уменьшая количество типов самолетов. Таким образом они экономят человеческие, финансовые, временные и другие ресурсы. Самым распространённым видом перевозки груза является перевозка не-плотных грузов., как правило почты, в дополнение к багажу, в багажном отсеке.

В данной работе предлагается рассмотреть проект дальнемагистрального грузового самолета большой грузоподъемности (свыше 100 тонн) с учётом принципов весового проектирования [4]. Такой проект может иметь целый ряд преимуществ: повышенная прочность пола, сечение фюзеляжа, которое позволяет максимально использовать внутренний объем для грузов, большее количество грузовых дверей большого размера. Схема высокоплана позволяет уменьшить интерференцию крыла и фюзеляжа, размер шасси (а также добавить возможность изменять угол наклона фюзеляжа для облегчения погрузочно-разгрузочных работ через изменение клиренса), увеличить массовую отдачу. Наконец, система кондиционирования специально построенного грузового самолета будет меньше в размерах, отбирать меньше воздуха от двигателей.

Другим путем развития является дальнейшее использование грузовых самолетов, созданных на базе пассажирских. Они имеют целый ряд экономических преимуществ, в лице уже спроектированных, производимых и сертифицированных систем и агрегатов. Это уменьшает денежные, человеческие, временные и ресурсные затраты.

Список использованных 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. Проектирование самолётов / под ред. М.А. Погосяна. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Инновационное машиностроение, 2018. — 864 с.: ил. ISBN 978-5-6040281-5-5.

3. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сертификации / К. Г. Настас, С. А. Серебрянский // Избранные научные труды двадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», Москва, 11–12 марта 2021 года. — Москва: Издательство Пробел-2000, 2021. — С. 261-265.

4. Кантимиров, С. А. Весовое проектирование летательного аппарата на цифровой платформе в едином информационном пространстве жизненного цикла изделия / С. А. Кантимиров, С. А. Серебрянский // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): Труды Четырнадцатой между-народной конференции, Москва, 27–29 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. — Москва: Институт проблем управ-ления им. В.А. Трапезникова РАН, 2021. — С. 1151-1161. — DOI 10.25728/2486.2021.63.53.001.

Представление и решение задачи распознавания образа состояния объектов технического обслуживания

Валиев С.Э., Муминов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коптев А.Н.

Самарский университет, Самара

Введение. Распознавание образов, как указывалось выше, часто считают отдельной ветвью искусственного интеллекта как теории решения задач, ориентированного на различные приложения, в частности, для рассматриваемого в статье случая — распознавание состояния отдельных элементов сложных объектов ТО. Все это требует формализации этого процесса, прежде всего связанного с оцениванием состояния объектов ТО. В рамках

решения этой задачи, в данной работе изучены различные методы представления сложных объектов и процессов ТО.

При этом образ в рамках этого формализма будет построенным из простых стандартных блоков, называемых образующими, совокупность которых, объединится по определенным правилам в конфигурации, позволяющие формализовать отдельные функции образа. Эти функции и их математическое описание в соответствии с заданными правилами формируют его под образы, представляющие регулярные комбинаторные структуры — конфигурации состояния. Они являются абстрактными конструкциями, для порождение которых используют систему определенных правил или ограничений, определяющих какие конфигурации следует считать регулярными. Множество регулярных конфигураций, получаемых с помощью множества, которые характеризуют регулярность образов, используют в качестве обучающих.

Образующие состояния конкретного объекта обслуживания, получаемые как параметры обслуживаемого объекта в цепи (конфигурации), представляют состояние реальных конструкции этого объекта, состоящими из конечного множества параметров конфигураций (цепей обслуживаемых объектов), представляющие конкретные конструкции, наблюдаемые не во всех деталях. Эти конфигурации идентифицируются наблюдателем (авиатехником по ТО) и в целом представляют образ состояния объекта обслуживания — предмет нашего исследования, как изображение, соответствующее результатам наблюдения при идеальных условиях, если на наблюдение не оказывают влияние ограничения.

Содержательное представление ТО объектов, для исследования структуры распознаваемых образов этих объектов, требует своей конкретизации. Для этого введен ряд уточняющих понятий и определений, формирующих общую концепцию синтеза образа объекта обслуживания, лежащего в основе оценки и оценивания его состояния.

Введено понятия непроизводного элемента, используемого для построения образа (модели) обслуживаемого объекта из этих элементов. Образующие представляют собой элементы-носители информации о компонентах этого объекта, в частности — это отдельные блоки бортовой системы, объединение которых осуществляется по его структурной схеме, с помощью жгутов электрических проводников.

С общих позиций, множество образующих, состоит из непересекающихся классов образующих.

Образующие (непроизводные элементы) — это составные части бортовой системы (блоки). Они обладают определенными свойствами, в которых выделяются их признаки и связи. Определенным образующим соответствуют свои связи реализующие внутрисистемные соединения. При этом максимальное число связей образуют входящие в образующую и выходящие из неё связи, определяющие взаимодействие между образующими системы.

Формальное описание объекта ТО соответствующее множеству регулярных конфигураций представляет класс эквивалентности (его изображение) на множестве правильных конфигураций, построенных в смысле правила идентификации. Такое описание изображения соответствует реальному представлению объекта ТО, построенному в идеальных условиях: оно может быть точным настолько, насколько хорошо инженер знает объект ТО.

Решение задачи введения научных методов в ТО непосредственно связано, прежде всего, с описанием образов объектов ТО без избыточности и многозначности его элементов, что соответствует его представлению в формализованном виде. В результате проведенных исследований, предложено два метода описания образа, т.е. построения модели образа объектов ТО на базе: теоретико-множественного представления образа и реализации алгоритма синтезов образа У. Гренандера.

Для решения задачи распознавания состояния объектов ТО используется синтаксический анализ, выполняемый специальным блоком системы синтаксического распознавания образов состояний. Одной из проблем решения этой задачи, является эффективное описание как модели состояния, так и описание состояний реального объекта.

Алгоритм такого описания базируется на основе предварительной обработки объектов ТО и разработки эффективных структурных описаний. При этом как модель объекта ТО, так и результат представляются в виде синтаксического описания объекта.

Список использованных источников:

1. У. Гренандер. Синтез образов. М. МИР 1979 с.883.
2. К. Фу. Структурные методы в распознавании образов. М. МИР 1977 с. 312.
3. А. Ахо, Дж. Ульман. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. М. МИР 1978 с. 611.

Перспективный сверхзвуковой пассажирский самолёт

Волков А.И., Васильев М.А.

Научный руководитель — Шавелкин Д.С.

МАИ, Москва

Одним из перспективных направлений развития гражданской авиационной техники является создание сверхзвукового пассажирского самолета (СПС). Российская Федерация обладает огромными территориями, поэтому возникает потребность в сокращении времени полета на дальность до 8000 км до 4-5 часов.

В отличие от СПС первого поколения в настоящее время основным ограничением при создании СПС нового поколения является обеспечение допустимого уровня вредного воздействия на окружающую среду. Особое внимание при разработке СПС уделяется:

1) Аэродинамической компоновке. Поиск высокоэффективных схем с низким уровнем звукового удара. Рассматриваются варианты интегрирования планера и верхнерасположенной силовой установки, экраннированной элементами планера, и обеспечивающей снижение шума в районе аэропорта. Обеспечение устойчивости и управляемости на всех режимах полета.

2) Силовой установке. Особое внимание при разработке СПС уделяется выбору двигателя, способному обеспечивать высокий уровень тяги и низкий уровень расхода топлива на сверхзвуковых режимах полета. При этом, двигатель должен обеспечивать низкую скорость истечения реактивной струи на взлетно-посадочных режимах для уменьшения уровня шума в районе аэропорта.

Основные требования, предъявляемые к современному СПС:

1. Требования к дальности и скорости полета:

Ключевыми требованиями, существенно влияющими на облик будущего самолета, являются требования к дальности и крейсерской скорости полета.

2. Требования к пассажироместности:

Каждой фирмой-разработчиком оценивается Количество пассажиров самостоятельно, на основе изучения рынка авиаперевозок.

3. Требования к длине ВПП:

Основной задачей при расчете взлетно-посадочных характеристик является определение потребных значений тяговооруженности и удельной нагрузки на крыло, обеспечивающих базирование на аэродроме заданного класса.

4. Экологические требования:

По прогнозам, громкость звукового удара в расчетных условиях установившегося полета в стандартной атмосфере не должна превышать 65-72 dBA.

Еще одним важным требованием для СПС является обеспечение приемлемого уровня шума в районе аэропорта.

Предлагаемый вариант СПС, удовлетворяющего современным требованиям, представляет собой летательный аппарат, выполненный по аэродинамической схеме «бесхвостка» с компоновкой, оптимизированной для уменьшения звукового полета и шума в районе аэропорта.

Фюзеляж — большого удлинения. В носовой части располагается головной обтекатель для навигационного оборудования и других систем. Также в носовой части фюзеляжа располагается «слепая» кабина экипажа, оборудованная «машинным зрением»,

для обеспечения видимости ВПП на режимах взлета и посадки. В средней части фюзеляжа располагается пассажирская кабина.

Крыло — переменного сечения в плане и умеренного удлинения. Имеет развитую V-образность. На крыле расположены элероны и закрылки.

Оперение. Большая V-образность крыла приводит к избыточной поперечной устойчивости самолета, поэтому требуется увеличить эффективность органов путевого управления. В связи с этим применяется двухкилевое вертикальное оперение.

Силовая установка включает в себя 2 ТРДД с относительно малой степенью двухконтурности, интегрированных в хвостовую часть фюзеляжа. Воздухозаборники расположены сверху. Это выполнено с целью уменьшения уровня шума в районе аэродрома и снижения звукового удара, а также для предотвращения попадания в двигатель посторонних предметов.

Интегрированные с планером сопла силовой установки также призваны уменьшить уровень шума, при этом обеспечивая минимальные потери тяги на всех режимах полета.

Шасси — трехопорное с носовой опорой. Передняя опора убирается против полета. Основные опоры шасси-двухколесные, убираются в отсеки, расположенные по бортам фюзеляжа.

Список использованных источников:

1. А.А. Мирозян, Ю.Д. Халецкий. Управление тягой и шумом двигателей сверхзвукового пассажирского самолета на взлете. Авиационные двигатели. ISSN 2658-6061. 2020. №2(7).

2. Бузулук В.И, Гилязов Д.И, Гуревич Б.И, Кажан В.Г. К вопросу о формировании рациональной концепции перспективного СГС. Технологическое развитие авиационного: глобальные тенденции и национальные интересы России-2021 тр. Первой науч.- практич. конфер., 25фев. 2021 г., Москва/ НИЦ «Ин-т им. Н.Е. Жуковского»; под общ. Ред. Дутова А.В., Шапкина В.С., Клочкова В.В. — М.: НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2021. — 316 с. — ISBN 978-5-4465-3314-5.

3. Башкиров И.Г., Кажан А.В., Карпов Е.В., Чернышев С.Л., Шаныгин А.Н., Шенкин А.В. Демонстратор комплекса технологий сверхзвукового гражданского самолета: цели, задачи, существующий научно-технический задел. Технологическое развитие авиационного: глобальные тенденции и национальные интересы России-2021 тр. Первой науч.- практич. конфер., 25фев. 2021 г., Москва/ НИЦ «Ин-т им. Н.Е. Жуковского»; под общ. Ред. Дутова А.В., Шапкина В.С., Клочкова В.В. — М.: НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2021. — 316 с. — ISBN 978-5-4465-3314-5.

Мероприятия для исключения негативных последствий перетекания невырабатываемого остатка топлива в крыльевых баках

Галанова А.П.

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

ПАО «Туполев», Москва

В ранее выполненной авторами работе об исследовании влияния прогиба крыла самолета на показания массы топлива в крыльевых баках установлено:

- Увеличение массы топлива в крыльевых баках в полетном положении самолета может обуславливаться перетеканием невырабатываемого остатка топлива в крыльевых баках из их концевой части в корневую часть из-за положительного прогиба крыла под действием подъемной силы;

- Уменьшение массы топлива в крыльевых баках в режиме взлета и набора высоты может обуславливаться перетеканием невырабатываемого остатка топлива в крыльевых баках из концевой части обратно в концевую часть из-за отрицательного прогиба крыла, формируемого силой инерции при действии вертикального ускорения самолета.

Для учёта этих изменений предлагается использовать величину вертикального ускорения самолета для уточнения алгоритмов топливной автоматики. Однако, такой учёт исключает скачкообразное изменения количества топлива и ситуационную осведомленность летчиков, но не исключает перетекание невырабатываемого остатка топлива внутри

крыльцевого бака и связанные с ним негативные последствия: возникновение зарядов статического электричества и гидравлического удара, вызванного быстрым изменением скорости потока топлива внутри бака.

Конструкция топливной системы исключает перетекание топлива из очередных баков по трубопроводам в крыльцевые баки при маневрировании самолета в полете, а для уменьшения перетекания топлива внутри крыльцевого бака устанавливаются противоотливные нервюры. Однако, результаты исследования указывают на неэффективность этого решения против перетекания в крыльцевых баках невыработываемого остатка топлива.

Существует конструкция топливного бака, у которого вместо нервюры используются расположенные во внутренней полости крыла герметичные цилиндры или конусы, выполняющие функцию продольного несущего элемента конструкции крыла. Однако данное техническое решение ведёт к увеличению массы крыла и требует значительного изменения его конструкции.

Известны конструкции топливных баков с внутренней частью каркаса, имеющей поперечные перегородки, которые служат, в том числе для уменьшения ударов, возникающих в результате перемещения топлива внутри бака. Этот же эффект достигается использованием нескольких отсеков в баке, при этом топливо движется внутри небольших по длине баков, что позволяет сократить интенсивность его неконтролируемого перетекания. Однако данные мероприятия не только значительно увеличивает массу крыла, но и негативно сказывается на его жесткости.

Особенности конструкции и формы крыла делают невозможным монтаж дополнительных датчиков-топливомера для измерения количества топлива в концевой части крыла, в том числе невыработываемого остатка топлива. При этом попытки установки в ограниченном пространстве датчиков-топливомера приводит к принятию технических решений с избыточными массогабаритными характеристиками и неудовлетворительными показателями погрешности измерения.

Известны конструкции топливных баков для транспортных средств, представляющие собой емкость, заполненную наполнителем из открыто ячеистого наполнителя: пенополиуретана или фольгированного материала. Наличие наполнителя препятствует резкому перетеканию топлива и образованию паров горючего в топливном баке, но значительно увеличивает массу летательного аппарата, в зависимости от конфигурации топливного бака. Кроме того, потеря полезного объема бака составляет до 3% и увеличение невыработываемого остатка топлива на величину до 1% из-за его оседания в ячейках наполнителя.

Все описанные выше технические решения требуют улучшения для сведения к минимуму потерь полезного объема топливного бака, увеличения невыработываемого остатка и массы летательного аппарата.

Поставленная цель достигается тем, что нами разработана схема протектирования топливного бака, представляющая собой кессон бак с размещенным в его концевой части наполнителем из пенополиуретана. При этом объём заполнения наполнителя ограничивается 1% от максимального объёма топлива, которое можно залить в крыльцевой топливный бак.

Оригинальность технического решения состоит в том, что, в отличие от описанных выше конструкций протектирование крыльцевого бака выполняется локально в его концевой части, а объём заполнения согласован с требованиями Авиационных правил, предъявляемыми к максимально допустимому объему невыработываемого остатка топлива в летательных аппаратах транспортного назначения.

Благодаря такому выбору места нанесения и объема заполнения наполнителя, исключается резкое перетекание невыработываемого остатка топлива в крыльцевых баках из концевой части в корневую часть, что снижает вероятность возникновения зарядов статического электричества и гидравлического удара.

При этом потеря полезного объема бака составляет от 0,01 до 0,03%, а увеличение невыработываемого остатка топлива — 0,1% из-за его оседания в ячейках наполнителя, что значительно меньше, чем у описанных выше конструкций.

Анализ необходимости создания высокоманевренных самолётов в обозримом будущем и некоторых мер, призванных увеличить манёвренные характеристики

Гилев В.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Дуров Д.С.

МАИ, Москва

В настоящий момент среди ведущих мировых производителей существует два подхода — присущая странам Запада философия ненахождения в зоне досягаемости, призванная минимизировать риски при столкновении со своим противником, и свойственная России и её союзникам склонность к активному маневрированию на ближней дистанции. Создание подобного летательного аппарата требует большого внимания к маневренности, прочности конструкции, удобству управления и специализированному бортовому оборудованию, подвергает лётчика большому риску, но обеспечивает также и большую вероятность получения превосходства над своим оппонентом, чем сохранение дистанции с последующим отступлением.

Основной целью данной работы является рассмотрение концепции высокоманевренного самолёта, созданного с упором на активное маневрирование. Стратегия применения такой машины состоит из нахождения на средней дистанции с постоянным сближением, после которого следует достаточно скоротечный финал. Задача сближения достигается путём сочетания снижения заметности в радиолокационном диапазоне с использованием средств радиоэлектронной борьбы. Проведён анализ экспериментальных решений по повышению характеристик, влияющих на подвижность летательного аппарата, рассматривавшихся в восьмидесятые годы прошлого века в СССР и странах Запада, таких, как Су-37, Су-47, F/A-18 HARV, F-15 STOL/MTD, F-16 MATV/VISTA, X-31, X-29, VLF, NASA HiMAT и некоторых других, менее значимых.

Представленный в рамках концепции самолёт имеет компоновку типа «продольный триплан», V-образное хвостовое оперение и крыло обратной стреловидности. Проблема дивергенции крыла частично решена установкой дополнительных управляющих поверхностей, согласно показаниям датчиков автоматически скручивающих крыло в сторону, противоположную его изгибу. Широкое использование композиционных материалов увеличивает прочность и жёсткость такого крыла. Наличием достаточно количество внутреннего пространства для размещения всевозможного оборудования. Форм-фактор самолёта подразумевает малозаметность в радиолокационном диапазоне.

Список использованных источников:

1. Бабич В. — Авиация в локальных войнах — 1988
2. Журнал «Техника воздушного флота», No.2 — 2011
3. NASA Facts: X-29 Advanced Technology Demonstrator Aircraft — NASA — 2015
4. Flying Beyond The Stall — Douglas A. Joyse, 2014
5. A Complete History of U.S. Combat Aircraft Fly-Off Competitions — Simonsen, Erik — 2016

Влияние системы коллективного спасения на формирование технического облика самолёта

Дейкина А.А.

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

МАИ, Москва

Каждое такое изделие обладает своим жизненным циклом, для управления которым необходима своя стратегия и свой набор последовательных и параллельных процессов, инструментов и персональных компетенций. Решать такую задачу необходимо с широким внедрением цифровых технологий, трансформирующих весь индустриальный ландшафт — быстрее проектировать, сертифицировать, производить и выводить на рынок новые продукты, при этом качественно и быстро сопровождать их жизненный цикл [1, 2].

Обеспечение безопасности авиаперевозок остается одной из важнейших проблем современной авиации. Высокая надежность и живучесть на земле и в воздухе современных самолетов и их систем [3, 4], средства навигации и управления воздушным движением

позволяют предупредить многие летные происшествия, аварии и катастрофы. Однако их полное устранение вне пределов человеческих возможностей. Кроме того, крайне важно стремиться к усовершенствованию мер предупреждения аварийных и катастрофических ситуаций. Подобные мероприятия по управлению конфигурацией воздушного судна [5, 6], и модернизации его системы позволят уменьшить не только риск возникновения таких ситуаций, но и уменьшить результат последствий для пассажиров и экипажа.

Изменение конфигурации воздушного судна на этапе проектирования самолета, оснащенного системой коллективного спасения, подразумевает:

- Решение задачи формирования облика самолета с учётом СКС;
- Выбор компоновочной схемы, заключающейся в осуществлении взаимной пространственной увязки всех компонентов и систем самолета с СКС;
- Разработка принципа функционирования и конструкции систем жизнеобеспечения и коллективного спасения пассажиров и экипажа;
- Учет относительной массы, необходимой для обеспечения надежной работы СКС, при определении взлётной массы самолёта.

Повысить эффективность системы и снизить относительную массу возможно при помощи дезинтеграции самолета. Помимо этого, дезинтеграция позволит решить проблемы безопасности и поддержания условий жизнеобеспечения спасательных обитаемых модулей, а также нормальных условий функционирования парашютных систем.

Системы коллективного спасения пассажиров и экипажа в настоящее время не имеют широкого распространения в современном мире из-за высокой стоимости установки и сложности технического обслуживания.

Таким образом, проблема исследования заключается в том, что количество авиакатастроф и аварийных ситуаций, приводят к необходимости разработки и совершенствования системы коллективного спасения пассажиров и экипажа.

Для конечной оценки экономической и топливной эффективности вновь создаваемого конкурентоспособного ВС, конструкцию СКС нужно вносить в его технический облик на этапе внешнего проектирования. При планировании работ для интеграции СКС в конструкцию планера при модернизации серийного летательного аппарата необходимо учитывать условие уравнения весового баланса в его весовой модели дерева конструкции, осно-ванной на цифровой платформе ЛА [7].

Список использованных 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. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники: Научное издание в авторской редакции / Е. В. Судов, А. Н. Петров, А. В. Петров [и др.]; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Кафедра № 101 "Проектирование и сертификация авиационной техники". — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Эдитус", 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-00058-821-5.
3. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал с приложением. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.
4. Arbutov, I. V. Forming the technical concept of aircraft power systems of the perspective aircraft taking into account the outside mechanical impacts / I. V. Arbutov, S. A. Serebryanskii, D. Y. Strelets // 2019 IEEE 10th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, ICMAE 2019: 10, Brussels, 22–25 июля 2019 года. — Brussels, 2019. — P. 85-88. — DOI 10.1109/ICMAE.2019.8880969.
5. Патент № 2187443 С1 Российская Федерация, МПК В64С 1/32, В64D 25/12. Аварийно-спасательная система самолета: № 2000132363/28: заявл. 25.12.2000: опубл. 20.08.2002 / К. Г. Бомштейн, В. В. Лялин, В. В. Мальшев [и др.]; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие "Научно-исследовательский институт парашютостроения", Московский гос-ударственный авиационный институт (технический университет).

К вопросу оценки эксплуатационной и ремонтной технологичности технического облика топливной системы воздушного судна

Зинина А.И., Хуан Чжэнь

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

МАИ, Москва

Простота конструкции и надёжность функционирования воздушного судна в целом и его составных частей закладываются на начальных этапах проектирования, обеспечиваются при производстве и проявляются в ходе эксплуатации. На данный момент определены общие технические требования по обеспечению свойств технологичности летательного аппарата и его систем при выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту. Данные требования обеспечиваются в ходе предварительной проработки вариантов технического облика рассматриваемых схем, предусматривают использование агрегатов, обладающих высокой надёжностью и реализацию рациональной компоновкой с точки зрения условий эксплуатации. Они позволяют провести анализ технологичности рассматриваемых вариантов и наметить пути их совершенствования. Анализ проводится путём моделирования и сопоставления результатов с реальными свойствами изделия [1].

К топливной системе (ТС) воздушного судна предъявляются следующие требования: надёжность, пожарная безопасность, простота конструкции, живучесть, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность [2].

Анализ технологичности проводится в виде оценки качественных и количественных показателей. В первом случае свойства топливной системы сопоставляются с комплексом обособленных требований, предъявляемых к ней, при выполнении типовых работ (заправка, регулировка, контроль и др.).

Для проведения количественного анализа эксплуатационной техно-логичности (ЭТ), в основном, используют обобщённые и единичные показатели. Обобщённые показатели характеризуют исследуемый технический облик системы со стороны затрат труда, материалов, времени обслуживания запасных частей и других показателей которые определяют эффективность и стоимость эксплуатации ЛА. Единичные показатели выступают в качестве характеристик отдельных свойств компоновки облика ТС и конструкции её агрегатов. К ним, в виде коэффициентов, относятся показатели: доступности, лёгкостьёмности, контролепригодности, удобств работы и другие. Данные показатели используются для решения задач совершенствования технологических процессов, а также при обосновании технических требований к разрабатываемому технологическому оборудованию [3, 4].

Ремонтная технологичность (РТ) содержит показатели (коэффициенты) той категории, которые характеризуют ремонтные свойства объекта. РТ топливной системы понимается как совокупность заданных и конструктивно реализованных свойств, определяющих её приспособленность к выполнению работ по ремонту с минимальными затратами труда, времени и материальных средств.

В данной работе, по результатам качественного и количественного анализов, предлагается оптимальный комплекс конструктивно-компоновочных мероприятий, направленных на повышение эксплуатационной и ремонтной технологичности топливной системы при минимальных затратах массы.

Список использованных источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентно-способной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрян-ский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва: Московский авиационный ин-ститут (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.
2. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал с приложением. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.
3. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Основы теории технической экс-плуатации летательных аппаратов. Учебник / Москва, 2015.
4. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Эксплуатационная технологич-ность летательных аппаратов. Москва, 1994.

Выбор основных геометрических параметров гидросамолёта в первом приближении. Проверка проектировочных решений на летающих моделях

Кудряшов В.А.

МАИ, Москва

Особенностью проектирования гидросамолетов является требование обеспечения безопасной эксплуатации на водной поверхности, что накладывает ряд ограничений на облик самолета. Выделяют три основных эксплуатационных режима гидросамолета.

1. Режим плавания (водоизмещающий), на котором производится запуск двигателей, выход к месту старта и причаливание.

2. Переходный режим характеризуется максимальным гидродинамическим сопротивлением и максимальным брызгообразованием.

3. Предвзлетный режим (чистое глиссирование) отличается возможностью использования аэродинамических органов управления.

Для обеспечения устойчивости и управляемости гидросамолета на всех перечисленных режимах, необходимо правильно задать его основные геометрические параметры.

1. Запас плавучести для поплавковых самолетов должен быть от 0,8 до 1. Для летающих лодок — более 2-х.

2. Длина носовой части лодки должна составлять 0,45–0,55 от общей длины лодки.

3. Длина межреданной части лодки определяется как разность общей длины лодки и длины ее носовой части.

4. Высота первого редана должна составлять 0,05–0,12 от ширины лодки по редану.

5. Оптимальный угол продольной килеватости составляет 7,5–8,5 градусов.

6. Оптимальная продольная килеватость носовой части составляет от 0 до 3 градусов.

7. Угол продольной килеватости межреданной части лодки рекомендуется задавать в пределах 6–6,5 градусов.

8. Угол поперечной килеватости выбирается в пределах 20–30 градусов.

9. Продольное вынесение центра тяжести самолета вперед относительно расположения редана должно составлять 0,2–0,4 от ширины лодки по редану.

Показателями совершенства компоновки гидросамолета являются минимальное гидродинамическое качество и мореходность. Гидродинамическое качество определяется как отношение гидродинамической подъемной силы к гидродинамическому сопротивлению. Минимальное значение гидродинамического качества обычно достигается на переходном режиме, когда гидродинамическое сопротивление максимально, и определяет требуемую тягу силовой установки гидросамолета. Мореходность гидросамолета характеризует возможность его применения при заданной высоте волн на акватории.

Одним из способов проверки правильности принятых проектировочных решений является использование геометрически и динамически подобных летающих моделей. Если изготавливается модель в M раз меньше проектируемого самолета, справедливы следующие соотношения:

1. Для модели число Рейнольдса будет в M корней из M меньше.

2. Коэффициент пересчета для сил будет равен числу M в третьей степени.

3. Коэффициент пересчета для моментов будет равен числу M в четвертой степени.

На основании приведенных выше рекомендаций была спроектирована и построена радиоуправляемая летающая модель для исследования устойчивости глиссирования гидросамолетов с повышенным гидродинамическим удлинением лодки. В частности, отработывалось применение управляемых транцевых плит на редане для борьбы с продольными колебаниями по углу деферента. В ходе испытаний отслеживалось влияние на устойчивость, управляемость и брызгообразование следующих факторов:

1) формы редана на виде сверху и его высоты;

2) выноса редана относительно центра тяжести;

3) формы, размеров и расположения поддерживающих подкрыльевых поплавков;

4) угла установки транцевых плит;

5) формы и расположения брызгоотражателей;

Модель выполнена по классической балансировочной схеме и имеет ряд компоновочных особенностей:

1. Верхнерасположенное крыло, выполненное по схеме «парасоль» (закреплено на пилоне над фюзеляжем).
2. Силовая установка состоит из двух бесколлекторных электродвигателей, расположенных на пилоне «тандемом» (один тянущий, один толкающий).
3. Т-образное хвостовое оперение.
4. Съемное трехопорное шасси с поворотной носовой опорой для применения с взлетно-посадочных полос.
5. Модульная конструкция для возможности замены ряда агрегатов в интересах исследований.

Некоторые летно-технические характеристики модели:

1. Нормальная взлетная масса — 5,5 (кг).
2. Размах крыла — 2,04 (м).
3. Длина самолета — 1,87 (м).
4. Максимальная скорость полета — 100 (км/ч).
5. Тип элементов питания — литий-полимерные аккумуляторы суммарной емкостью 14 Ампер-часов.
6. Рабочая частота радиоприемника системы управления — 2,4 (ГГц).

Результаты испытаний модели подтвердили, что гидросамолет, корпус которого выполнен с соблюдением приведенных выше рекомендаций, обладает приемлемым уровнем устойчивости и управляемости на всех режимах, а также отличается повышенной мореходностью.

Список использованных источников:

1. Ю. Г. Дурицын, В.К. Анастасов, В. В. Самохин, П. В. Сафронов. «Основы гидромеханики гидросамолёта» — ПАО ТАНТК им. Г.М. Бериева. — г Таганрог: ИП Ошихина О.С., 2016. — 364 с.
2. Самсонов П. Д. «Проектирование и конструкции гидросамолетов»: Учебное пособие для авиационных втузов — НКТП ГУАП, Московский авиационный ин-т. — Москва, Ленинград: ОНТИ НКТП СССР, 1936. — 553 с.

Формирование внешнего облика суборбитального самолёта

Кузнецов Д.С.

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

МАИ, Москва

На сегодняшний день человечество еще не перешагнуло порог сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей в гражданской авиации. Все дальние межконтинентальные перелеты совершаются на дозвуковых лайнерах и длятся порой свыше 10 часов. При этом на протяжении всей истории развития человечества и сопутствующего ей развития техники и транспорта наблюдается постоянная тенденция к увеличению скорости и дальности путешествия, при уменьшении времени.

Несложные расчеты показывают, что дальнейшее развитие в этом направлении должно приблизить нас к скоростям в 5-12 Мах, необходимым для перемещения на расстояния в 10–20 тысяч километров за время равное двум часам. В технической литературе можно встретить различные названия летательного аппарата с подобными функциональными свойствами: гиперзвуковой самолет, суборбитальный самолет, волнолет. При этом суть данного летательного аппарата остается неизменной: перемещение на дальние расстояния в кратчайшие сроки.

Особенности внешнего облика суборбитального самолета в значительнейшей степени будут зависеть от его аэродинамической компоновки. Она должна обеспечивать устойчивый и управляемый полет самолета во всем диапазоне скоростей: дозвуковой, трансзвуковой, сверхзвуковой и гиперзвуковой скоростях.

При проектировании стоит учесть ряд проектных задач [1] таких как: большой взлетный вес и сопутствующая ему высокая скорость взлета, большие температуры нагрева корпуса ЛА, и сопутствующие им нагрузки. Необходимо рассмотреть компоновку с изменяемой геометрией крыла на разных этапах полета, дополнительные топливные баки и наличие самолета-разгонщика.

Одной из главных задач является выбор силовой установки [2] и компонентов топлива, а также расположение и интегрирование двигателя в конструкцию ЛА. Возможные типы силовых установок: Турбореактивный двигатель + Жидкостно-реактивный двигатель, Турбореактивный двигатель + Прямоточный воздушно-реактивный двигатель.

Для уменьшения сил трения и сопутствующей ей силы сопротивления крейсерский полет гиперзвукового летательного аппарата будет происходить преимущественно на высотах свыше 30–40 км. Таким образом, стоит рассмотреть суборбитальный самолет, как потенциальное звено в развитии многоразового космического транспорта горизонтального взлета-посадки. Запуск летательных аппаратов в космос сегодня осуществляется на одноразовых ракетах носителях вертикального взлета, имеющие высокую стоимость и малую относительную массу полезной нагрузки. В случае с ракетами вертикального взлета атмосфера служит источником сопротивления и имеет отрицательное влияние на этапе полета в плотных слоях. Не стоит игнорировать ее потенциально полезные свойства, которые помогут значительно сократить количество необходимого для полета топлива. Во-первых, это создание подъемной силы корпусом ЛА, за счет обтекания несущих поверхностей, во-вторых, это наличие в составе атмосферы окислителя — кислорода. Поэтому стоит рассматривать проектируемый суборбитальный самолет, как промежуточное звено при проектировании полноценного орбитального самолета горизонтального взлета и посадки. В итоге это решит еще одну актуальную проблему современного транспорта: многоразовые космические корабли.

Результатом работы должен являться внешний облик летательного аппарата, соответствующий закладываемым в него требованиям. При формировании внешнего облика разных вариантов следует учитывать, как имеющийся современный технический задел, так и предполагаемые потенциальные техно-логии, в том числе разрабатываемые двигатели на водородном топливе.

Список использованных источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники/ А.Г.Батрухин, 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. Y. 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. Y. Strelets, S. A. Serebryansky, M. V. Shkurin // Journal of Physics: Conference Series: 3, Krasnoyarsk, 24 сентября — 03 2021 года. — Krasnoyarsk, 2021. — P. 042055. — DOI 10.1088/1742-6596/2094/4/042055.

Анализ оптимального расположения шасси тяжёлых беспилотных летательных аппаратов

Лисина М.В.

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

МАИ, Москва

Беспилотные летательные аппараты, в области своего применения становятся, более конкурентоспособны и востребованы [1]. В ходе их развития возникают новые, ранее казавшиеся очевидными вопросы. Ранее практически редуцированный агрегат, такой как шасси, с расширением функциональных свойств и как следствие с ростом взлётной массы, постепенное увеличивается в размерах, что влечет за собой три основных вопроса [2].

• Каким образом прикрепить жесткую конструкцию, состоящую из стальных опор к композитному каркасу таким образом, чтобы нагрузки, приходящиеся на стойку при посадке, полностью поглощались, приходя к фюзеляжу в значительно уменьшенном виде.

• Как разместить в самолете убранные шасси так, чтобы в фюзеляже, в котором расположены оборудование, силовая установка, топливо и полезная нагрузка, имелись требуемые объемы.

• Как разместить кинематические устройства и приводы (которые являются электрическими для минимизации веса) так, чтобы можно было обеспечить уборку без ущерба для коммуникаций и систем.

В данной работе проводится анализ конструктивных мероприятий для решения поставленных вопросов.

Титановая конструкция стоек с использование композитных конструктивных элементов в наиболее нагруженных местах, являлась бы лучшим решение, что подтвердили приближенные расчеты на прочность наиболее ответственных элементов. Это дорого и невозможно с технологической точки зрения, необходимо доработать разгружающий каркас — усиленную конструкцию, которая могла бы воспринимать моменты, к которым не восприимчива конструкция шасси. Для этого, была смоделирована ситуация нагружения прямоугольной рамы, состоящей из стержней, соединённых металлическими уголками.

Рассматривая вопрос о размещении стоек шасси внутри фюзеляжа, нельзя отрицать проблему их компоновки. Размещение агрегата в тонких композитных крыльях, не представляется возможным. Поэтому, двумя осуществимыми в разной степени вариантами остаются размещение стоек в гондолах под крылом или использование велосипедного шасси, как вариант самого компактного расположения. Для такой схемы оптимальным по массе, будет использование комбинированного кинематического привода, который размещался бы вдоль складывающегося подкоса, одновременно выполнял функцию поддержки для стержневой конструкции. Для увеличения усилия, создаваемого подкосом, в рассматриваемой электронной модели, были искусственно созданы дополнительные подкосы, уменьшающие влияние действующих сил на кинематический механизм.

Выбор оптимального варианта компоновки шасси целесообразно проводить с помощью сервисов весовой модели [3, 4] цифровой платформы весового проектирования летательных аппаратов. На данной платформе учитываются особенности конфигурации БПЛА [5] в зависимости от назначения, с учётом компоновки элементов топливной системы [6, 7].

Список использованных 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. Проектирование самолётов / под ред. М.А. Погосяна. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Инновационное машиностроение, 2018. — 864 с.: ил. ISBN 978-5-6040281-5-5.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665695 Российской Федерация. Сервис весовой модели летательного аппарата: № 2021664792: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский, С. А. Кантимиров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665696 Российская Федерация. Клиент сервиса весовой модели летательного аппарата: № 2021664790: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / Д. Ю. Стрелец; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

5. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сертификации / К. Г. Настас, С. А. Серебрянский // Избранные научные труды двадцатой Международной научно-

практической конференции «Управление качеством», Москва, 11–12 марта 2021 года. — Москва: Издательство Пробел-2000, 2021. — С. 261–265.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665697 Российская Федерация. Сервис синтеза и анализа программ заправки и выработки топлива: № 2021664887; заявл. 22.09.2021; опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

7. Шейнин В. М., Козловский В. И., Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов Т. 1. Машиностроение, 1977, 344 с.

Классификация деталей заготовительно-штамповочного производства по конструктивно-технологическому признаку

Марков И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Чумадин А.С.

МАИ, Москва

В производстве деталей летательных аппаратов одно из ведущих мест занимают заготовительно-штамповочные работы. В цехах заготовительно-штамповочного производства изготавливается больше половины деталей летательного аппарата, а трудоёмкость заготовительно-штамповочных работ составляет около 10% общей трудоёмкости изготовления летательного аппарата [1].

Заготовительно-штамповочные работы включают в себя многочисленные технологические операции, которые реализуются с использованием различного оборудования: на гидравлических и механических прессах, роликовых и валковых гибочных станках, станках для ротационной вытяжки и другом оборудовании. Кроме того, для изготовления деталей в качестве технологической оснастки используются многочисленные штампы и приспособления различной конструкции.

Многообразие оборудования, оснастки и применяемых технологических операций позволяет изготавливать большую номенклатуру деталей различных форм и размеров. Очевидно, что работать с таким многообразием деталей без какого-либо их разделения на классы, а в конструкции летательного аппарата деталей может быть больше 100 тысяч, не представляется возможным. Так как в конструкции летательного аппарата достаточно большое количество деталей, много различных технологических операций, оснастки и оборудования, то одним из начальных этапов, ведущих к упрощению работ по технологической подготовке производства, будет классификация деталей по конструктивно-технологическому признаку.

Для классификации деталей по конструктивно-технологическому признаку были изучены литературные источники, посвященные технологиям авиастроения, а также проведены наблюдения за реальным производством летательных аппаратов. В результате выполнения данных исследований были выделены следующие классы типовых деталей заготовительно-штамповочного производства:

- Обшивки. Форма — лист одинарной или двойной кривизны. Основная технология изготовления — обтяжка;

- Обечайки. Форма — деталь цилиндрической или конической формы, сечение которой имеет форму кольца. Основные технологии изготовления — кольцевая обтяжка, гибка-прокатка;

- Монолитные панели. Форма — поверхность одинарной или двойной кривизны со встроенным силовым набором. Основные технологии изготовления — гибка в штампах, обтяжка, гибка-прокатка;

- Стрингеры. Форма — гнутые на радиус профили различного сечения. Основная технология изготовления — гибка в штампах, гибка-прокатка;

- Детали шпангоутов. Форма — гнутые на радиус и прямолинейные профили различного сечения. Основные технологии изготовления — гибка-прокатка, гибка с растяжением;

- Детали нервюр. Форма — лист с различными штампованными элементами. Основные технологии изготовления — штамповка резиной (вытяжка, формовка, отбортовка, подсечка);
- Зализы. Форма — листовая деталь сложной пространственной формы. Основная технология изготовления — штамповка на листоштамповочных молотах;
- Полупатрубки. Форма — сектор кольца с выпуклым участком. Основные технологии изготовления — штамповка резиной, штамповка на листоштамповочных молотах;
- Гофры. Форма — лист с ячейками в виде глухих полостей. Основная технология изготовления — формовка;
- Детали из труб. Форма — трубы простой или сложной пространственной формы, с постоянным или переменным диаметром по длине. Основные технологии изготовления — гибка в штампах, гибка на роликовых станках, раздача, обжим;
- Детали баллонов и баков. Форма — листовые детали сферической, конической или сложной пространственной формы. Основные технологии изготовления — кольцевая обтяжка, вытяжка, обжим труб;
- Соединительные детали. Форма — прямолинейные или гнутые профили различного сечения, листовые детали с элементами гибки, трубы. Основные технологии изготовления — гибка в штампах, гибка на роликовых станках, вытяжка.

Применение подобной классификации в условиях подготовки производства (и реального производства) позволяет значительно упростить работу, например, по ведению учета деталей и технологий в электронной базе данных.

Развитие заготовительно-штамповочного производства, появление новых типов деталей и видов технологических операций потребует постоянной актуализации баз данных, что делает классификацию деталей по конструктивно-технологическому признаку достаточно важной задачей, без решения которой подготовка производства имеет риск столкнуться с проблемой увеличения времени обработки информации о деталях и технологиях, что в свою очередь также негативно отразится и на времени изготовления летательного аппарата.

Список использованных источников:

1. Горбунов М. Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов. Учебник для вузов. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1981,— 224 с., ил.

Изучение конструктивно-технологических аспектов проектирования деталей и агрегатов из ПКМ, изготавливаемых с помощью средств автоматизированной выкладки

Мелконян Р.В.

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

МАИ, Москва

Изготовление деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) с использованием традиционных методов, таких как ручные методы формирования пакетов-заготовок все чаще отходит на второй план. Развитие автоматизированных технологий обуславливает мировые тенденции данного направления, заключающиеся в замене традиционных, ручных методов формирования пакетов-заготовок методами автоматизированной выкладки.

Острая необходимость в автоматизации производственных процессов в этой части обусловлена повышением требований к механическим и точностным характеристикам изготавливаемых деталей. Методы автоматизированной выкладки ленты Automated Tape Laying (ATL) и автоматизированной выкладки волокон Automated Fiber Placement (AFP) — две основных технологии, используемые при производстве деталей из ПКМ с применением однонаправленных препрегов. В данной работе рассматриваются аспекты технологий автоматизированной выкладки лент (ATL) и конструктивные приемы, обеспечивающие (высокие) оптимальные технические характеристики проектируемых и изготавливаемых изделий. Все это призвано обеспечить возможность создания авиационной техники (АТ)

военного и гражданского назначения с высокими показателями тактико-технических и экономических характеристик.

Так известно, что в Государственном научном центре РФ (ГНЦ РФ) АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» внедрены и освоены процессы производства композиционных деталей и агрегатов с использованием автоматизированной выкладки. Первые технические решения и их результаты были получены на данном предприятии еще при изготовлении агрегатов из ПКМ многоразовой транспортной космической системы (МТКС), созданный в рамках программы «Энергия — Буран». Одним из мировых лидеров в части создания оборудования для ее реализации является научно-производственная фирма «Микросам» (республика Северная Македония) [6]. Передовое оборудование производителя позволяет реализовывать автоматизированную выкладку не только на прямолинейную поверхность, но и на поверхности одинарной и двойной кривизны (в зависимости от свойств драпируемости используемых материалов). При этом по габаритам это могут быть детали от малых размеров до крупногабаритных элементов размерами примерно 9х6 м. Несомненным преимуществом является возможность изготовления деталей с постоянной и переменной толщинами, монолитной и сэндвичевой конфигураций. Применение данного оборудования позволяет повысить технико-экономические показатели технологических процессов и выпускаемой продукции — увеличить производительность, снизить трудоемкость производства, снизить количество отходов, а также увеличить точность выкладки, качество деталей. Снижение доли ручного труда позволяет обеспечить повторяемость изделий, а также гибкость (перенастраиваемость) производства.

Список использованных источников:

1. Тимошков П.Н., Гончаров В.А., Усачева М.Н., Хрульков А.В. Влияние технологических параметров на характеристики полимерных композиционных материалов при автоматизированной выкладке препрегов (обзор)// Труды ВИАМ. 2021. № 6 (100). С. 46–55.

2. Кудрин А.М., Караева О.А., Габриельс К.С. Технология адаптации материала для систем автоматизированной выкладки ПКМ авиационного назначения//Все материалы. Энциклопедический справочник. 2019. № 2. С. 22-28.

3. Маринин В.И., Тигишвили С.С., Князев Д.Н. Оборудование для автоматизированной выкладки деталей авиационной техники из композиционных материалов// В сборнике: Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения. Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 338-351.

4. Гаганов А.В., Караева О.А., Кудрин А.М., Дарнева Я.В. Математическое моделирование технологического процесса автоматизированной выкладки экспериментальных образцов полимерных композиционных материалов//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2016. Т. 12. № 3. С. 86-90.

5. Битюков Ю.И., Денискин Ю.И., Цапко Е.Д. Применение вейвлетов Хаара в CAD\CAM\CAE-системе для изготовления конструкций из композиционных материалов методом автоматизированной выкладки//Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2017. Т. 4. № 1. С. 21-30.

6. Самакоски Б., Самик С. Что требуется для производства высокотехнологичных композитов на сегодняшний день? Тезисы докладов Конструкции и технологии получения изделий из неметаллических материалов, Обнинск, 2013. С. 90

Подход к формированию облика регионального самолёта в условиях нескольких критериев эффективности

Моренко Р.В.

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

МАИ, Москва

Самолет — сложная техническая система, состоящая из множества элементов. Для обеспечения конкурентоспособности изделий авиационной техники [1] на внутреннем и внешнем рынках, необходим поиск определённых компромиссов, в противоречиях требованиях к составным частям и агрегатам в частности, а также к самолету в целом.

Процесс формирования технического облика основывается на смещённых по времени, функционально взаимосвязанных, итерационных процессах:

- Аэродинамической компоновки;
- Объемно-массовой компоновки;
- Конструктивно-силовой компоновки.

Целью данных итераций является поэтапная разработка оптимальной компоновки летательного аппарата (ЛА) с учётом определённого комплекса заданных свойств и выбранных критериев для решения задачи определения технического облика проектируемого самолёта и возможности их реализации [2, 3].

Особенностью процесса формирования облика ЛА, является большое количество неизвестных параметров и наличие условий неопределённости, особенно на ранних стадиях разработки проекта. Учитывая изменяемые, постоянные, зависимые и независимые параметры, а также исходя из условий научного и технологического уровня развития, формируется ком-плекс требований и свойств [4].

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

Все свойства и характеристики самолета взаимосвязаны уравнением существования, оптимизация параметров по одному критерию, приведёт к ухудшению других его показателей. Поэтому оптимальные проекты лежат в определённой области которую формируют различные ограничения.

В данной работе рассматривается несколько концепций методов оптимизации проектного решения в условиях области критериев эффективности на основе метода экспертных оценок.

Главное достоинство многокритериального метода — в возможности учета влияния показателей качества самолета (частных критериев) не име-ющих математической связи с критерием оптимальности при однокритериальном подходе. Главный недостаток — присутствие элемента субъективизма.

Проблема размерности — связана с тем, что частные критерии, имеют различные размерности, поскольку они характеризуют различные свойства самолета.

Проблема компромисса — состоит в том, что одновременное достижение оптимума по всем частным критериям практически невозможно и для их сравнения необходим выбор принципа оптимальности, который делает многокритериальную оптимизацию условной.

Проблема ранжирования — связана с учетом приоритета частных критериев. Для учета критериев имеющих различную значимость вводится его ранг, множество которых позволяет корректировать принцип опти-мальности или проводить дифференциацию масштабов измерения частных критериев.

Проблема глобального критерия — при многокритериальном подходе, для принятия решения необходимо наличие одного глобального критерия оптимальности.

Как один из подходов при многокритериальной задаче:

Получение множества вариантов базовой схемы проектируемого самолета — анализ уже существующих самолетов.

Выделение по функциональному признаку группу основных признаков. Рассмотрение возможных альтернативных вариантов реализации.

Таким образом, задача формирования облика заключается в выборе альтернативного решения исходя из соответствующего оптимума критериев выбора.

Список использованных 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. Серебрянский, С. А. К вопросу оптимизации этапов жизненного цикла изделия / С. А. Серебрянский, А. В. Барабанов // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): Материалы двенадцатой международной конференции, Москва, 01–03 октября 2019 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. — Москва:

Международный научно-исследовательский институт проблем управления РАН, 2019. — С. 770-776. — DOI 10.25728/mlsd.2019.2.0770.

3. Застровская, А. А. Корреляция жизненного цикла выпускаемой продукции и системы менеджмента качества предприятия авиационной отрасли в едином информационном пространстве / А. А. Застровская, Б. Б. Сафоклов, С. А. Серебрянский // Экономика: вчера, сегодня, завтра. — 2020. — Т. 10. — № 6-1. — С. 300-311. — DOI 10.34670/AR.2020.31.96.039.

4. Strelets, D. Y. A digital approach to aircraft product lifecycle management / D. Y. Strelets, S. A. Serebryansky, M. V. Skurin // Proceedings of 2019 12th International Conference "Management of Large-Scale System De-velopment", MLSD 2019, Moscow, 01–03 октября 2019 года. — Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. — P. 8911020. — DOI 10.1109/MLSD.2019.8911020.

Исследование особенностей работы и конструкции входного устройства сверхзвукового самолета

Николаева А.А.

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

МАИ, Москва

Современные тенденции развития авиации военного и гражданского назначения направлены на постоянный рост крейсерских и предельных скоростей полета перспективных конкурентоспособных самолетов [1].

На данный момент возрастает интерес к сверхзвуковой пассажирской авиации, что является причиной проведения новых исследований по обеспечению требуемых характеристик летательного аппарата. В том числе и исследований агрегатов, входящих в состав силовой установки самолета. Для полетов на сверхзвуковых скоростях, при числе Маха на крейсерском режиме $M=1,8-2,1$ на высотах до 18 км возрастает важность согласования работы входного устройства и двигателя, а также выбора наиболее эффективной компоновки и геометрии воздухозаборника (ВЗ).

Создание ВЗ это комплексный и междисциплинарный подход, так как необходимы знания из разных областей авиационной науки. В процессе разработки ВЗ используются теоретические и расчетные методы, проводятся экспериментальные исследования на моделях, опытных образцах, на стендах и в полете.

Целью данной работы является создание электронно-цифровой модели спроектированного ВЗ, сравнение результатов газодинамического расчета с применением программных систем конечно-элементного анализа с результатами продувки модели рассматриваемого агрегата в сверхзвуковой аэродинамической трубе и проведение оценки эффективности работы ВЗ при заданных условиях. В работе рассмотрен процесс оптимизации параметров входного устройства на этапе разработки и начальной увязки с фюзеляжем самолета, а также проведена оценка влияния данной оптимизации на жизненный цикл изделия [2].

Для сверхзвуковых самолетов выбор той или иной компоновки осуществляется по следующим признакам: главным является обеспечение минимального взлетного веса и высоких аэродинамических характеристик: C_{x0} — лобового сопротивления, K_{max} — аэродинамического качества самолета. Влияние угла атаки и скольжения на характеристики работы ВЗ учитываются уже в меньшей степени.

Для обеспечения потребных характеристик течения воздушной среды во входном устройстве сверхзвукового летательного аппарата возникает необходимость решения ряда специфических задач:

- Выбор компоновки ВЗ на самолете, с учетом влияния обтекания ЛА на характер потока воздуха на входе в ВЗ;
- Обеспечение расчетного расположения скачков уплотнения на входе в ВЗ;
- Разработка системы регулирования ВЗ;

- Создание системы управления пограничным слоем;
- Разработка противообледенительной системы (ПОС)

Математическая модель входного устройства включает процедуры создания геометрической модели, расчетной сетки и выполнение расчета с использованием CFD-кода. Это позволило создать изолированную геометрию ВЗ для СДС и сравнить результаты расчета с результатами продувки модели в сверхзвуковой аэродинамической трубе ЦАГИ. Данные результаты будут являться подтверждением корректного построения модели ВЗ, что позволит использовать данную модель при дальнейших работах по всему ЖЦ изделия, используя весь спектр CALS-технологий.

Полученные результаты являются подтверждением корректного построения модели ВЗ, что позволит использовать данную модель при дальнейших работах по всему ЖЦ изделия, используя весь спектр CALS-технологий [3].

Список использованных источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентно-способной авиационной техники/ А.Г.Батрухин, 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. Барабанов, А. В. Сокращение жизненного цикла изделия за счет применения методов многокритериальной оптимизации его параметров / А. В. Барабанов, С. А. Серебрянский // Управление развитием крупномасштабных систем mlsd2020: ТРУДЫ ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва, 28–30 сентября 2020 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. — Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. — С. 1167-1179. — DOI 10.25728/mlsd.2020.1167.

3. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники: Научное издание в авторской редакции / Е. В. Судов, А. Н. Петров, А. В. Петров [и др.]; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Кафедра № 101 "Проектирование и сертификация авиационной техники". — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Эдитус", 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-00058-821-5.

Анализ способов проведения испытаний на малую радиолокационную заметность военной авиационной техники

Осипов В.Ю.

МАИ, Москва

Технология снижения заметности (Stealth) — комплекс мер, направленных на уменьшение вероятности обнаружения и идентификации боевой техники различными способами обнаружения, в том числе и радиолокационным.

В современном мире главным устройством обнаружения военной авиационной техники (ВАТ) является радиолокационная (РЛ) станция, являющаяся неотъемлемой частью комплекса противодействию воздушным целям. Возможность укрыться от поисковой станции противника или увеличить время обнаружения позволяют наиболее эффективно выполнить поставленную задачу. Требования радиолокационной заметности (РЛЗ), характеризующиеся уровнями ЭПР с разных ракурсов обзора, задаются в ТТЗ (ТЗ) и требуют дальнейшего подтверждения на государственных испытаниях (ГИ).

Исследование РЛЗ образца военной авиационной техники на всех этапах проектирования проходит в безэховых камерах (БЭК). Сама камера представляет собой просторное помещение с установленной в нём многоосевой поворотной платформой для установки объекта испытания, излучателем и линзы-зеркала. Путем отражения электромагнитного поля излучателя от линзы формируется однонаправленное синфазное электромагнитное излучение, которое имитирует дальнее поле реального локатора, характеризующееся установившимися характеристиками обнаружения. Путем поворота объекта испытаний относительно направления излучения собираются параметры

отраженного поля (ЭПР) на различных частотах в заданных секторах по углу азимута и места, на основе чего формируется ДОР объекта.

Основным недостатком подобных испытаний являются габариты самой камеры, которые зачастую не позволяют исследовать полноразмерный объект, дополнительно накладываются ограничения по применяемому в ней частотам излучения. По этой причине переходят к испытаниям на радиополígонах.

На огороженной обширной территории установлен комплекс разнодиапазонных РЛ станций, направленных на многоосевой поворотный стол или мачту, на которой на некоторой высоте располагается объект испытаний. Принципы сбора информации об отражательных характеристиках летательного аппарата двух видов испытаний (в БЭК и на радиополígонах) идентичны.

Существенным недостатком проведения испытаний на радиополígоне является наложение центрального поля локатора с полем, отраженным от поверхности земли, а также ограниченной возможностью формирования дальнего радиолокационного поля на определенных РЛ частотах.

В таком случае переходят к летным испытаниям (ЛИ), главным преимуществом которых является максимальное приближение к реальной обстановке. Во время проведения исследования летательный аппарат в различных конфигурациях выполняет полет по заданной траектории. Маршрут составляется таким образом, чтобы требуемые ракурсы были направлены к локатору под разными углами для комплексного их исследования. Данный вид испытаний является итоговым подтверждением характеристик малой заметности ВАТ.

Для проведения испытаний на исследование СХ необходима калибровка РЛ поля излучателя по угловым секторам, а также по дальности, для чего используются отражатели простых форм: шар, цилиндр, пластина, уголко́вый отражатель. По характеру и уровням диаграммы обратного отражения (ДОР) производится необходимая настройка по требуемым параметрам.

Особой сложностью является калибровка поля локатора в рамках летных испытаний. Существует способ, при котором простые отражатели поднимаются в воздух на шаре-зонде. Оболочка носителя только условно является радиопрозрачной, однако в реальности она также влияет своим полем на отражатель с известной ЭПР, по полю которого и должна производиться калибровка. Характеристики обратного отражения зонда напрямую зависят от состояния атмосферы. С набором высоты, понижением температуры и изменением влажности, форма и размеры носителя могут изменять в связи с понижением внешнего давления и образованием наледи, также изменяются и несущие способности шара-зонда.

Проведя предварительный анализ по способам исследования отражательной способности объекта ВАТ, хочется отметить, что при повышении уровня требований к новым образцам, требуется комплексный подход их исследования в различных условиях. Подобный принцип необходим для предоставления более емкой информации характеристик рассеяния объекта при подтверждении выполнения требований ТТЗ. Кроме испытаний в БЭК и на радиополígонах, обязательным является проведение исследования СХ ВАТ в рамках ЛИ. В последнем случае калибровку РЛ поля излучения локатора предлагается производить по отражателю специальной конфигурации, который устанавливается на носитель с жесткими требованиями СХ для уменьшения вклада его поля в поле «эталонного» образца в требуемых секторах. Именно такая конфигурация позволит осуществлять настройку по всему сектору и дальности работы исследующего локатора в минимальный временной промежуток.

Исследование возможности внедрения технологий «более электрического самолёта» в концепции летательного аппарата средней дальности полёта

Панченко М.И.

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

МАИ, Москва

Ведущие мировые авиапроизводители Airbus и Boeing рассматривают варианты выхода в новый сегмент рынка, связанный с созданием воздушных судов, рассчитанных на дальность полёта до 5000 морских миль (9250 км.). Этот сегмент рынка получил обозначение — Middle of the Market (MoM) [1,2].

В РФ реализация концепции «Более электрического самолета» (БЭС) в новом проекте широкофюзеляжного самолёта (ШФ ВС) в период 2025-2030 годов в полном объёме по объективным причинам проблематична. В этот период наиболее успешным решением в части «электрофикации» может стать программа создания авиационного двигателя ПД-35, на котором предполагается внедрить ряд технологий «более электрического двигателя».

Электрическая энергия представляет собой самый управляемый вид энергии, поэтому оптимизация авиационных систем должна идти с применением именно этого вида энергии. При традиционной компоновке электрика потребляет около 12% от всех энергозатрат.

При этом удельные параметры ПД-35 будут соответствовать, а по ряду из них и превышать, характеристики западных двигателей, размещённых на ШФ ВС, использующих концепцию БЭС таких, как General Electric GEnx-1B и Rolls-Rois Trent 1000, Trent XWB или Ultrafan. Удельный расход топлива ПД-35 будет на 2-5% меньше по отношению к аналогам.

Внедрение и апробация двигателя ПД-35, а также ряда решений, связанных с БЭС в период до 2030 г. возможно в рамках создания ШФ ВС для сегмента MoM с использованием части решений по конструкции самолёта типа Ил-96.

В рамках концептуальных исследований расчёт характеристик подобного ШФ ВС может быть осуществлён под следующие требования:

- Самолёт разрабатывается по нормальной конструктивно-аэродинамической схеме с максимальным использованием апробированных технических решений. Крейсерская скорость соответствует числу $M=0,83$;
- Максимальная дальность полёта 9500 км при коммерческой нагрузке в 40 тонн. Вместимость не менее 270 пассажиров с расчётной массой 120 кг;
- Силовая установка состоит из двух двигателей типа ПД-35;
- Геометрия крыла в плане ШФ ВС принята соответствующей Ил-96-300, допускается изменение угла V-установки (для размещения двигателя) и использование нового профиля;
- Крыло выполнено из композитов с весовой эффективностью аналогичной МС-21. Технологические особенности создания композитного крыла с размещением в нём топливных баков по размаху — не учитываются;
- Относительные параметры массы фюзеляжа приняты аналогичными Ил-96-300;
- Схема шасси «классическая» трёхопорная;
- Дополнительные изменения конструкции для устранения моментов при отказе двигателя в полёте в расчёте не учитываются.

Анализ типовой конструкции ШФ ВС показал:

- Аэродинамические параметры ШФ ВС могут быть улучшены за счёт использования нового профиля крыла. Расчётное значение максимального аэродинамического качества может быть увеличено на 0,7 ед. по отношению к прототипу;
- Использование двигателей ПД-35 обеспечивает снижение на 20% удельного расхода топлива по отношению к прототипу, оснащённому двигателями ПС-90А;
- Большее значение сухой массы двух ПД-35 по отношению к четырём двигателям ПС-90А, компенсируется на уровне силовой установки в целом, в том числе, за счёт конструкции и массы пилонов, использования интегрированной мотогондолы с ламинарным обтеканием;
- Использование двигателей ПД-35 с электро-импульсной противообледенительной системой воздухозаборника обеспечивает снижение электропотребления примерно на

175 кВт, что обеспечивает дополнительный запас мощности на борту. Совместно с использованием стартер-генераторов высокой мощности (по 210 кВт) это позволяет использовать на борту ШФ ВС «электрическую» систему кондиционирования и дополнительно снизить удельный расход топлива ПД-35 в крейсерском полете на 1%.

Расчёты по определению характеристик ШФ ВС показывают, что внедрение в базовой конструкции решений по БЭС и двигателю ПД-35 приводит к снижению его максимальной взлётной массы на 10-12% (по отношению к Ил-96-300). Реализация в проекте широкофюзеляжного самолёта для сегмента МоМ результатов работ по двигателю ПД-35, включая технологии более электрического двигателя и частично решения по БЭС (общесамолётным системам), одновременно с заменой крыла с традиционной на композитную конструкцию, обеспечивает значимое преимущество по весовой эффективности по отношению к техническим решениям, используемым на самолётах предыдущего поколения типа Ил-96-300.

Список использованных источников:

1. О.В. Семичастный «О создании авиалайнера для среднего сегмента рынка», Научно-техническая информация «Авиационные системы». М.: №2018/2 стр.11.
2. AIRCRAFT VALUE NEWS, June 24, 2019, с.2

Проектирование элементов конструкции планера самолёта из металлополимерных композиционных материалов

Печенюк В.С.

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

МАИ, Москва

В данной работе будет рассматриваться вопрос проектирования элементов конструкции планера самолета из алюмокомпозитов, являющиеся одним из видов МПКМ. В качестве элементов конструкции планера самолета из алюмокомпозитов можно рассматривать следующие элементы конструкции крыла самолета: обшивки, стрингеры [1], стенки лонжеронов и нервюр. Стенки нервюр и лонжеронов работают на чистый сдвиг, стрингеры работают на растяжение-сжатие, а обшивки — на растяжение-сжатие и сдвиг. В стрингерных панелях стрингеры могут быть из прессованного профиля, из гнутого листа или сформованные из алюмокомпозитов. Стенки нервюр и лонжеронов могут изготавливаться как трехслойные панели [2] с обшивками из алюмокомпозитов и или пластина из алюмокомпозитов подкрепленная профилями.

Рассмотрим проектирование стрингерной панели с применением алюмокомпозитов в конструкции. Проектирование подобных конструкций отличается от проектирования стрингерных панелей из полимерных композиционных материалов из-за присутствия в пакете алюмокомпозитов слоев с различными физическими свойствами. Если обшивка из алюмокомпозитов нагружена сжимающими усилиями, то можно использовать классический метод определения толщины металлического листа при сжатии. А если обшивка из алюмокомпозитов нагружена растягивающими усилиями, то можно использовать формулу из [3]. При проектировании обшивок из алюмокомпозитов следует также учесть, что такие обшивки могут иметь ширину 1,5-2 м, а длина ограничивается размером камеры автоклава. Благодаря этому уменьшается количество стыковых зон с дополнительными стыковыми деталями и крепежом, что в свою очередь, с учетом пониженной плотности алюмокомпозитов, может привести к снижению массы конструкции примерно на 10%.

Список использованных источников:

1. Benedict A.V. An Experimental Investigation of GLARE and Restructured Fiber Metal Laminates // Embry-Riddle Aeronautical University. 2012.
2. Прокудин О.А. Расчетно-экспериментальный метод исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов с учетом эффектов межслоевого сдвига, МАИ, Москва, Диссертация 2021.

3. Орешко Е.И., Ерасов В.С., Подживотов Н.Ю., Луценко А.Н. Расчет на прочность гибридной панели крыла на базе листов и профилей из высокопрочного алюминий-литиевого сплава и слоистого алюмокомпозитного пластика // *Авиационные материалы и технологии*, № 1(40), 2016. С. 53-61.

Оптимальное проектирование гладких ортотропных панелей при обеспечении устойчивости и прочности при закритическом поведении

Прокопенко Д.А., Мазен Осман

МАИ, Москва

Данная работа посвящена проектированию ортотропных обшивок многозамкнутого закрылка крыла легкого самолета. Для рассматриваемых тонких сжатых обшивок допускается потеря устойчивости при нагрузках, близких к эксплуатационному уровню. В работе рассмотрена актуальная задача оптимального проектирования [1] и предложена методика определения параметров ортотропной обшивки при действии сжимающих и касательных потоков. Постановка задачи оптимального проектирования панелей (обшивки) включает следующие особенности. Во-первых, при проектировании панелей предложено использовать два уровня нагружения. На первом уровне нагружения не допускается потеря устойчивости. Отмечено, что первый уровень нагружения определяется разработчиком воздушного судна. На втором уровне нагружения при условии допустимости закритического поведения может быть определена толщина панели с учетом использования аналитических решений геометрически нелинейных задач [2] и с учетом достижения предельных по статической прочности напряжений. Во-вторых, в качестве переменных параметров принимаются толщина и ширина обшивки. В-третьих, для определения оптимальных параметров панелей используется равенство единице запасов по устойчивости при первом уровне нагружения и по прочности при проектировании по закритическому состоянию при втором уровне нагружения. Используемые уровни нагружения в общем случае не обязательно должны совпадать с эксплуатационными и расчетными нагрузками, которые традиционно рассматриваются при разработке авиационных конструкций. В данном случае уровни нагружения могут назначаться разработчиками воздушного судна из специальных расчетных условиях. В работе отмечено, что при определении параметров по закритическому состоянию должны быть использованы аналитические решения геометрически нелинейных задач, полученные методом Бубнова-Галеркина. Отмеченные соотношения соответствуют методологии проектирования по закритическому состоянию [2]. Полученные в работе соотношения учитывают мембранные напряжения, возникающие при потере устойчивости тонких панелей. В работе приведены соотношения для проектирования шарнирно опертых ортотропных панелей при сжатии, сдвиге и комбинированном нагружении. Для иллюстрации приведены результаты численных исследований влияния уровней нагружения на параметры проектируемых панелей. Также приведены результаты параметрических исследований оптимального армирования ортотропных обшивок для сжатых шарнирно оперных панелей. Отмечено, что предложенная методика может быть использована на ранних этапах проектирования.

Список использованных источников:

1. Митрофанов О. В. Проектирование несущих панелей из композитных материалов по закритическому состоянию: обзор и актуальные задачи // *Естественные и технические науки*. — 2021. — № 11(162). — С. 224-226. — DOI 10.25633/ETN.2021.11.17.
2. Митрофанов О. В. Проектирование несущих панелей авиационных конструкций по закритическому состоянию. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 160 с. — ISBN 978-5-4316-0757-8.

Анализ работы, эффективности, возможностей конструктивного усовершенствования электрических систем кондиционирования воздуха

Пронин Д.В.

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

МАИ, Москва

Целью данной работы является изучение электрических систем кондиционирования воздуха (ЭСКВ), а также инженерных решений, направленных на снижение требований к электропотреблению ЭСКВ.

Одной из главных задач производителей современных гражданских летательных аппаратов является повышение их конкурентоспособности, а именно снижение энергетических затрат во время совершения полета, то есть повышения их экономической эффективности. В условиях жесткой конкуренции авиапроизводители прибегают к различным техническим решениям систем кондиционирования воздуха (СКВ), которые направлены на снижение влияния их работы на энергетическую эффективность самолета.

К одному из таких технических решений можно отнести применения в конструкции современных магистральных пассажирских самолетов электрической СКВ. Данная система отличается тем, что воздух для подачи в пассажирский салон, отбирается не от ступени компрессора силовой установки летательного аппарата, а от отдельного блока автономных компрессоров системы кондиционирования воздуха.

В 2004 году корпорацией Боинг был представлен новый широкофюзеляжный авиалайнер, который использовал ЭСКВ в качестве основной. Данная система доказала свою эффективность снизив расход топлива ЛА по сравнению с традиционным вариантом СКВ. Несмотря на достигнутые положительные результаты работа по усовершенствованию данной системы продолжается.

В 2010 году было проведено исследование по изменению конструкции воздухозаборника системы ЭСКВ Боинга 787, которое показало, что применение единого воздухозаборника увеличивает энергозатраты на компрессоры СКВ, но позитивно влияет на аэродинамическое качество летательного аппарата, повышая при этом топливную эффективность самолета в полете.

В 2015 году было проведено исследование по преобразованию энергии сжатого каabinного воздуха в электрическую энергию для работы ЭСКВ Боинга 787 и снижению требований к силовой установке летательного аппарата. Данное исследование основывалось на методе полной взлетной массы. Было предложены две схемы. Первая подразумевала установку турбины, которая преобразовала энергию каabinного воздуха для работы компрессора. Вторая использовала эжектор для предварительного сжатия воздуха на входе в компрессор. В качестве исходных данных был выбран полет, длительностью 3 часа 15 минут, с минимальной, для Боинга 787 «высотой в кабине» в 1828 метров. Результаты данной работы показали, что в обоих случаях увеличивается расход топлива в обоих случаях, но в первом случае было достигнуто снижение на 60% энергии, потребной для работы компрессора, а во втором на 21%.

Проанализировав работы 2010 и 2015 года можно прийти к выводу о том, что ЭСКВ являются перспективным направлением в повышении общей эффективности летательного аппарата. Концепция полностью электрического самолета дает множество преимуществ в повышении топливной эффективности летательного аппарата, снижении его массы, расходов на наземное обслуживание.

Весовая модель конструкции фюзеляжа самолёта на базе цифровой платформы весового проектирования

Ресулкульева Гульнар

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

МАИ, Москва

Современное состояние тенденций развития геоэкономических и политических взаимосвязей требует создания сверхзвукового летательного аппарата (ЛА). Изучается вопрос об адаптации характеристик сверхзвукового пассажирского самолета под действующие авиационные правила и нормы [1]. Известные недостатки таких самолетов (звуковой удар, дальность полета, аэродинамический нагрев, экологичность) активно решают такие компании как Boeing, Boom Technology, ЦАГИ и др. Ряд ведущих участников авиастроительной отрасли занимаются проектированием сверхзвуковых региональных бизнес джетов.

При проектировании конструкции самолета уделяется большое внимание прогнозированию взлётно-посадочного веса ЛА с учётом комплекса его свойств. Значительная часть массы сверхзвукового самолета, около 40%, приходится на фюзеляж. Возникает необходимость с наибольшей точностью определять массу конструкции фюзеляжа в зависимости от различных факторов, таких как: аэродинамическая и объёмно-массовая компоновки, эквивалентный диаметр фюзеляжа, длина фюзеляжа, удлинение фюзеляжа, ширина и высота сечения фюзеляжа, длина периметра и площадь миделя фюзеляжа.

Для определения относительной массы фюзеляжа в первом приближении используются статистические данные. Во втором приближении определяется масса фюзеляжа, выраженная в функции от заданных параметров с использованием оптимального числа коэффициентов. Для определения массы фюзеляжа в третьем приближении используют формулы, связывающие величину массы составных частей конструкции фюзеляжа с его основными силовыми элементами: масса продольного набора, шпангоутов, пола, масса и т.д. Определение указанных зависимостей решается путём построения дерева конструкции весовой модели сформированного на сервисах цифровой платформы весового проектирования ЛА [2, 3].

Для обеспечения требований устойчивости и управляемости во всём диапазоне скоростей полёта, весовая модель конструкции фюзеляжа на базе цифровой платформы, должна учитывать наличие элементов топливной системы для заправки, размещения, перелива и выработки топлива [4, 5].

В данной работе предлагается построить регрессионную модель зависимости массы фюзеляжа от указанных выше факторов. Для этого использовалась линейная регрессионная модель [6], в которой задаваемыми параметрами являлись указанные факторы, а также их квадраты. С помощью метода наименьших квадратов были построены оценки неизвестных параметров модели (коэффициентов при задаваемых параметрах). Были выявлены незначимые факторы модели. После исключения незначимых факторов, построенные оценки были скорректированы.

С помощью построенной модели была спрогнозирована относительная масса фюзеляжа ряда самолетов. Построены графики зависимости массы фюзеляжа от рассматриваемых характеристик. Выявлены наиболее удачные значения характеристик с точки зрения ожидаемой массы фюзеляжа.

Список использованных 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-
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665695 Российская Федерация. Сервис весовой модели летательного аппарата: № 2021664792: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский, С. А. Кантимиров; заявитель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665696 Российская Федерация. Клиент сервиса весовой модели летательного аппарата: № 2021664790: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / Д. Ю. Стрелец; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665697 Российская Федерация. Сервис синтеза и анализа программ заправки и выработки топлива: № 2021664887: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665785 Российская Федерация. Клиент сервиса синтеза и анализа программ заправки и выработки топлива: № 2021664794: заявл. 22.09.2021: опубл. 01.10.2021 / С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

6. Кибзун А. И., Горяинова Е.Р., Наумов А. В., Теория вероятностей и математическая статистика. ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 232 с.

Конструкция и расчёт стержневой нервюры из ортотропного материала для крыла большой строительной высоты

Род О.А., Рожков Д.М.

Научный руководитель — Турбин Н.В.

МАИ, Москва

С целью применения крыла, имеющего большую строительную высоту, для облегчения конструкции конкурентоспособного летательного аппарата (ЛА) используют ферменные элементы силового набора для восприятия силовых факторов [1]. Например, крыло Ту-144 выполнено с применением стержневых нервюр. Такая схема хорошо воспринимает силовые факторы путём сжатия-растяжения стержней, при этом не только меньше весит, но и даёт компоновочные преимущества при прокладке в крыле магистралей различных систем. В крыле малой строительной высоты, данное конструктивное решение не применяется вследствие технологических и конструктивных трудностей.

В настоящее время освоено производство основных силовых элементов конструкции крыла с использованием композитных материалов, однако поперечный набор в большинстве случаев остаётся металлическим.

В данной работе исследуется целесообразность использования стержневых конструкций поперечных силовых элементов крыла с большой строительной высотой. С целью обеспечения эксплуатационной живучести и ремонтной технологичности, конструктивно это возможно реализовать, применяя известный способ изготовления композитных стрингерных панелей крыла [2, 3] с формированием на них поперечных поясов с посадочными местами для закладных. Эти закладные располагаются на концах стержней и таким образом обеспечивается стыковка ферменной нервюры из ортотропного материала и композитной панели крыла.

При разработке технологии производства данной конструкции предлагается ввести сборку в приспособлении с базой «внешняя поверхность обшивки крыла». Это позволяет убрать допуски на изготовление каркаса внутрь обвода, таким образом минимизировать монтажные напряжения в стержнях [4].

Прочностной расчёт проводится на базе конечно-элементной модели с использованием численных методов. Численное решение можно получить, используя, например, программный пакет Abaqus CAE. Работа решателя основывается на применении

вариационного принципа Лагранжа. Аналитические методы расчёта стержней из ортотропных материалов представлены И.Ф. Образцовым, А.А. Дудченко [5, 6].

Применение рассматриваемых стержневых конструкций целесообразно при использовании профиля с большой строительной высотой. При этом, по причине действия сосредоточенных сил и моментов, все усиленные нервюры конструктивно выполняются балочными. Область применения результатов данного исследования — это проекты, связанные с разработкой в нашей стране крупных неманевренных самолётов с композитным крылом. Возможно, перспективный авиационный комплекс транспортной авиации (ПАК ТА), перспективный авиационный комплекс дальней авиации (ПАК ДА).

Список использованных 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. Житомирский Г.И., Конструкция самолётов: Учебник для студентов вузов — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение, 2018 — 416 с.: ил. ISBN 978-5-9500364-8-4/

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

4. Е.С. Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин, Проектирование конструкций самолётов, учебник для студентов, обучающихся по специальности «Самолётостроение», М.: Машиностроение, 1987 — С. 129-130.

5. И.Ф. Образцов, Л.А. Булычев, В.В. Васильев и др.; Под ред. И.Ф. Образцова, Строительная механика летательных аппаратов: учебник для авиационных специальностей вузов. — М.: Машиностроение, 1986 — С. 507-510.

6. А.А. Дудченко, Оптимальное проектирование элементов авиационных конструкций из композиционных материалов, Учебное пособие. — Москва: МАИ, 2002.

Управление конфигурацией системы коллективного спасения пассажирского воздушного судна на базе цифровой платформы весового проектирования летательных аппаратов

Рожков Д.М., Дейкина А.А.

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

МАИ, Москва

Управление конфигурацией (УК) — управленческая технология, связанная с разработкой, на этапе проектирования, изделий авиационной техники (АТ), контролем соответствия их характеристик заданным требованиям на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ). Кастомизация один из способов достижения конкурентоспособности изделий АТ на внешнем и внутреннем рынках путём поддержки ЖЦ сложных в техническом отношении изделий, производимых во многих вариантах, в том числе — по конкретным требованиям заказчика [1, 2].

Обеспечение безопасности полётов (БП) представляет собой одну из основных задач этапа эксплуатации пассажирского воздушного транспорта, является главным показателем качества функциональности и конкурентоспособности гражданской авиации на рынке АТ [3].

Невозможность обеспечения безопасности полетов с помощью традиционных систем в критической ситуации, вызывает необходимость переосмысления проблемы и формирование основополагающего требования к авиаперевозкам.

Практическая реализация концепции спасения экипажа и пассажиров, исходя из требований заказчика, формирование облика системы коллективного спасения (СКС) требуют учета принадлежности воздушного судна (ВС) соответствующему классу и его

максимальной взлетной массы, компоновки и конструктивно-силовых особенностей ВС, распределения его массы, а также грузоподъемности современных парашютных систем.

В данной работе проводится анализ и выбор конфигурации СКС в зависимости от массы целевой нагрузки. Оценивается влияние выбранной конфигурации СКС на взлётный вес ВС. При таком подходе на первый план выступают весовые характеристики составных частей проектируемого летательного аппарата (ЛА) представленные в виде дерева конструкции электронной модели проектируемого изделия. Данная задача решается при помощи уравнения баланса масс и уравнения существования ЛА, которые программно-аппаратным образом реализованы в сервисах весовой модели [4, 5] цифровой платформы весового проектирования ЛА (ЦП ВП ЛА).

ЦП ВП ЛА предназначена для применения в учебном и научно-исследовательском процессах МАИ, на предприятиях авиационной, ракетно-космической промышленности, а также в тех отраслях, в которых уделяется особое внимание весовому проектированию и контролю разрабатываемых изделий авиационной техники.

Список использованных источников:

1. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сертификации / К. Г. Настас, С. А. Серебрянский // Избранные научные труды двадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», Москва, 11–12 марта 2021 года. — Москва: Издательство Пробел-2000, 2021. — С. 261-265.

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. Чинючин, Ю. М. Моделирование работоспособности объектов авиационной техники на длительный период эксплуатации / Ю. М. Чинючин, В. В. Воробьев, Е. Д. Герасимова // Авиационная промышленность. — 2019. — № 2. — С. 10-15.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665695 Российская Федерация. Сервис весовой модели летательного аппарата: № 2021664792: заявл. 22.09.2021; опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский, С. А. Кантимиров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665696 Российская Федерация. Клиент сервиса весовой модели летательного аппарата: № 2021664790: заявл. 22.09.2021; опубл. 30.09.2021 / Д. Ю. Стрелец; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

Управление конфигурацией беспилотного летательного аппарата на базе цифровой платформы весового проектирования летательных аппаратов

Савельев С.А., Настас К.Г.

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

МАИ, Москва

Управление конфигурацией (УК) изделия, представляет собой управленческую технологию, которая устанавливает и поддерживает соответствие функциональных, технических, технологических и эксплуатационных свойств конкурентоспособного изделия на этапах его жизненного цикла [1]. При этом, на начальном этапе, конфигурация беспилотного летательного аппарата (БПЛА) определяется спецификацией требований на основе функциональных свойств. На этапе научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ формируется технический облик БПЛА в ходе, которого УК может включать специфические понятия:

- Базовое изделие;

- Модификация изделия (например, с учётом комплекса мероприятий по повышению боевой живучести);
- Исполнение изделия;
- Семейство изделий.

На данном этапе конфигурация БПЛА определяется комплектом конструкторской, технологической и эксплуатационной документации. Материальное воплощение, изделие приобретает на этапе производства.

Само понятие конфигурации разрабатываемого изделия возможно определить только в рамках конкретного этапа его ЖЦ, так как оно может соответствовать разным сущностям [2, 3].

То есть, конфигурация означает разновидность изделия с конкретным комплексом свойств, входящего в семейство изделий [4].

Возможность реализации заданного комплекса свойств в БПЛА определяется с помощью уравнивания существования ЛА, которое с использованием частных и общих критериев взаимосвязи для каждой конфигурации увязывает все свойства отдельно взятых разрабатываемых вариантов.

Для каждой конфигурации формируются многоуровневое дерево конструкции её составных частей и их весовые модели [5].

Одним из важнейших технических параметров конфигурации БПЛА является его взлетная масса. Необходимость проведения весовых расчётов возникает на начальных этапах проектирования БПЛА. В процессах создания и последующей эксплуатации, масса БПЛА и другие массово-инерционные характеристики размещенных на борту компонентов систем, агрегатов, узлов и деталей включая целевую нагрузку и топливные ёмкости, контролируются для каждой конфигурации [6].

Сервисы весовых моделей цифровой платформы весового проектирования позволяют проводить исследование и получать оптимальные результаты конфигурации БПЛА.

Список использованных 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. 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.
3. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники: Научное издание в авторской редакции / Е. В. Судов, А. Н. Петров, А. В. Петров [и др.]; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Кафедра № 101 "Проектирование и сертификация авиационной техники". — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Эдитус", 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-00058-821-5.
4. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сертификации / К. Г. Настас, С. А. Серебрянский // Избранные научные труды двадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», Москва, 11–12 марта 2021 года. — Москва: Издательство Пробел-2000, 2021. — С. 261-265.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665695 Российская Федерация. Сервис весовой модели летательного аппарата: № 2021664792: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский, С. А. Кантимиров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665697 Российская Федерация. Сервис синтеза и анализа программ заправки и выработки топлива: № 2021664887: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

Новые принципы управления системами шасси как способ повышения устойчивости и управляемости беспилотного летательного аппарата нестандартной аэродинамической схемы

Смагин А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Долгов О.С.
МАИ, Москва

Специфика современного использования боевой авиации диктует необходимость удовлетворения ЛА специфическим и противоречивым требованиям, в частности, касающихся малой заметности и высоких аэродинамических характеристик. Этот факт обуславливает появление ЛА нестандартных схем, таких как летающее крыло. Внешний облик и компоновка этих самолетов нацелены, в первую очередь, на максимально эффективное решение боевых задач, побочным эффектом чего является отступление от классических общепринятых геометрических параметров взлетно-посадочных устройств. Одной из ключевых особенностей геометрии шасси летающего крыла с умеренными углами стреловидности является нестандартное соотношение базы и колеи, что вкупе с некоторыми компоновочными особенностями существенно ухудшает характеристики устойчивости и управляемости при движении по земле. Кроме того, современные тренды развития беспилотных авиационных комплексов предполагают их максимальную автономизацию, то есть комплексная система управления летательного аппарата должна обеспечивать выполнение задач без существенного вмешательства оператора, что требует совершенствования, комплексирования и усложнения алгоритмов управления. Наиболее ответственными этапами выполнения полета, согласно статистике летных происшествий, являются взлетно-посадочные операции. Это утверждение верно практически для любых летательных аппаратов, как пилотируемых, так и беспилотных, самолетного, вертолетного и вертикально взлетающего типа. Именно этапы взлета и посадки характеризуются неустановившимися и околокритическими режимами полета, большой операторской нагрузкой на экипаж пилотируемого самолета или БЦВМ БПЛА. Ошибки техники пилотирования или несовершенство алгоритмов управления наиболее сильным образом влияют на безопасность полета.

В работе предложен подход к решению проблем устойчивости и управляемости самолетов аэродинамической схемы «летающее крыло» с точки зрения движения по земле, заключающийся в объединении систем шасси в автоматизированный интегральный контур управления. В рамках данного контура взаимодействует тормозная система летательного аппарата и система управления поворотом колес передней опоры. Проведен анализ особенностей движения по земле, указаны недостатки и границы применения имеющихся способов управления. Описано построение динамической модели самолета для проведения виртуальных испытаний алгоритмов управления.

Сделан вывод о практических преимуществах, которые потенциально возможно получить в результате внедрения интегрального контура управления системами шасси.

Оценка влияния мер по снижению звукового удара сверхзвукового делового самолёта, связанных с компоновочной группой крыла, на его характеристики

Тюшин А.В., Тюшина М.А.

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

Проблема создания сверхзвукового делового самолета обусловлена экологическими и экономическими ограничениями. Экономическая эффективность самолета определяется стоимостью перевозки пассажира и существенно зависит от аэродинамического совершенства летательного аппарата, которое характеризуется полётным аэродинамическим качеством. Экологические ограничения обусловлены обеспечением приемлемого уровня шума на местности вблизи аэропортов, а также уровня звукового удара (ЗУ), создаваемого

самолетом при полёте на сверхзвуковых скоростях, а также в снижении вредных выбросов продуктов сгорания топлива в атмосферу. Критической проблемой полноценного внедрения сверхзвукового делового самолёта (СДС) в обыденную практику является создаваемый им звуковой удар на местности, технологии уменьшения которого в настоящее время активно исследуются.

На данный момент проведено большое количество исследований в направлении снижения ЗУ, позволяющее сформировать статистические зависимости уровня ЗУ СДС, выраженного в метрике звукового давления, от степени внедрения конкретных мероприятий по его снижению [1, 2]. Наличие таких зависимостей при условии параметризации методов снижения ЗУ посредством базовых геометрических характеристик, проектных параметров, проектных критериев даёт возможность на ранних стадиях проектирования определить рациональные меры снижения ЗУ и степень их внедрения, а также провести первичную оптимизацию проектных параметров СДС при соблюдении специфических ограничений [3].

В работе собрана база данных по мерам снижения ЗУ посредством модификации компоновочной группы крыла, а именно — по влиянию их внедрения на снижение этого уровня. Проведена их численная оценка с точки зрения влияния их применения на уровень ЗУ, создаваемого самолётом, приведение каждого метода в соответствие к характерным для его внедрения в технический облик ЛА этапам проектирования, а также качественная оценка влияния данных мер на весовые, аэродинамические, лётно-технические и эксплуатационные характеристики СДС.

Собранные эмпирические зависимости и полученные численные метрики оценки ЗУ можно применять совместно с классическими формулами весовых, аэродинамических и иных расчётов.

Таким образом, проведённое исследование наметило путь к определению рациональных мер снижения ЗУ и степени их внедрения на ранних стадиях проектирования технического облика, что также даст возможность проводить оптимизацию этих мер в условиях специфических ограничений без задействования больших компьютерных мощностей.

Разработка методики испытаний подшипников скольжения с перспективными антифрикционными покрытиями

Фертиков А.О.

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

МАИ, Москва

Надежность работы подшипников скольжения в двигателях летательных аппаратов не может не влиять на безопасность полетов, поэтому прилагаются усилия по исследованию подшипников для выявления причин выхода их из строя, определения допустимых нагрузок, которые подшипники смогут выдержать при эксплуатации ЛА.

Этапы испытаний новых подшипников можно разделить на следующие:

1. Приработка подшипников, выполняется с целью улучшения противозадирных свойств пары трения (что способствует увеличению грузоподъемности подшипника).

При этом частоты вращения и нагрузки, прилагаемые к подшипникам во время приработки, указываются в рабочей программе испытаний подшипника; все последующие виды испытаний проводятся только после выполнения программы приработки.

2. Оптимизация монтажного зазора, по результатам которого определяется оптимальная величина монтажного зазора для каждого типа подшипника.

3. Определение минимально необходимой прокачки масла для нормальной работы подшипников на всех режимах при неограниченном времени эксплуатации.

4. Длительные 100-часовые испытания подшипников скольжения, которые проводятся на режимах, когда частоты вращения втулки, нагрузки и температуры масла на входе в подшипник близкими к максимальным.

5. Циклические испытания, целью которых является проверка работоспособности подшипника скольжения, при многократных запусках и остановах.

Один цикл испытаний состоит из работы подшипника с температурой масла на входе 100°С:

- На частоте вращения втулки и нагрузке соответствующих длительному режиму работы (крейсерскому для авиадвигателя) в течение 8 минут;
- На частоте вращения втулки и нагрузке соответствующих максимальному режиму работы (взлётному для авиадвигателя) в течении 10 минут;
- На частоте вращения втулки и нагрузке соответствующих длительному режиму работы (крейсерскому для авиадвигателя) в течение 8 минут;
- Остановка с не менее 10 минутной паузой.

6. Испытания на режиме авторотации необходимы для проверки работоспособности подшипника, работающего в узле авиадвигателя и определяют работоспособность подшипника при малых прокачках масла, малых нагрузках и большом угле подвода смазки.

7. Испытания с измерением толщины масляной пленки.

8. Испытания с перекосом оси подшипника проводятся на каждом типе подшипника при использовании специальных нажимных болтов, позволяющих изменять положение оси вращения подшипника. Нажимные болты должны обеспечить перекося осей в пределах от 0 до 1/1000 рад.

9. Специальные испытания [1]:

9.1. Испытания подшипника при температуре масла на входе 140 0С в течение 15 мин на режиме:

- Частота вращения втулки максимальная рабочая;
- Нагрузка максимальная рабочая.

9.2. Испытания подшипника продолжительностью 30 секунд без подачи масла на режиме:

- Частота вращения втулки максимальная рабочая;
- Нагрузка максимальная рабочая.

9.3. Испытания подшипника с перегрузкой до 25%.

Так как в конструкции подшипников применяются различные антифрикционные покрытия (из керамоматричных композитов, металлов, фторопластового типа, бронзовые, маслянитные и т.д.) [2...5], то необходимо учитывать, что антифрикционные свойства материалов наглядно проявляются лишь в условиях несовершенной смазки (или при трении без смазки), поэтому программа испытаний должна предусматривать отработку различных режимов работы подшипника с постепенным понижением количества прокачиваемого через него масла с комфортных рабочих значений до минимально потребных, при которых он способен сохранять работоспособность хотя бы в течении одного часа.

При этом стендовое оборудование должно быть оснащено механизмом полного аварийного останова, чтобы можно было зафиксировать момент разрушения покрытия и провести его последующее детальное исследование.

Список использованных источников:

1.Равикович Ю. А., Ермилов Ю. И., Холобцев Д. П., Ардатов К. В., Напалков А. А., Шах Д. И. Экспериментальное исследование работы подшипников скольжения с жидкостной смазкой в нештатных режимах // Труды МАИ, 2011, №46

2.Фертиков А.О., Силуянова М.В. Усовершенствование узлов трения силовых установок путем нанесения напыляемых покрытий из керамических композитов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2018. Т.17, №2. С.122-131.

3.Фертиков А.О., Силуянова М.В. Расчет прочности сцепления покрытия из карбонитрида титана с металлическим материалом основы при проектировании подшипника редуктора двигателя ПД-14 // Авиационная промышленность. 2020., № 1-4. С.30-35

4.Фертиков А.О., Силуянова М.В. Усовершенствование узлов трения силовых установок путем нанесения напыляемых покрытий из керамических композитов // 16-я Международная конференция «Авиация и космонавтика — 2017» Москва, 2017 г, Тезисы, Изд. «Люксор», 2017 — 728 с.

5.Фертиков А.О., Силуянова М.В. Модификация рабочих поверхностей деталей авиадвигателей покрытиями из керамокомпозитов // Молодёжь и будущее авиации и космонавтики — 2018. Сборник аннотаций. Изд. «Люксор», 2018 — 352 с.

Технические проблемы и перспективы развития проектирования гиперзвуковых крылатых ракет

Царьков С.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гусейнов А.Б.

МАИ, Москва

Гиперзвуковой поток характеризуется физическими явлениями, которые не могут быть проигнорированы при проектировании гиперзвуковых крылатых ракет (ГЗКР). Во-первых, важно учесть, что гиперзвуковой поток высокотемпературный, что приводит к определенным химическим реакциям с поверхностью аппарата, диссоциации молекул и ионизации атомов. Во-вторых, влияние скачков уплотнения также велико: в гиперзвуковой ракете система скачков уплотнения действует как снаружи аппарата, так и внутри, используется в процессе работы двигательной установки. В-третьих, за скачком уплотнения из-за влияния угла атаки образуются сжатые потоки газа под крыльями и корпусом, а при вязком течении (при $M > 3$) на поверхности аппарата образуется вязкий ударный слой, что вносит коррективы в проектирование конструкции ГЗКР. Эти и другие физические свойства гиперзвукового потока создают технологические сложности при реализации комплексных программ по разработке ГЗКР.

На этапе проектирования внешнего облика необходимо решить задачи по выбору оптимальных массово-геометрических характеристик и аэродинамической схемы. Данная проблема для БЛА решается с применением систем автоматизированного проектирования. Этап включает баллистическое проектирование — определение траекторных характеристик и потребного запаса топлива; определение геометрических размеров БЛА; необходимую устойчивость и маневренность по траектории. Также имеют место сложности в проектировании систем управления, аэродинамических, аэрогазодинамических рулей и сложности в управлении ламинарно-турбулентным переходом пограничного слоя для снижения сопротивления трения [1, с. 92].

Переход в области больших гиперзвуковых скоростей полёта ($M \geq 6-7$) на больших высотах ($H \geq 20$ км) требуют использования гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ГПВРД). Главная сложность при создании таких установок — сохранение сжатого потока сверхзвуковым по всему газозвдушному тракту двигателя, включая камеру сгорания. Преимуществом использования данного типа двигателей является отсутствие компрессора для сжатия воздуха, так как входящий поток является уже сжатым за счет высокой скорости, стискивания поверхностями сужающегося канала или конфузора в виде сужающейся воронки. Скачки уплотнения используются по всей геометрии канала для уплотнения и нагрева потока. Используются топлива с детонационным механизмом горения. В качестве топлива можно рассматривать углеводородные горючие (например, JP-7, JP-10), а в перспективе суспензионное горючее на основе технического углерода, бора, боридов, алюминия. Ключевые проблемы при создании двигателей для ГЗКР: разработка методики торможения потока перед входом в камеру сгорания; гарантия устойчивого запуска воздухозаборника, вырыска и воспламенения топлива, стабилизации горения и др.; проектирование малогабаритных камер сгорания; разработка многорежимных гиперзвуковых сопловых устройств и теплоизоляционных материалов [1, с. 94].

При увеличении скорости до $M=7-8$ элементы планера испытывают нагрев до 1200°C . Поэтому, создание высокотемпературных композиционных материалов (КМ) и жаропрочных конструкций — актуальная проблема. При полёте на скорости $M=5$ используются жаропрочные сплавы на основе стали и алюминидов титана. С увеличением скорости $M \geq 6-8$ требуется использование новых решений, конструктивных схем элементов и технических процессов их изготовления. Особенностью данных решений является стремление избежать существенного утяжеления конструкции и уменьшения полезных объёмов фюзеляжа КР. Проблемы данной отрасли: определение локальных и интегральных тепловых потоков; расчетно-экспериментальные исследования характеристик материалов; целесообразное сочетание жаропрочных материалов в элементах конструкции ГЗКР [1, с. 96].

Летом 2020 года Министерство обороны сообщило, что Россия успешно завершает испытания ракеты «Циркон», противокорабельной КР ($M \geq 8$, $L > 500$ км). 21 января 2021 года Министр обороны РФ С.К. Шойгу сообщил, что сформирован авиационный полк, вооруженный самолетами МиГ-31К с гиперзвуковой ракетой «Кинжал» ($M = 10 \div 12$, $H > 20$ км, $L > 2000$ км). В США ведутся испытания AGM-183A ARRW ($M \leq 17$). Разработки и испытания также активно ведутся в КНР, КНДР, Японии и во Франции. Можно полагать, что человечество достигнуто успехи в решении технических проблем конструирования ГЗКР, но исключительно относительно имеющегося научно-технического задела. Вышеперечисленные проблемы можно считать перспективами развития данной области вооружения в ближайшее время.

Список использованных источников:

1. Гусейнов А.Б. Особенности разработки крылатых ракет: Учеб. Пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2015.
2. Гусейнов А.Б., Трусов В.Н., Туркин И.К. Проектирование крылатых ракет: Учебник / Под ред. А.Б. Гусейнова. — М.: Изд-во МАИ, 2021.
3. Гиперзвуковая скорость // Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гиперзвуковая_скорость (дата обращения 26.02.2022).

Двухщелевой закрылок самолёта короткого взлёта и посадки

Черняков А.С., Меманишвили Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кириакиди С.К.

ВГТУ, Воронеж

Важной и актуальной задачей совершенствования современного летательного аппарата (ЛА) является улучшение его взлетно-посадочных характеристик. Одним из основных вариантов здесь может быть возможность улучшения механизации крыла. Результатом эффективной механизации является снижение посадочной скорости и скорости отрыва, уменьшение взлетной и посадочной дистанции.

Цель работы — разработка конструктивной схемы эффективного двухщелевого закрылка самолета короткого взлета и посадки (СКВП).

Рассмотрен двухщелевой закрылок, состоящий из основного звена и дефлектора, жестко связанных между собой стенками. По верхней поверхности закрылков (левого и правого) подвижно, по направляющим, установлены сдвижные панели (по всему размаху закрылков) с возможностью перемещения при действии винтового механизма. Винтовой механизм установлен в хвостовой части крыла от заднего лонжерона и шарнирно соединен с кронштейном (первым) нижней поверхности сдвижной панели. На крейсерском режиме полета аэродинамический канал между основным звеном и дефлектором сверху перекрыт носовой частью сдвижной панели, а снизу — носовым поворотным щитком основного звена закрылка, который шарнирно установлен по передней части всего размаха основного звена. При этом носовой щиток закрылка шарнирно, через промежуточную качалку и поворотную складывающуюся тягу, связан с кронштейном (вторым), установленным по торцу (левому и правому) сдвижной панели.

Особенностью сдвижной панели является то, что она состоит из двух частей — основной и хвостовой, шарнирно соединенных между собой с возможностью разворота хвостовой части (хвостового звена) на необходимый угол при перемещении сдвижной панели по направляющим и выходе в поток хвостового звена.

Работа привода закрылка со сдвижной панелью осуществляется следующим образом. При работе винтового механизма закрылок по рельсам перемещен в поток и развернут на необходимый угол с образованием аэродинамического канала — первого (между хвостовой частью крыла и дефлектором закрылка). Дальнейшая работа винтового механизма приводит к перемещению сдвижной панели назад по потоку с одновременным поворотом на необходимый угол носового щитка основного звена закрылка за счет кинематической связи между ними. В результате открыт второй аэродинамический канал (между основным звеном

и дефлектором закрылка), при этом увеличена площадь и кривизна закрылка и, соответственно, — крыла.

Дополнительно кривизна крыла увеличена за счет поворота хвостового звена сдвижной панели, причем поворот выполнен с учетом кинематической связи хвостового звена и основной части закрылка.

При этом увеличена площадь и кривизна крыла взлетно-посадочной конфигурации по сравнению с результатом работы обычного закрылка, а также увеличена эффективность аэродинамического канала между дефлектором и основным звеном при работе его носового щитка. Следствием чего является большее увеличение подъемной силы крыла с рассматриваемой механизацией на режимах взлета и посадки по сравнению с традиционным двухщелевым закрылком.

Список использованных источников:

1. Мхитарян А.М. Аэродинамика: учебник/А.М. Мхитарян — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1976. 448 с.

Прогнозирование перспективных объёмов заказа проектируемого самолёта

Чечуля А.С.

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

МАИ, Москва

Настоящее исследование посвящено вопросам прогнозирования внутреннего рынка широкофюзеляжных пассажирских самолётов. Его практическая значимость связана с потребностью в проведении качественных маркетинговых оценок в рамках внешнего проектирования, так как успешность проекта напрямую связана со спросом потенциальных заказчиков [1].

Потребность в производстве обеспечивается несоответствием провозных мощностей совокупного парка страны объёму внутреннего спроса на дальние авиаперевозки. Причинами могут стать рост непосредственно объёма пассажиропотока, а также снижение провозной способности совокупного парка, связанное с динамикой выбытия и характером пополнения техники, изменением её эксплуатации (например, необходимость снижения плотности заполнения пассажирского салона). Значение имеют именно комбинации указанных факторов. В результате них возникает дефицит провозных способностей, который предстоит покрыть.

Если говорить о масштабных прогнозах рынка, то методика может заключаться в следующем: прогнозирование развития рынка АТ осуществляется на основе специально разработанных моделей, в которые закладываются зависимости, содержащие исходные данные и предиктивную динамику набора параметров [2, 3]. Набор может включать объёмы производств, параметры экономического роста, темпы развития удалённых регионов, цены на нефть, ужесточение экологических стандартов, тенденции (де)глобализации, бизнес модели авиакомпаний и авиастроительных компаний, продажи новых самолётов, авиационная подвижность населения.

Для выполнения прогнозов может также использоваться упрощённая методика на базе взаимосвязи объёмов авиаперевозок с величиной ВВП [4], однако такая зависимость в силу временной задержки взаимовлияния обязательно будет содержать большую постоянную погрешность, определение величины которой представляет дополнительную сложность.

В данной работе используется сценарный подход и в рамках, рассматриваемых благоприятного, базового и неблагоприятного, сценариев определим в единицах ЛА совокупный дефицит дальнемагистральных самолётов у отечественных авиаперевозчиков в каждом году n на период до 2035 года. Для этого определим годовой объём располагаемой транспортной работы, измеряется в пассажирокилометрах.

Сначала определим провозную способность каждого самолёта из парка (годовой объём транспортной работы, который можно выполнить этим самолётом). Затем необходимо их просуммировать и задастся дальнейшей погодовой динамикой изменения количества ЛА каждого типа, опираясь на сценарные концепции.

Спрос определяется на основе отчётов Росавиации и прогнозируется на последующие годы введением зависимостей с применением коэффициентов, также отражающих концепции каждого сценария.

На основе полученных результатов можем заключить: появление в прогнозной перспективе условий и допущений неблагоприятного сценария приведёт к отсутствию спроса на отечественные широкофюзеляжные самолёты. Однако, напротив, наличие мер стимулирования списания устаревших самолётов и отказа от лизинга иностранных сможет обеспечить ежегодный объём заказов необходимый для рентабельности производства. Это отражает и базовый и, тем более, благоприятный сценарии, которые прогнозируют большой спрос самолётов к 2035 году.

Список использованных 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. Стрелец, Д. Ю. Подход к управлению жизненным циклом изделия авиационной техники с использованием цифровых технологий / Д. Ю. Стрелец, С. А. Серебрянский, М. В. Шкурин // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): Материалы двенадцатой между-народной конференции, Москва, 01–03 октября 2019 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. — Москва: Международный науч-но-исследовательский институт проблем управления РАН, 2019. — С. 776-783. — DOI 10.25728/mlsd.2019.2.0776.

3. Improving the Efficiency of Production Processes of Enterprises of the Aviation Industry / S. Serebryansky, B. Safoklov, I. Pochebneva, V. Lepeshkin // XIV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2021”: Conference proceedings, Ростов-на-Дону, 24–26 февраля 2021 года. — Ростов-на-Дону: Springer, 2022. — P. 1005-1019. — DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_91.

4. Авиационный рынок России 1997-2015 гг. — М.: Авиационный сер-тификационный центр ГосНИИ ГА, 1997.

Анализ проблем аэроупругости БПЛА на солнечной энергии

Чэнь Лэй

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

МАИ, Москва

В последние годы из-за энергетического и экономического кризиса все страны ищут способы использования возобновляемых источников энергии для замены традиционных источников. В области авиации солнечная энергия является эффективным возобновляемым источником энергии. Основа любого вида авиационной техники — это его двигатель. Двигателестроительная промышленность без своевременной цифровизации будет тормозить конкурентоспособность авиационной продукции на мировом рынке [1]. Сегодня исследования БПЛА на солнечной энергии являются актуальными и вызывают интерес во всем мире.

БПЛА на солнечной энергии отличаются от традиционных летательных аппаратов экологичностью и большой продолжительностью полета, могут широко использоваться как для мониторинга земли, так для связи и в других областях. По сравнению с искусственными спутниками земли, БПЛА на солнечной энергии не ограничены высотами полета, могут постоянно находиться в определенном воздушном пространстве.

Конструкция БПЛА на солнечной энергии имеет следующие особенности:

- Маленькая удельная нагрузка на крыло (в десять раз меньше, чем у традиционных низкоскоростных БПЛА);
- Маленький удельный вес;
- Большое удлинение крыла.

Данные особенности конструкции крыла приводят к большей его деформации в полете, в связи с этим, проблема аэроупругости для БПЛА на солнечной энергии является очень

актуальной. Однако, повышение жесткости и прочности конструкции агрегатов крыла с учётом частот собственных и вынужденных колебаний [2] противоречит требованию снижения массы. Выбор легкого и высокопрочного конструкционного материала, а также формирование рациональной конструктивно-силовой схемы являются основными техническими проблемами [3] при разработке БПЛА на солнечной энергии. Кроме того, проблема аэроупругости приводит еще и к снижению эффективности фотоэлектрических преобразователей. Таким образом, вопросы аэроупругости должны учитываться как на этапах проектирования, так и на этапах оптимизации БПЛА на солнечной энергии.

Особенности анализа аэроупругости БПЛА на солнечной энергии включают:

- Геометрические нелинейные эффекты из-за больших деформаций;
- Нестационарную аэродинамику;
- Из-за широкого использования композитных материалов в конструкции планера — необходимость учета их механических характеристик.

Для оценки функциональной эффективности исследуемого БПЛА, учитывая большое удлинение крыла и особенности его конструкции потребуется определение и анализ массово-инерционных характеристик ЛА которые можно выполнить с использованием «Цифровой платформы весового проектирования» [4,5].

В статье рассматриваются проблемы аэроупругости БПЛА на солнечной энергии, пути их решения, современные методы анализа, предлагается использовать CFD-CSD подход для проведения исследований.

Список использованных 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. Федоров, Р. В. Частотная отстройка элементов конструкции планера воздушного судна / Р. В. Федоров, С. А. Серебрянский // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2021. — № 1(109). — С. 5. — DOI 10.18698/2308-6033-2021-1-2048.

3. Безуевский, А. В. Исследования весовой эффективности и характеристик аэроупругости самолета с крылом большого удлинения с подкосом / А. В. Безуевский, Ф. З. Ишмуратов // Прочность конструкций летательных аппаратов: Сборник статей научно-технической конференции «Прочность конструкций летательных аппаратов», Жуковский, 08–09 декабря 2016 года. — Жуковский: Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н.Е. Жуковского, 2017. — С. 287-288.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665695 Российская Федерация. Сервис весовой модели летательного аппарата: № 2021664792: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Серебрянский, С. А. Кантимиров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665696 Российская Федерация. Клиент сервиса весовой модели летательного аппарата: № 2021664790: заявл. 22.09.2021: опубл. 30.09.2021 / Д. Ю. Стрелец; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт».

Методы снижения температурного нагрева конструкции скоростного самолёта при длительном полёте

Ширяев А.В.

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

МАИ, Москва

Конкурентоспособность перспективных как гражданских, так и военных летательных аппаратов — это такой уровень их экономических, технических и эксплуатационных свойств, который позволяет выдержать конкуренцию с другими самолетами [1]. В настоящее

время сверхзвуковые самолёты в определенном сегменте внешнего и внутреннего рынка характеризуются способностью удовлетворять требованиям потребителей.

При достижении больших сверхзвуковых скоростей полёта возникает проблема — обеспечения прочности конструкции в условиях нагрева. В полёте с такими скоростями повышается температура воздуха, обтекающего поверхность ЛА, что приводит к нагреву самой конструкции, так называемый «аэродинамический нагрев», особенно при длительных полётах на больших скоростях.

Данная тема важна как для гражданской авиации и скоростных лета-тельных аппаратов, скорость которых не превышает $M=1.5$, так и для самолётов специального назначения, у которых скорость полёта $M \geq 2.5$.

Нагрев летательного аппарата в полёте преимущественно происходит из-за двух факторов: от аэродинамического торможения потока воздуха и от тепловыделения силовой установкой. Оба этих процесса являются взаимодействиями между средой (воздухом, выхлопными газами) и обтекаемым телом (самолетом, двигателем).

В результате аэродинамического нагрева, вызываемого вязкостью воз-духа обтекающего летательный аппарат, происходит стремительный рост температур элементов конструкции планера, что приводит к снижению их эксплуатационных и технологических свойств, а так же изменению частотных характеристик [2, 3].

Существующие методы решения данного вопроса:

- Использование в конструкции скоростных самолётов стальных сплавов как основного конструкционного материала (на примере ВНС-5, ВКС-6 и ВКС-10);

- Применение в конструкции титановых сплавов [4];

- Использование активного охлаждения, задействовать свойства тепло-ёмкости и теплопередачи топлива на борту самолёта;

- Усовершенствование аэродинамической компоновки (увеличение стреловидности и радиуса закругления носка крыла, радиопрозрачного конуса [5]);

- Использование трёхслойных панелей с наполнителями различной кон-фигурации;

- Внедрение композиционных материалов класса «углерод-кремний», «углерод-углерод» и иных неметаллических материалов;

- Использование внутренней теплоизоляции в зонах повышенной ответственности (отсеки радиоэлектронного оборудования, панели воздухозаборника и т.д.)

Таким образом, варианты снижения воздействия данного явления разнообразны. От замены конструкционных материалов панелей и обшивки на титановые или стальные сплавы, до конструктивных решений для использования топливных магистралей. Поэтому, на этапе проектирования, перед конструкторами возникает задача выбора того или иного варианта защиты, более рационального по эффективности и массе для проектируемого самолёта [6].

Список использованных 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 самолета / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал с приложением. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.

3. Федоров, Р. В. Частотная отстройка элементов конструкции планера воздушного судна / Р. В. Федоров, С. А. Серебрянский // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2021. — № 1(109). — С. 5. — DOI 10.18698/2308-6033-2021-1-2048.

4. Современные авиационные конструкционные сплавы: учеб. пособие / В.Н. Климов, Д.М. Козлов. — Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. — 40 с.

5. Varabanov, A. V. Substantiation of choosing rational appearance of nose of aircraft with the use of mathematical modeling / A. V. Varabanov, S. A. Serebryansky // Aerospace Systems. — 2021. — Vol. 4. — No 2. — P. 171-177. — DOI 10.1007/s42401-020-00079-2.

6. Проектирование самолётов / под ред. М.А. Погосяна. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Инновационное машиностроение, 2018. — 864 с.: ил. ISBN 978-5-6040281-5-5.

Секция №1.3 Математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия

Имитационная модель замкнутой системы «самолёт — автопилот угла тангажа»

Дружинин А.А.

Научный руководитель — Демченко А.Г.

МГТУ ГА, Москва

Автопилоты — это средства автоматического управления и стабилизации углового положения самолёта путём автоматического отклонения рулей (рулей высоты, руля направления, элеронов) при возникновении отклонений текущих значений углов тангажа, курса и крена от заданных.

В работе представлены результаты применения метода математического моделирования к решению классической задачи «самолет-автопилот угла тангажа». Рассмотренный автопилот описывается системой линеаризованных дифференциальных уравнений, с которым неудобно работать, как с математическим объектом моделирования.

Задача расчета параметров в законах управления автопилотов углов тангажа сводится к определению передаточных коэффициентов и постоянных времени закона управления автопилота, обеспечивающих требуемые для автоматического управления значения динамических показателей управляемости.

Используя известные математические приемы получаем систему передаточных коэффициентов и закон управления нашей системы.

Структурная модель нашей замкнутой модели «самолет-АП» реализована с помощью имитационной моделью в среде SimInTech для упрощения анализа и вывода сложных зависимостей.

В ходе имитации были смоделированы режимы исправной работы, а также режимы возникающие при отказе датчиков.

Высокие требования к отказобезопасности элементов САУ привели к необходимости применения математического моделирования на испытательских стендах на этапе инструкторирования системы, которые надежно определяют вероятность какого либо отказа в не классической ситуации самолета.

При этом снижается вероятность появления значительных дефектов воздушного судна и повышение его надежности во время эксплуатации.

Список использованных источников:

1. Воробьев В.Г., Кузнецов С.В. Автоматическое управление полетом самолетов. — М.: Транспорт, 1995. — 448 с.

Модель оценки функционального состояния конструкции планера воздушного судна военно-транспортной авиации при повреждении крепёжных элементов в продольных и поперечных стыках

Елизаров П.В., Зубарев П.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Агаев Р.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В связи с усложнением и обострением геополитической обстановки, появилась угроза воздействия зенитных средств по воздушным судам военно-транспортной авиации (ВС ВТА) которые выполняют специальные задачи при действии на территории конфликтов в открытой фазе. Результаты экспериментальных исследований и моделирования показали, что при воздействии управляемых ракет «воздух-воздух» по неманевренным и ограниченно-маневренным ВС, одной из основных причин поражения является разрушение конструкции планера ВС. В результате воздействия поражающих элементов боевой части ракеты

конструкция планера получает боевые повреждения и может оказаться в различных функциональных состояниях — поражена, повреждена, исправна.

Анализ результатов исследований в области оценки живучести конструкции планера при воздействии средств поражения позволяет утверждать, что в существующих моделях и методиках оценки функционального состояния конструкции планера не рассматривается повреждение крепежных элементов в продольных и поперечных стыках, а градация функционального состояния конструкции планера осуществляется без учета потери устойчивости.

Задачей исследования является разработка модели оценки функционального состояния конструкции планера. Следует иметь в виду, что при оценке функционального состояния необходимо учитывать повреждения крепежных элементов в продольных и поперечных стыках, а при формировании закона поражения конструктивных элементов учитывать потерю устойчивости.

Оценка функционального состояния конструкции планера основана на конечно-элементном расчете модели крыла, то есть определения напряженно-деформированного состояния конструкции в случае максимальной аэродинамической нагрузки с определением коэффициента запаса прочности конструкции по отношению к величине этой нагрузки. Конечно-элементная модель конструкции разрабатывалась с использованием конструкторской документации ВС ВТА Ан-26 помощью программного комплекса PATRAN/NASTRAN. Отличительной особенностью модели является учет неравномерного распределения напряжений, возникающих в поврежденной конструкции. Данное значение получено при сопоставлении значений нормальных растягивающих напряжений, возникающих в элементах смоделированного стандартного образца, соответствующего ГОСТ 1497-80, с результатами натурного эксперимента — испытания образца на растяжение по ГОСТ 1497-80.

В качестве критерия разрушения в модели принят критерий максимальных напряжений: оценивались эквивалентные напряжения (Von Mises), растягивающие и сжимающие напряжения (Max Principal и Min Principal). Оценка функционального состояния конструкции СЧК и ОЧК производится при поэтапном удалении конечных элементов эквивалентных каждому попавшему ПЭ для каждой реализации путем сравнения фактической величины запаса прочности с предельным значением при действующей максимальной нагрузке.

Также, в качестве дополнительного критерия остаточной прочности был проведён анализ нервюры на устойчивость с использованием решателя MSC Nastran sol105 «Buckling». Оценка функционального состояния производится аналогичным образом, путем сравнения фактической величины запаса устойчивости неповрежденной конструкции с предельным значением при действующей нагрузке после попадания ПЭ.

К вопросу построения профиля крыла

Смирнова А.В., Ситнова Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Богданова С.Б.

МАИ, Москва

В курсе теории комплексного переменного изучаются элементарные комплексные функции [1-2], используя геометрические свойства некоторых из них можно моделировать профиль хорошо обтекаемого тела, называемого крылом. Как известно из курса аэродинамики [3], хорошо обтекаемые тела должны иметь удлиненную (в направлении обтекания потока) форму, плавно заостряющуюся в направлении обтекания. Другими словами, крыло должно иметь тонкую заднюю кромку, с закруглением спереди. Именно такая форма мешает быстрому возрастанию давления вдоль тела, которое является основной причиной отрыва воздушных потоков и, как следствие, резкому падению подъемной силы.

Перечислим комплексные функции и их свойства, необходимые для построения такого профиля. Во-первых, дробно-линейная функция. Её свойство — «распрямлять» те окружности, которые проходят через ее особую точку. Конформность отображения,

задаваемого дробно-линейной функцией, также играет большую роль в построении профиля крыла. Во-вторых, квадратичная функция и ее свойство увеличивать в два раза углы с вершиной в начале координат.

Последовательная композиция дробно-линейной и квадратичной функций позволяет с помощью функции Жуковского отобразить внешность окружности, проходящую через действительную точку a и касающуюся в ней внутренним образом окружность, проходящую через две действительные точки a и $-a$, на внешность профиля крыла с задней кромкой в действительной точке a [4].

Программа, код которой расположен по адресу <https://gitfront.io/r/GreenSubstance/91acbf827eba0984910d06ef5f82f82bcc28283e/Joukowski-Airfoil/>, написана на языке C++ и позволяет наглядно демонстрировать как меняется профиль крыла в зависимости от входящих параметров: центра и радиуса отображаемой окружности, которые формируют кривизну и толщину крыла, а также числа, входящего в функцию Жуковского и определяющий длину крыла.

Так же построение профиля крыла можно осуществить и с помощью системы компьютерной математики MAPLE 17: при этом для построения достаточно задавать параметр « a », радиус изначальной окружности, и угол наклона касательной к окружности в данной точке.

Данная версия реализована и доступна по адресу: <https://github.com/Talasari/Zhukovskiy-Kasatel-naua>.

Согласно теореме Жуковского, подъемная сила крыла прямо пропорциональна циркуляции скорости вокруг него. Таким образом, меняя профиль крыла, можно непосредственно изменять его подъемную силу.

Список использованных источников:

1. Свешников А.Г. Теория функций комплексной переменной / А.Г. Свешников, А.Н. Тихонов. — М.: Наука. 1970. — 304 с.
2. Маркушевич А. И. Краткий курс теории аналитических функций. М.: Наука. 1966. — 388 с.
3. Ландау Л.Д. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Наука. 1988. — 733 с.
4. Богданова С.Б. Основы теории конформных отображений с примерами решения задач / С.Б.Богданова, С.О.Гладков. — М.: Принтика. 2020. — 100 с.
5. Богданова С.Б., Ситнова Д.Д. Построение профиля крыла в изучении теории функции комплексного переменного. Материалы 7 Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы физико-математических наук», г. Орел, 18–21 ноября 2021. С. 530–535.

Программный комплекс оценки эффективности применения прямой и обратной индикации авиагоризонтов

Снеговских М.А.

Научный руководитель — Федоркевич И.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Одним из существенных факторов, влияющих на уровень безопасности полетов, является осведомленность летчика (экипажа) о работоспособности авиационной техники, о параметрах функционирования систем, о пространственном положении летательного аппарата, о степени его приближения к эксплуатационным ограничениям и о требуемых манипуляциях командными рычагами управления для успешного выполнения целевой задачи пилотирования.

Анализ применяемой на эксплуатируемых в Вооруженных Силах Российской Федерации летательных аппаратах индикации позволяет утверждать, что несмотря на результаты многочисленных исследований в области поиска наилучших с точки зрения информационного обеспечения летчика (экипажей) типов и форматов, фактическое их исполнение определяется чаще всего совершенно иными причинами:

- Традициями конструкторских бюро, приводящими к переносу форматов кабиной индикации с одного типа на другой, иногда существенно отличающийся с точки зрения целевых задач пилотирования тип летательного аппарата;

- Недостаточным финансированием для проведения исследований и модернизации уже созданного информационного поля кабин;

- Попыткой «гармонизировать» внешний вид индикации отечественных летательных аппаратов с иностранными типами в интересах повышения их конкурентоспособности на авиационном рынке;

- Переносом форматов индикации, созданной для летательных аппаратов российского производства по требованиям иностранного заказчика на образцы, создаваемые для эксплуатации в Российской Федерации.

Описанная ситуация привела к тому, что на летательных аппаратах, эксплуатируемых в Вооруженных Силах российской Федерации, применяется принципиально различная индикация.

Так, на самолете МиГ-29КР шкала тангажа вращается по крену, а индекс самолета неподвижен. На самолетах ОКБ Сухого напротив, индекс крена вращается, а шкала тангажа по крену неподвижна. Следовательно, остается открытым вопрос об эффективности использования того или иного способа отображения углов крена и тангажа, перегрузки, угла атаки и вертикальной скорости.

Целью работы является разработка методики создания имитационных моделей кабиной индикации летательных аппаратов и проведение исследований с целью оценки ее эффективности.

Для достижения цели исследования использовались математическое и имитационное моделирование и решались следующие задачи:

- Разработка имитационных моделей прямого и обратного авиагоризонтов;

- Разработка Simulink- модели динамики полёта летательного аппарата;

- Проведение экспериментов по оценке эффективности прямого и обратного авиагоризонтов.

Аппаратно-программный комплекс лазерной дефектоскопии остекления кабин самолётов «Спекл»

Степанов А.Р.

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

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Согласно статистики авиационных происшествий и инцидентов с 2016 года по настоящее время увеличилось число случаев разрушения и выхода остекления из заделки из кабин самолетов оперативно-тактической авиации.

Для контроля технического состояния элементов остекления кабин самолетов оперативно-тактической авиации в эксплуатации дополнительного проводятся работы специалистами группы регламента и ремонта по оценке степени выхода остекления из заделки с использованием «ленточного метода». Данный способ диагностики основан на установке по периметру остекления фонаря кабины воздушного судна бумажных индикаторов, создании избыточного давления в кабине ВС на заданную величину, измерении расстояния отклонения индикаторов от их начального положения [1]. Недостатком данного способа является низкая вероятность обнаружения и прогнозирования динамики развития дефектов на ранних стадиях.

Кроме этого существует способ диагностирования заделки остекления фонаря кабины основанный на приеме импульсов от датчиков акустической эмиссии (АЭ) [2]. Недостатком данного способа является низкая вероятность выявления дефекта, обусловленная низкой вероятностью обнаружения сигнала акустической эмиссии при приемлемых нагрузках контроля вследствие того, что сигналы акустической эмиссии являются шумоподобными,

поскольку акустическая эмиссия есть стохастический импульсный процесс, что не позволяет дать численную оценку величины выхода остекления из заделки.

Для повышения вероятности выявления внутренних дефектов в элементах остекления кабин ВС предлагается использовать способ определения дефекта в заделке остекления кабины воздушного судна, основанном на анализе параметров спекл-полей, регистрирующихся от контролируемых участков заделки воздушного судна от состояния покоя до создания избыточного давления [3].

Для реализации предлагаемого способа разработан экспериментальный образец аппаратно-программного комплекса лазерной дефектоскопии (АПК ЛД) «СПЕКЛ», состоящий из оптико-электронной системы генерирования и регистрации спекл-полей от участков остекления кабины самолетов, а так же оригинальный программный комплекс, позволяющий по анализу изменения параметров регистрируемых спекл-полей определять изменение свойств остекления кабины, а так же вычислять расстояние на которое перемещаются элементы остекления при создании избыточного давления внутри кабины [4].

В работе представлены результаты войсковых испытаний АПК ЛД «СПЕКЛ» в ходе которых доказана эффективность использования разработанного комплекса при определении величины выходов остекления из заделки при создании избыточного давления внутри кабины и диагностики дефектов в структуре органического стекла [5].

Список использованных источников:

1. Методические рекомендации по эксплуатации и восстановлению деталей остекления из органического стекла воздушных судов государственной авиации РФ в условиях заводского и войскового ремонта. Выпуск ГИ ВВС, Москва 2015 г. 16 с.
2. Патент RU 2722400. МПК В64F 5/00. опубл. 28.06.2018. Бюл. №16.
3. Патент RU 2759038. МПК В64F 5/00. опубл. 19.11.2021. Бюл. №31.
4. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020619977 от 26.08.2020 г.
5. Владимиров А.П., Каманцев И.С., Друкаренко Н.А., Павлов П.В., Евсин А.О. Спекл-диагностика элементов остекления кабин воздушных судов из органического стекла // Авиационная промышленность № 3-4. 2021. С. 97 — 103.

Исследование движения тяжёлого неманевренного самолёта путём математического моделирования

Филатов В.К., Федотов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Костин П.С.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Для безопасной эксплуатации самолета необходимо определить его характеристики устойчивости и управляемости на всех возможных режимах полета. Учитывая, что стоимость одного часа полета дальнего тяжелого самолета с изменяемой стреловидностью крыла равна, примерно, 10 млн. рублей, определить характеристики устойчивости и управляемости самолета (т.е. безопасные области выполнимости полета и боевые возможности) во всем заявленным изготовителем эксплуатационном диапазоне полета, исключительно в рамках летных экспериментов не представляется возможным. Следовательно, работа по созданию инструмента, позволяющего путем математического, полунатурного или имитационного моделирования определять характеристики полета самолета является актуальной. С другой стороны, современные достижения науки и техники в области цифровых вычислителей позволяют разрабатывать на ПЭВМ математические модели динамики пространственного движения современных самолетов.

Создание имитационной модели дальнего тяжелого самолета с изменяемой стреловидностью крыла состоит из нескольких этапов: формирование системы дифференциальных уравнений, описывающих движение самолета как материальной точки (скорости и угловые скорости относительно осей связанной системы координат, углы крена, тангажа, рыскания); создание блоков расчета аэродинамических сил и моментов (продольная, нормальная и поперечная силы, моменты тангажа, крена и рыскания); создание

блока расчета результирующих сил на оси связанной системы координат; создание блока расчета силовой установки; создание блока управления стреловидностью крыла; создание блока расчета параметров стандартной атмосферы; создание блока имитационных алгоритмов управления самолетом; создание блока визуализации движения самолета в пространстве; создание блока начальных условий; создание блока расчета шасси.

Для формирования блока расчета аэродинамических сил и моментов использовались зависимости аэродинамических коэффициентов (подъемной силы, лобового сопротивления, боковой силы, моментов тангажа, крена, рыскания).

Разработанная имитационная модель динамики полета тяжелого самолета с изменяемой стреловидностью крыла позволяет оценить пилотажные характеристики продольного движения самолета при ручном управлении и путем имитационного моделирования.

Цифровой двойник как новая форма управления жизненным циклом изделия

Хохлова А.Ю., Черкунов М.А.

Научный руководитель — Шавелкин Д.С.

МАИ, Москва

Быстро растущая сложность аэрокосмических систем значительно опередила традиционные методы разработки. В результате возросшей сложности таких систем затраты, связанные с традиционными видами деятельности в авиационной отрасли, такими как физическое прототипирование, физические испытания и непосредственное/периодическое техническое обслуживание, будут продолжать расти. Виртуальные возможности, которые могут имитировать физическую среду с повышением уровня точности, скорости и детализации, смогут снизить эти затраты. Одной из таких виртуальных возможностей является концепция цифрового двойника.

Перспективы применения цифрового двойника обладают значительными преимуществами и обоснованиями для ускорения четвертой промышленной революции, называемой цифровой трансформацией. Ожидается, что цифровая трансформация, которая является движущей силой технологических достижений на основе моделей, объединенных в рамках Цифрового двойника, значительно ускорит темпы перехода от исследований к внедрению передовых систем и позволит аэрокосмической промышленности успешно конкурировать на мировом рынке благодаря инновациям продуктов и услуг, повышению качества обслуживания клиентов и общему снижению общей стоимости жизненного цикла. Также цифровой двойник авиационной техники позволит полностью изменить подход к управлению жизненным циклом изделия, что внесёт огромный вклад не только в проектирование, но и в сертификацию, постпродажное обслуживание, техническое обслуживание и ремонт. Вкупе возможности цифрового двойника позволят перейти на контракт жизненного цикла изделия авиационной техники, что приведет к цифровизации и упрощению многих бизнес и технических процессов. Подводя итог, можно сказать, что применение цифрового двойника в авиационной сфере позволит сформировать цифровую среду, в которой будет происходить управление жизненным циклом изделия на совершенно новом уровне.

Проблема непризнания отечественных сертификатов европейскими и американскими авиавластями

Чурилин Г.П.

Научный руководитель — Кириллин А.В.

МАИ, Москва

Обеспечение безопасности полетов является главной целью всех участников процесса, начиная с разработчиков-изготовителей, заканчивая эксплуатантами воздушных судов.

На протяжении всего жизненного цикла воздушного судна необходимо контролировать исполнение требований авиационных властей и выдерживать данный показатель на высоком уровне. Этого можно добиться при отлаженной работе всей системы, включая

своевременное обновление и гармонизацию законодательной базы, тем самым постоянно совершенствовать и улучшать состояние отрасли.

Целью работы является демонстрация текущего состояния отечественной сертификационной системы, законодательства, а также недостатков, которые, к сожалению, не дают нам пока подтвердить статус ведущей страны в области авиастроения. Входе статьи предложены ряд шагов, которые необходимо предпринять, для достижения высокого уровня отечественной гражданской авиации.

На первом этапе следует четко распределить полномочия между различными органами авиационной власти, с учетом требований ИКАО. Далее требуется провести гармонизацию отечественного законодательства для упрощения взаимодействия с нашими зарубежными партнерами, а также привести уровень безопасности полетов к мировым показателям.

Для этого потребуется ускорить процесс унификации нашего законодательства с зарубежными аналогами от FAA и EASA, которые являются самыми опытными и влиятельными государственными органами гражданской авиационной власти в мире. Принятые нормы летной годности в ЕС и США, рассматриваются в качестве образца для подражания авиационными властями, практически, всех государств — членов ИКАО, желая в последствии добиться с ними двухстороннего соглашения (Bilateral agreement). Все это дает возможность для выхода отечественной авиационной техники на международный рынок по упрощенной программе, сокращая время поставки изделия эксплуатанту.

Этого мы сможем добиться только путем тесного контакта и участия в международных проектах, наращивая экспертизу. Следует разработать дорожную карту, в соответствии с документом ИКАО № 10004 «Глобальный план обеспечения безопасности полетов», чтобы определить стратегические цели, направленные на существенное повышение безопасности полетов и выдерживания приемлемого для государства уровня данного показателя.

Безопасность полетов — комплексный параметр, пренебрегать которым нельзя, так как он влияет на множество факторов, включая самые основные как сертификация и поддержание летной годности (ПЛГ) на этапе эксплуатации.

Построение модели дрейфа параметров технической системы

Шагинова Е.С.

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

МГТУ ГА, Москва

Отказы таких технических систем (ТС) как воздушные суда могут стать причиной техногенных чрезвычайных ситуаций. Подобные происшествия могут повлечь тяжелые экономические, биологические и социальные последствия, поэтому предупреждение отказов для объектов такого рода является важной задачей. Однако либо особые условия эксплуатации большинства из них не дают возможность решить эту задачу даже при постоянном контроле их параметров, так как в течение определенных интервалов времени техническое обслуживание невозможно в принципе, либо оценка их состояния связана с существенными материальными затратами.

Традиционно оценка надёжности устройств основывается на ресурсных испытаниях (в том числе и на ускоренных испытаниях). Однако для высоконадёжных устройств при проведении испытаний наблюдается небольшое количество отказов или отказы вовсе не наблюдаются. Поэтому в вопросах надёжности приобрели актуальность вероятностные методы, основанные на статистических данных о изменении выходных параметров.

Воздушные суда можно представить в виде комплекса подсистем, в каждой из которых выходные параметры изменяются по разным зависимостям во времени. Обусловимся, что далее под термином «прибор» будем подразумевать некоторую подсистему, узел или оборудование ТС.

На практике при оценке надёжности оборудования чаще всего применяется линейная модель. Она хорошо описывает кинетику разрушения металлов при общей коррозии и различных видах механического изнашивания. Также поскольку большинство моделей при локальном рассмотрении являются выпуклыми, использование линейной модели при оценке

надежности дает оценку с некоторым запасом, что может приводить к заблаговременным предупреждениям отказов.

Целью работы была разработка математической модели, позволяющей прогнозировать отказ приборов к заданному моменту времени.

На вход математической модели подаются измерения выходного параметра в дискретные моменты времени и его предельный допустимый уровень. Также заданы следующие ограничения:

- Измерения проводятся через равные промежутки времени;
- Количество измерений для каждого прибора разное;
- Приборы эксплуатируются в одинаковых условиях.

Построенная на вероятностном подходе прогнозная модель дрейфа выходных параметров позволяет осуществлять более эффективное по трудозатратам, по сравнению с классическими моделями, техническое обслуживание как отдельных приборов, так и их совокупности.

Список использованных источников:

1. Статья Gumpertz Marcia L., Pantula Sastry G. Regression, Random coefficient
2. Проников А. С. Надежность машин — М.: Машиностроение, 1978. — 592 с.
3. Чернов В.Ю., Никитин В.Г., Иванов Ю.П. Надёжность авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов.: СПб, СПбГУАП. 2004 — 96 с.

Секция №1.4 Беспилотные летательные аппараты

Беспилотные летательные аппараты и перспективы их использования в практике поисково-спасательных работ

Бермагамбетов А.Б., Суворова М.С., Лашина Ю.С.
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.
МАИ, Москва

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) — это летающие роботизированные машины, которыми можно управлять дистанционно с места без необходимости перемещения человека вместе с ним. Управление возможно с помощью таких устройств, как передатчики, приемники и датчики.

БПЛА повсеместно используются во всем мире для решения широкого круга задач, как военных, так и гражданских.

В рамках данной исследовательской работы мы рассмотрим перспективы применения и характеристики поисково-спасательных БПЛА.

Поисково-спасательные дроны помогают определить потенциальную опасность, местонахождение людей, терпящих бедствие, или судов, которые могут быть потеряны в море либо не могут маневрировать. Беспилотные летательные аппараты могут использоваться во время катастрофы, а также для разведки обширной или сложнопроходимой местности, такой как пустыня и горные районы.

Поисково-спасательные беспилотные летательные аппараты: БПЛА с неподвижным крылом, квадрокоптеры, мультикоптеры и беспилотные вертолеты имеют различные преимущества и недостатки при выполнении поисково-спасательных операций.

Поисково-спасательными БПЛА можно управлять через портативную наземную станцию управления на таком устройстве, как мобильный телефон, ноутбук или планшет, или через стационарный операционный центр.

Дроны могут нести различную полезную нагрузку, включая тепловизоры и камеры высокого разрешения, системы обнаружения мобильных телефонов и устройства, которые могут сбрасывать предметы первой необходимости, такие как радиоприемники, продукты питания, вода, лекарства и спасательные средства.

В будущем функции аварийного спасения на аппаратных и программных платформах дронов продолжают свое развитие, что обеспечит эффективность ликвидации последствий стихийных бедствий.

В докладе рассматриваются этапы работы поисково-спасательных БПЛА в экстренных ситуациях: беспилотник начинает свой полет к предполагаемому месту пожара, и на протяжении всего маршрута проводит наблюдение за местностью для оценки состояния леса и прогнозов развития экстренной ситуации; определяет координаты очагов возгорания, записывает полученные данные на носитель информации, после чего возвращается в исходную точку, где расшифровывают и анализируют эти данные для последующих действий противопожарных служб.

Проектирование беспилотного гидросамолёта

Ганжин А.Г., Чариков А.В.
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Агаев Р.Н.
ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

С совершенствованием инженерных технологий появилась возможность использовать БПЛА для выполнения таких мероприятий, как видеонаблюдение, аэрофотосъемка, радиотехническая разведка и много других функций в зависимости от конкретной области применения. Летательные аппараты подобного типа имеют преимущество перед остальными, а именно: мобильность и повышенная скрытность, из-за чего увеличивается результативность в выполнении поставленных задач. Наряду с отмеченными плюсами

беспилотных аппаратов немаловажно выделить еще и то, что в случае утраты подобного летательного аппарата удастся исключить потери личного состава.

Инновационные технологические процессы и перспективы их развития дают возможность БпЛА успешно справляться с задачами, прежде лежавшими на представителях других типов авиации.

Большая доля земной поверхности покрыта водой, в связи с чем высока актуальность применения такого БпЛА, который бы имел возможность выполнять разнообразные задачи в воздухе и при необходимости выполнять приземление на водную поверхность.

К БпЛА предъявляются следующие требования:

- 1) способность выполнять посадку на водную поверхность;
- 2) увеличение маневренности и прочности конструкции;
- 3) создание условий для размещения полезной нагрузки;
- 4) обеспечение радиуса действия, достаточного для достигаемости удалённых объектов;

Задаваясь требованиями, мы уже создаем начальный облик БпЛА, его скорость, манёвренные характеристики, продолжительность полета, высоту полёта, массу самолета, вооружение, применяемое на данном БпЛА, возможную массу этого вооружения.

Гидросамолет — итог синтеза смежных транспортных средств: судов и самолетов. Много режимность его использования приводит к значительному увеличению количества взаимосвязанных качеств (свойств), обеспечение которых (при нахождении их в заданных пределах) является сложной задачей.

Применение беспилотного гидросамолета дает возможность увеличить экономическую отдачу по отношению к самолетам, имеющим подобные характеристики. Кроме того, гидросамолет имеет возможность осуществлять взлет и посадку с водных поверхностей, что дает ему преимущество по отношению к другим воздушным судам с подобными задачами.

Таким образом, по итогу выполненной работы получено следующее:

- 1) рассчитаны основные параметры и подобрана аэродинамическая схема;
- 2) выполнен эскиз проектируемого беспилотного гидросамолета и его 3D-модель;
- 3) рассчитаны аэродинамические характеристики в программе ANSYS.

К истории развития БПЛА в XX веке: поиск путей реализации в сфере гражданского применения

Гончаров А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шкарубо С.Н.

МАИ, Москва

Проблема необходимости создания БПЛА была обозначена ещё в 20-е годы XX века — в 1922 году конструктор Георгий Ботезат создал и протестировал один из первых пилотируемых БПЛА, работающий на четырёх роторах, но разработка не нашла полноценного применения из-за технического несовершенства механизмов, обеспечивающих полет [1].

Несколько позже проект одного из первых БПЛА самолётного типа — Fairey Queen был реализован английскими конструкторами первой половины 30-х гг. как радиоуправляемая зенитная мишень для военно-морского флота.

Опыт конструирования БПЛА в последующем нашёл своё воплощение в разработке однозвонного ФАУ-1 в годы Второй мировой войны — радиоуправляемая ракета, оснащённая автопилотом, получавшим данные о полете прямо перед вылетом. Стратегическая задача этого беспилотника — наносить точные атаки по ключевым объектам противника [2].

К сожалению, развитие и конструирование БПЛА, предназначенных для гражданских целей фактически не была в те годы реализованна. Эта задача начала находить своё некоторое воплощение только в проектах во второй половине XX века.

Возможно, одним из первых этапов трансформации БПЛА из военных в гражданские послужило испытание (30 июля 1957 г.) переоборудованного НТК-1 в дистанционно-пилотируемый аппарат НТК-1 «Каман Дрон». Данный экземпляр, едва ли не впервые

предполагалось применять не только для военных, но и гражданских нужд: укладки кабелей связи, перевозки грузов и т.д. Несовершенство системы радиоуправления и ненадежность этой модели подтверждается фактом того, что в ходе первых испытательных полетов управление прототипом хотя и осуществлялось дистанционно, но в кабине присутствовал лётчик-испытатель [3].

В целом, вторая половина XX века была не вполне удачным временем реализации гражданских проектов БПЛА. Так, одной из нереализованных до конца разработок была попытка гражданского воплощения БПЛА — проект «Летающий джип» Curtiss-Wright VZ-7, но изготовленные экземпляры не устроили заказчиков и проект-предвестник современных аэротакси был закрыт [1].

Технологический прорыв начала XXI века позволил поднять перспективную реализацию гражданских проектов БПЛА на иной уровень, да и возросшее количество задач современного социума, повысило требование к созданию новых (гражданских) типов БПЛА.

Так, для БПЛА в промышленном секторе сейчас поставлена задача обеспечения контроля объектов, занимающих большую площадь и требующих непрерывного функционирования и обеспечения безопасности. С помощью аэрофотосъёмки проводится оценка состояния полей, насаждений, водоёмов, оперативное получение данных о состоянии железнодорожной и автодорожной цепи, использования детализированных снимков для картографии и геодезии. В сфере услуг БПЛА уже сейчас активно доставляют небольшие грузы, это позволяет повысить качество и скорость обслуживания даже с учётом роста количества потребителей. Дроны могут помочь и в охране окружающей среды [4].

В качестве примера технологического развития гражданских БПЛА за последние годы в России следует отметить, что с декабря 2011 года агентством стратегических инициатив (АСИ) в рамках реализации новой программы освоения Арктики резидентом «Сколково» ООО «Съёмка с воздуха» осуществлена разработка нового дрона SeaDrone ME, прошедшего успешные испытания в условиях пустыни и низких температур на Карском и Баренцевом морях в 2020-2021 годах, предназначенного для обслуживания нефтегазовых БУ в географической зоне Крайнего Севера конкретно -для спасения людей за бортом и проведения экологических экспертиз окружающей среды [5] [6]. Воплощение данных проектов придаёт уверенности в том, что они обеспечат в обозримом будущем возможность осуществить реализацию проекта «Связанности территорий», позволяющего своевременно и эффективно осуществлять перемещение людей, грузов и информации [7].

Список использованных источников:

1.Geoscan.aero. <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/history/history.html> (Дата обращения 19.02.2022).

2.WarBook.club. <https://warbook-club.turbopages.org/warbook.club/s/voennaya-tehnika/samolety/bpla/> (Дата обращения 19.02.2022).

3.military.wikireading.ru. <https://military.wikireading.ru/54224> (Дата обращения 19.02.2022).

4.zen.yandex.ru. <https://zen.yandex.ru/media/id/5a20825dad0f22233a285e05/20-sposobov-primeneniia-dronov-segodnia-i-v-buduscem-5a8aaf7d77d0e645af4f15dd> (Дата обращения 19.02.2022).

5.rusdrone.ru. <https://rusdrone.ru/catalog/multitortnye-bpla/SeadroneME/> (Дата обращения 19.02.2022).

6.gazprom.ru. <https://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/news/2021/october/article540502/> (Дата обращения 19.02.2022).

7.Владимирова В.Г., Панасенко Е.А. Облако. Корпоративный журнал №4 (9) 2018 стр. 16.

Планер — демонстратор технологий автоматической авиационной системы наблюдения

Грязнев А.А., Гречанников К.В., Романов Н.Р.

Научный руководитель — Коробовский А.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день наблюдение за состоянием природы на всей территории России является крайне затратной процедурой, как со стороны финансовых, технических так и человеческих ресурсов. С целью оптимизацией этих ресурсов основной задачей данной работы является задача спроектировать и построить авиационную систему наблюдения, основной принцип полёта которой основан на использовании термических и динамических восходящих потоков.

Для успешного выполнения поставленных задач аппарату необходимо обладать следующими качествами:

1. Достаточно большое аэродинамическое качество и невысокая скорость снижения (около 1 м/с).

2. Планер должен быть оснащен аппаратурой, позволяющей производить поиск, оценку и обработку восходящих потоков.

3. Устройство должно быть способно самостоятельно выйти в заданный район наблюдений и вернуться на заданные координаты.

Взяв во внимание свойства аппарата, описанные выше, были приняты следующие технические решения:

1. Аппарат должен быть выполнен по схеме «летающее крыло».

2. Аппарат должен быть оснащен следующей информационной и управляющей аппаратурой:

a. Микроконтроллер

b. Сервоприводы, а также

c. Цифровой барометр

d. Цифровой датчик скорости воздушного потока

e. Модуль GPS

3. Аппарат необходимо оснастить электромотором и складным воздушным винтом.

Основные шаги разработки.

Аэродинамика.

В первую очередь, в ходе разработки планера, были созданы несколько различных 3d-моделей, были проведены их виртуальные аэродинамические продувки, после чего полученные результаты были проанализированы и на основе результатов анализа были выбраны следующие аэродинамические решения:

- Аэродинамическая схема «летающее крыло»;

- Использование особых законцовок крыла;

- Использование аэродинамического профиля «E385».

Конструктивные решения и прочность.

С целью удешевления постройки было решено выполнить силовой набор конструкции из алюминиевого профиля, а обшивку выполнить из стеклопластика с последующей покраской и полировкой.

Двигатель, система управления и навигации.

В качестве силовой установки был выбран бесколлекторный.

Электродвигатель.

Для увеличения аэродинамического качества винт в полете может быть сложен или разложен для подзарядки бортовых аккумуляторов путем использования электродвигателя в качестве генератора.

Система управления аппарата основана на микроконтроллере ATMEGA 328 (Arduino Nano).

Микроконтроллер собирает данные с датчика воздушной скорости, барометра, а так же выясняет свое местоположение при помощи модуля GPS после чего выполняет необходимые

вычисления. А именно, используя данные барометра вычисляет свою вертикальную скорость и с помощью данных с модуля GPS строит карту воздушных потоков в заданной местности.

После необходимых вычислений микроконтроллер подает управляющие импульсы на сервоприводы и драйвер управления электродвигателем.

При вхождении в восходящий воздушный поток с помощью датчика воздушного потока находит оптимальную скорость полета и начинает процедуру по центрированию потока.

Моделирование и испытания.

В ходе разработки активно использовались технологии 3d-моделирования.

С помощью специализированного программного обеспечения был проведен комплекс различных испытаний. Основными стали прочностные испытания и аэродинамические продувки. В частности благодаря виртуальным аэродинамическим продувкам удалось оптимизировать аэродинамику аппарата и получить примерные значения его характеристик.

Таким образом удалось установить что аэродинамическое качество планера составляет порядка 16 единиц, а оптимальная скорость вертикального снижения порядка 1 м/с.

Исследование влияния развития отрывного обтекания крыла большого удлинения на аэродинамические характеристики компоновки БЛА с V-образным хвостовым оперением при малых дозвуковых скоростях

Колосова Е.Б., Паскевич Г.Н.

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

ЦАГИ, Жуковский

Объектом исследования является беспилотный летательный аппарат нормальной аэродинамической схемы с крылом большого удлинения и V-образным хвостовым оперением.

Целью работы является исследование методами вычислительной аэродинамики развития дозвукового отрывного обтекания крыла большого удлинения в компоновке беспилотного летательного аппарата с V-образным хвостовым оперением и влияния срыва потока на продольные и боковые аэродинамические характеристики аппарата, а также сравнение полученных результатов с результатами, полученными в эксперименте в аэродинамической трубе ЦАГИ Т-102.

Для исследования аэродинамических характеристик БЛА и их дальнейшего сопоставления с полученными в эксперименте, была построена структурированная расчетная сетка на полной компоновке ЛА и проведено численное моделирование обтекания модели (численное решение уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу; расчеты выполнялись в программе ANSYS CFX).

Основные результаты:

Срыв потока с верхней поверхности крыла начинается при угле атаки около 12° и происходит в корневой части крыла.

При углах атаки в диапазоне 12° – 20° при всех рассмотренных значениях угла скольжения ($\beta=0^\circ$; 4°) область сорванного с корневой части крыла потока захватывает хвостовое оперение.

Тем не менее, зависимость $m_{za}(\alpha)$ незначительно отклоняется от линейной в том числе и на больших углах атаки, поскольку уменьшение скоростного напора вблизи оперения компенсируется снижением отрицательных скосов потока за крылом.

Срыв потока с крыла не приводит к потере поперечной и поперечной устойчивости: поперечная устойчивость сохраняется до угла атаки $\alpha \approx 19^\circ$, поперечная — во всем рассмотренном диапазоне углов атаки.

Результаты, полученные численным расчетом, качественно согласуются с полученными в эксперименте. Расхождения между ними можно объяснить различиями геометрий исследуемых моделей (так, например, различия в значениях момента крена объясняются тем, что на модели, исследуемой в АДТ, были установлены мотогондолы) и тем фактом, что численный расчет моделирует обтекание реального ЛА и не моделирует условия АДТ.

Исследование зависимости крейсерского КПД электрической силовой установки и максимальной скорости БПЛА вертикального взлёта и посадки от стартовой тяговооружённости

Луханин В.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Артамонов Б.Л.

МАИ, Москва

В последние годы опубликован ряд статей, посвящённых расчёту воздушных винтов, работающих на малых числах Рейнольдса [1, 2], а также общим вопросам оптимизации воздушных винтов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с электроприводом [3, 4]. Однако, применительно к электрическому БПЛА вертикального взлёта и посадки таких исследований ранее не проводилось.

Силовая установка (СУ) электрического БПЛА вертикального взлёта и посадки должна обеспечивать необходимую тяговооружённость на режиме висения, а также заданную максимальную скорость и минимальный расход энергии в горизонтальном полёте. Эти две задачи противоречивы, поэтому форма воздушного винта должна определяться исходя из компромисса.

Указанное противоречие осложняется следующими факторами: воздушные винты таких БПЛА имеют фиксированный шаг, работают в условиях малых чисел Рейнольдса, а в горизонтальном полёте ещё и при больших концевых числах Маха, в режиме работы на месте корневые сечения лопасти работают на закритических углах атаки, существуют ограничения по потребляемому двигателем току и напряжению, которое может обеспечить аккумулятор, необходимо учитывать внешнюю характеристику электропривода.

С учётом вышеперечисленных факторов была выполнена оптимизация воздушного винта электрического БПЛА вертикального взлёта и посадки при различных значениях стартовой тяговооружённости. Рассмотрены два случая с разными целевыми функциями. В первом случае целевой функцией являлся коэффициент полезного действия (КПД) силовой установки в горизонтальном полёте с заданной скоростью. Во втором — скорость горизонтального полёта. В обоих случаях ограничивался ток и напряжение. Построены зависимости максимальной скорости полёта и крейсерского КПД от стартовой тяговооружённости СУ. Проведено сравнение значений компромиссных параметров с их величинами для однорежимного аппарата.

Список использованных источников:

1. McCrink, M. H. and Gregory, J. W., “Blade Element Momentum Modeling of Low-Re Small UAS Electric Propulsion Systems,” AIAA 2015-3296, 33rd AIAA Applied Aerodynamics Conference, Dallas, TX, June 22-26, 2015.
2. McNeill, R. and Verstraete, D., “Blade Element Momentum Theory Extended to Model Low Reynolds Number Propeller Performance,” 20th Australasian Fluid Mechanics Conference, Perth, Australia, December 5-8, 2016.
3. Gur O, Rosen A (2009) Optimization of propeller-based propulsion system. Journal of Aircraft 46(1): 95–106
4. Gur O, Rosen A (2009) Optimizing electric propulsion systems for unmanned aerial vehicles. Journal of Aircraft 46(4): 1340–1352

К вопросу формирования технического облика крыла беспилотного летательного аппарата с укороченным взлётом и посадкой

Макаров В.А.

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

МАИ, Москва

Современный технологически развитый мир требует постоянного совершенствования технических и технологических подходов по созданию востребованной продукции. Вопросы по использованию беспилотного летательного аппарата ведутся давно, но сейчас эта тема стала особенно актуальной. Возможность применения БПЛА в гражданской сфере для обслуживания различных отраслей народного хозяйства привела к активным разработкам таких типов транспорта [1, 2].

Современный летательный аппарат представляет собой сложную технически взаимосвязанную систему, в состав которой входит большое количество элементов, к которым предъявляется большое количество требований, зачастую противоречивых.

Многообразие спектра задач, решаемых БПЛА, оказывает существенное влияние на перечень функциональных признаков. Перечень функциональных признаков определяется наличием на борту определённого типа целевой нагрузки [3].

Формирование технического облика основывается на функционально взаимосвязанных процессах, целью которых является нахождение компромисса между предъявляемыми требованиями [4].

В данной работе рассматривается вопрос формирования облика крыла БПЛА самолетного типа, главной особенностью которого будет возможность укороченного, а также вертикального взлета и посадки.

Спрос на летательные аппараты такого типа может возникнуть в следующих областях:

- Медицина и здравоохранение — БПЛА смогут за короткий промежуток времени доставлять лекарства в различные труднодоступные места, перевозить органы;

- Службы доставки — перевозка коммерческих грузов;

- Сельское хозяйство — обработка полей, мониторинг территорий.

Такие беспилотные авиационные системы могут также использоваться для мониторинга ЛЭП, лесных пожаров, патруля границ, сельского хозяйства, создания 3D карт местности и т.д.

Основным преимуществом такого самолета будут:

1. Отсутствие людей на борту. Из этого следует бессмысленность использования систем кондиционирования, жизнеобеспечения и средств спасания, смягчение требований соблюдения комфортных режимов полета. Нельзя не отметить и экономии средств на подготовку экипажа.

2. Режим укороченного и/или вертикального взлета и посадки. Данная особенность дает возможность полетов «от двери до двери», сокращая время полета.

3. Способность развивать крейсерскую скорость и иметь дальность полета, большие, нежели у вертолета.

Выбор данного БПЛА несет за собой некоторые особенности крыла:

1. Размещение силовой установки в концевых частях крыла с использованием 2-х турбовинтовых двигателей.

2. Регулируемый вектор тяги. Данная черта позволяет самолету взлетать, приземляться и летать как по-самолетному, так и по-вертолетному.

3. Применение такой схемы крепления крыла, как высокоплан из-за необходимости поворота силовой установки.

Крыло кроме своей основной функции-создания аэродинамической подъемной силы, также должно выдерживать нагрузки от силовой установки на всех режимах полета, иметь особый узел крепления, позволяющий синхронный поворот двигателей относительно крыла.

Список использованных 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. Карлсон, А. О. Исследование технического облика летательного аппарата с коротким взлетом и посадкой / А. О. Карлсон, С. А. Серебрянский, А. А. Самойловский // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского. — 2018. — № 6. — С. 158-160.

3. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сертификации / К. Г. Настас, С. А. Серебрянский // Избранные научные труды двадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», Москва, 11–12 марта 2021 года. — Москва: Издательство Пробел-2000, 2021. — С. 261-265.

4. Серебрянский, С. А. Подход к формированию технического облика беспилотного воздушного судна / С. А. Серебрянский, А. Е. Парненко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машино-строение. — 2019. — Т. 19. — № 3. — С. 43-52. — DOI 10.14529/engin190305.

Подход к разработке цифрового двойника влагоотделителя системы кондиционирования как объекта исследований

Марунов Ю.Е.

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

МАИ, Москва

Существующие подходы к разработке самолётных систем, которые основаны на разбиении всего процесса на ряд последовательных этапов с постепенным наращиванием объема анализируемой информации и расширением предметной области. При традиционном подходе к разработке сложного изделия его модель представляется в виде информационного процесса, каждая стадия которого подлежит автоматизации [1].

В настоящее время обеспечение воздушного охлаждения бортового радио и электрооборудования, исключая возможность попадания капельной влаги на поверхность аппаратных блоков, является одним из важнейших параметров для многих перспективных дозвуковых БПЛА. Для этих целей используются различные влагоотделяющие устройства, самыми востребованными из которых являются вихревые влагоотделители в виду простоты конструкции и низкой массы.

В данной работе исследуется принцип работы влагоотделителя и формируется математическая модель процессов, протекающих в данных устройствах. Такой подход позволяет упростить процесс их проектирования, который ранее требовал большого количества научно-исследовательских работ и опытных натурных испытаний.

Моделирование и исследование процессов, происходящих в вихревом влагоотделителе, проводится на базе программного комплекса ANSYS, в модуле Fluent. На основе патентов прототипов устройства проектируется влагоотделитель и определяется его основной параметр — степень отделения влаги. Расчет производится методом дискретно-фазовой модели Эйлера-Лагранжа. После этого проводится эксперимент с целью установить достоверность значений, полученных с помощью математической модели цифрового двойника [2].

Полученные опытным путем результаты согласуются с соответствующими расчетными данными в пределах погрешности 4%, что позволяет рекомендовать программный комплекс ANSYS Fluent с моделью дискретно-фазовой среды Эйлера-Лагранжа для проектирования влагоотделителей.

Созданный на базе CAE ANSYS цифровой двойник исследуемого устройства позволяет получить необходимую информацию о его работе и при необходимости скорректировать конструкцию.

Список использованных 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. Стрелец, Д. Ю. Цифровой двойник изделия в едином информационном пространстве жизненного цикла / Д. Ю. Стрелец, С. А. Серебрянский, М. В. Шкурин // Управление развитием крупномасштабных систем mlsd'2020: ТРУДЫ ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва, 28–30 сентября 2020 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. — Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. — С. 1249-1258. — DOI 10.25728/mlsd.2020.1249.

Управление конфигурацией беспилотного воздушного судна на основе его цифрового двойника

Настас К.Г.

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

МАИ, Москва

Важнейшим конкурентным преимуществом производителя беспилотной авиационной техники является возможность управления конфигурацией беспилотного воздушного судна (БВС) на основе его цифрового двойника [1]. При этом используются такие технологии, как искусственный интеллект, базы больших данных, облачные вычисления и которые помогают снизить время простоя, повысить качество производства, уменьшить производственные ошибки и сократить время как производства БВС, так и время (в том числе затраты) на его сертификацию.

Цифровой двойник изделия в информационном пространстве, отображает работу своего физического объекта на всех этапах его жизненного цикла. Внедрение такой технологии способствует ускорению разработки новых изделий, уменьшает время на их испытание, сертификацию и ускоряет начало производства. Это позволит повысить конкурентоспособность продукции отечественной авиационной промышленности [2]. Цифровой двойник воздушного судна (и БВС) — как единая обучаемая система, включает в себя комплекс методик и математических моделей, описывающих и отображающих работу самолёта и его систем в течение всего жизненного цикла: проектирование, испытания, производство и эксплуатация [3, 4].

Использование цифрового двойника БВС, как виртуальной модели изделия постоянно корректируется по результатам натурных экспериментов и с высокой степенью достоверности предсказывает его поведение в течение всего жизненного цикла. Это способствует в первую очередь поддерживать существующий уровень безопасности полетов и не должно привести к со-зданию риска жизни и здоровья граждан.

Полагается целесообразным разработать единую общепринятую методику определения уровня конкурентоспособности технически сложной продукции, оценки уровня технического совершенства создаваемых образцов беспилотной техники.

Для оценки уровня технического совершенства создаваемых образцов БВС необходимо определить их категоризацию/классификацию и разработать систему показателей, характеризующих технический уровень изделия.

Категоризацию БВС предлагается провести используя такие критерии как дальность (максимальное расстояние, на котором предлагается выполнить услугу) и функциональное назначение БВС (какой вид услуги можно выполнить). Таким образом категоризацию можно представить в следующем виде:

- БВС районного предназначения;
- БВС областного предназначения;
- БВС регионального предназначения;

БВС федерального (межрегионального) предназначения.

Систему показателей, характеризующих технический уровень, предлагается разработать, используя:

- Показатели, учитывающие функциональные задачи БВС;
- Общетехнические показатели БВС;
- Показатели оценки технического уровня БВС;
- Показатели унификации БВС;
- Показатели интеллектуальности БВС.

Данные подходы по оценке технического уровня БВС и предложенную категоризацию БВС целесообразно использовать при создании методического аппарата по созданию цифровых двойников перспективных БВС различного предназначения.

Список использованных источников:

1. Настас, К. Г. К вопросу использования цифровых технологий в управлении конфигурацией воздушного судна на этапе разработки и сер-тификации / К. Г. Настас,

С. А. Серебрянский // Избранные научные труды двадцатой Международной научно-практической конференции «Управление качеством», Москва, 11–12 марта 2021 года. — Москва: Издательство Пробел-2000, 2021. — С. 261-265.

2. 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.

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. Шуруин // Автоматизация в промышленности 2021. №1. С. 20-26. DOI: 10.25728/avtprom.2021.01.03.

4. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники: Научное издание в авторской редакции / Е. В. Судов, А. Н. Петров, А. В. Петров [и др.]; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Кафедра № 101 "Проектирование и сертификация авиационной техники". — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Эдитус», 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-00058-821-5.

Сравнительный анализ альтернативных видов топлива на примере БПЛА вертолётной схемы

Поваляхин А.И., Малинина Д.Д.

Научный руководитель — Пичужкин П.В.

МАИ, Москва

Поиск альтернативных источников энергии на борту воздушных судов (ВС) является одним из наиболее перспективных направлений в авиационной отрасли. При этом наблюдается активное развитие беспилотных транспортных систем, где уже внедряются новые решения в области энергетики.

В настоящее время электродвигатели и аккумуляторы имеют высокую массу и недостаточную удельную энергоёмкость для осуществления длительных полетов, поэтому в данной работе основное внимание уделяется беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) вертолётной схемы с двигателями внутреннего сгорания, предназначенных для выполнения грузоперевозок. К рассматриваемым БПЛА относится SH-350 и SH-450, в которых топливом является бензин, а также БВС-ВТ 450 и VRT300 с топливом в виде керосина. Целью данной работы является анализ возможности применения альтернативных видов топлив на определенных ранее БПЛА. В качестве альтернативных видов топлива выбраны водород, метан, пропан, этан и этилен в жидкой фазе.

Авиационный керосин и бензин нашли широкое применение благодаря простоте в эксплуатации и высокой удельной энергоёмкости. Однако основным недостатком данных видов топлива является высокий уровень выбросов углекислого газа, что не соответствует повышающимся требованиям к экологичности ВС.

При сравнении выбранных альтернативных видов топлива были учтены объемы топливных баков рассматриваемых БПЛА, максимально возможная масса полезной нагрузки, разница в характеристиках топлива (плотность, удельная массовая теплота сгорания). Дополнительно с целью сравнения выбросов углерода были оценены реакции горения каждого из веществ.

Таким образом, максимальное снижение массы топлива может быть достигнуто за счет применения жидкого водорода (снижение массы на 63–65%). При этом применение метана позволит снизить массу топлива на 11–15%, а при использовании пропана, этана или этилена масса сократится не более, чем на 10%.

Снижение массы топлива при неизменной дальности позволит повысить массу полезной нагрузки. Так, при применении водорода увеличение массы полезной нагрузки составит

27–86%, при применении метана — 5–19%, этана и этилена — 2–13%, а при применении пропана — 2–10%.

С точки зрения экологии водородное топливо наиболее предпочтительно, так как при его сжигании не образуется углекислый газ. Однако при использовании других видов топлива также может быть достигнуто значительное снижение выбросов углерода. Так для метана это снижение составляет 87–95%, для этана и этилена — 73–89%, а для пропана — 59–83%.

Таким образом, наилучшими эксплуатационными характеристиками обладает топливо на основе водорода. Однако применение жидкого водорода в авиационных системах сопряжено с рядом трудностей, связанных с его низкой температурой кипения — 20 К. Поэтому считается целесообразным в дальнейшем более подробно рассмотреть возможность применения метана в авиационных двигателях внутреннего сгорания. Помимо этого, будут рассмотрены другие типы источников энергии, такие как аккумуляторные батареи, топливные элементы и гибридные схемы.

Список использованных источников:

1. SmartHELI выходит на рынок гражданских беспилотников вертолётного типа. URL: <https://aviation21.ru/smartheli-vykhodit-na-rynok-grazhdanskix-bespilotnikov-vertolyotnogo-tipa/> (дата обращения 16.02.2022).
2. Беспилотное воздушное судно вертолётного типа BBC-BT 450. URL: <http://bastion-karpenko.ru/bvs-bt-450-npp-strela/> (дата обращения 16.02.2022).
3. Винтокрылые платформы: российский авиаконструктор — о будущем БПЛА вертолётного типа. URL: <https://russian.rt.com/russia/article/868589-smartheli-sh-bespilotniki-privozki-zakon> (дата обращения 16.02.2022).
4. Первый российский дизельный вертолёт. VRT300. URL: <https://www.aviaport.ru/conferences/45777/> (дата обращения 16.02.2022).
5. Удельная теплота сгорания топлива и горючих материалов. URL: <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/udelnaya-teplota-sgoraniya-topliva-i-goryuchih-materialov> (дата обращения 10.02.2022).

Военный беспилотный двухфюзеляжный экраноплан

Смолин И.В., Назарова П.С.

Научный руководитель — Назаров А.В.

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

В мире не так много стран которые имеют сильную армию, в состав этих стран имеющих самое мощное вооружение в мире входит Россия.

Однако не изобрели ещё универсальное оружие и все виды вооружения обладают как своими достоинствами так и недостатками. Беспилотный экраноплан — позволит решить некоторые проблемы существующие у других видов транспорта, такие как малая скорость, или потребность в подготовленных базах.

В 1901 году человек впервые поднялся в воздух и пролетел над поверхностью 2500 метров, именно тогда зародилась авиация в том виде которая она сейчас. На протяжении всей истории авиации полётом управляет человек, и лишь не так давно самолёты стали оснащать системами, которые практически полностью берут на себя управление, хотя современные автопилоты способны полностью вести по маршруту и выполнять взлёт и посадку, из соображений безопасности пассажиров, помощь пилота требуется только лишь в случае нештатных ситуаций а также при взлёте и заходе на посадку. В проекте предлагается оснастить экраноплан такой системой которая позволит выполнять полёт в полностью беспилотном режиме, предполагается вмешательство наземного оператора лишь в экстренных или нештатных ситуациях по защищённому каналу дистанционного управления. система автопилота это совокупность систем позволяющая быстро и точно управлять летательным аппаратом. В состав этих систем входят: компьютеры которые прокладывают маршрут, следят за параметрами систем, управляют рулями высоты, закрылками, оборотами двигателя и т.д., так же в состав автопилота входит

глобальная система навигации и система ориентации и стабилизации. Совокупность этих систем позволит управлять Экранопланом на всех этапах полёта.

Для того что бы обеспечить полёт экраноплана точно по маршруту, предлагается применить следующие технические средства: геотехнические, радиотехнические, спутниковые. Все они выполняют одну и ту же функцию, но разными методами, сделано это для того что бы обеспечить продолжение полёта при выходе из строя одной из систем по причинам поломки или саботажа со стороны противника.

Радиотехническая система навигации обеспечивает автоматическое и непрерывное измерение и индикацию азимута и дальности относительно радио маяка находящегося на земле.

Геотехническая система навигации средство астронавигации в которую входят разнообразные навигационные приборы и системы, основанные на измерении и использовании параметров геофизических полей Земли таких как: гравитация, геомагнитное поле, атмосфера, топография и т.д. В группу этих приборов входят гравиметры, магнитные компасы, барометрические высотомеры, измрители воздушной скорости, навигационные карты и т.д. Так же используется инерциальная система обеспечивающая автономность навигации, принцип работы которой основан на использовании гироскопов для определения параметров движения и ориентации летательного аппарата.

Спутниковая система предназначена для определения местоположения наземных, водных и воздушных объектов. Спутниковые системы навигации также позволяют получить скорость и направление движения приёмника сигнала.

По скольку по столько экраноплан является скоростным судном двигающимся на небольшой высоте он не способен вести прямую атаку каких либо судов или береговых целей. За счёт выше сказанного он может быстро и не заметно для противника подойти и нанести удар с помощью ракет различной дальности по водным или прибрежным целям противника и так же быстро и не заметно для локаторов уйти в место своего базирования.

Экраноплан это машина которая позволит повысить возможности Вооружённых Сил Российской Федерации, за счёт своих преимуществ над другими видами военного транспорта.

Расчёт динамической модели троса для привязного беспилотного воздушного судна

Старостина Т.В.

Научный руководитель — Овакимян Д.Н.

Самарский университет, Самара

Потребность в беспилотной авиации превратила ее в самый быстрорастущий сегмент мирового авиационного рынка. В последние годы в аэрокосмической промышленности наблюдается рост популярности многовинтовых беспилотных воздушных судов (БВС). Такой рост частично связан с рядом преимуществ многовинтового БВС по сравнению с БВС вертолётного типа, выполненными по одновинтовой или соосной схемам, и заключаются в более простой, надёжной и эффективной системе управления и стабилизации полета, а также лучшей надёжностью за счёт большего количества несущих винтов и двигателей.

Проведем расчет модели для кривой линии троса. Трос висит в виде кривой линии под действием силы тяжести, помимо тросовой системы на БВС действуют четыре внутренние силы и четыре внешние силы при зацеплении за трос, в инерциальной системе. Для данного проекта используется динамическая модель троса с массой на единицу длины, образующая кривую линию. Задача динамической модели троса заключается в определении силы, действующей на многовинтовой БВС, как функции положения БВС и длины троса. Этот расчет начнем с анализа формы тросов, затем разберем влияние конкретной формы на силу натяжения в тросе.

Для начала рассмотрим 2-мерную модель для кривой линии тросов. Затем эту модель расширим до 3-мерной и преобразуем в инерциальную систему координат при завершении вычислений.

В процессе функционирования БВС его позиционное состояние и длина троса считаются известными величинами. Таким образом, мы можем определить (X, Y) и L — как известное положение БВС.

В случае, когда трос висит под действием силы тяжести, возникает равновесие силы горизонтального натяжения на тросе в точке.

Вертикальная составляющая натяжения у БВС, может непосредственно зависеть от суммарной силы натяжения, действующей на БВС, а также от горизонтальной составляющей силы натяжения через угол наклона тросов.

Из полученных выше сил натяжения, действующих на БВС, и формы кривой линии можно отметить несколько важных моментов о силе натяжения в качестве функции положения БВС (X, Y) и длины троса. По мере приближения к местоположению БВС X , вертикальная составляющая натяжения приближается к нулю. Однако физически из-за кривой линии потребуются, чтобы положение БВС было ниже точки крепления троса. Если БВС находится в ограниченном пространстве, что $Y > 0$, то можно найти минимальную вертикальную составляющую силы натяжения для данного $X \geq 0$, равную половине массы троса. В этом случае, если точка крепления находится в начале координат $(0, 0)$, то кривая линия провисает так, как трос опускается ниже места крепления. Во всех отношениях, при положительном значении сил на БВС будет оказываться меньше, тем не менее трос будет касаться земли. Эту проблему легко решить с применением электромеханической лебедки. При отрицательном значении возникнет дополнительная сила натяжения, что в конечном счете не желательно.

Если установить границы для БВС и формы троса, то мы сможем создать идеальный рабочий вариант с тросом, учитывая радиально ограниченное местоположение от изначального, где трос находится под минимальным натяжением и выше точки крепления (не касаясь поверхности земли).

При условии $X=0$ возникает проблема с приземлением БВС. Видно, что натяжение в тросе приближается к ∞ . Эту бесконечную силу натяжения можно объяснить тем, что по мере приближения БВС к земле, трос должен иметь меньшую кривизну для того, чтобы сохранялось равенство $X_{\text{г}}=0$ и не касаться земли.

Таким образом, целесообразно установить нижнюю границу, при которой устанавливается верхняя граница силы, прилагаемой БВС, чтобы трос не касался земли. Здесь возникает конфликт: при таком ограничении динамика и форма троса будут несогласованными.

В данной работе рассмотрена динамика и уравнение для системы троса многовинтового БВС в условиях висения в декартовой системе координат. Эти динамики образуют базовые модели для регулятора положения в сферической системе координат «привязного» многовинтового БВС. Анализ тросовой системы повышает эффективность взаимодействия между многовинтовым летательным аппаратом и окружающей средой.

Перспективой развития является применение регуляторе положения, который использует относительное положение транспортных средств и динамику троса для вычисления входных данных управления и обеспечения стабильности полета. Регулятор положения в сферической системе координат в составе системы автоматического управления «привязного» БВС позволит повысить тактико-технические и эксплуатационные характеристики.

Предложенный регулятор помог решить проблемы, связанные с классическим регулятором положения в декартовой системе, и показал снижение энергопотребления на 8,4% и снижение натяжения троса на 35,7%, по сравнению с традиционным регулятором положения в декартовых координатах.

Исследование тепловых и механических режимов навигационного блока беспилотного летательного аппарата

Цветков В.Э., Кононова Н.А., Ландер Л.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сотникова С.Ю.
ВШЭ, Москва

В современном мире обеспечение тепловых и механических режимов навигационных блоков беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является одним из наиболее важных и актуальных вопросов в области авиационной техники. В связи с тем, что БПЛА функционируют в жестких условиях эксплуатации, к ним предъявляются особенно высокие требования по надежности [1] при воздействии на них внешних факторов [2]. Даже незначительные ошибки при проектировании аппаратуры могут привести к тому, что в дальнейшем оборудование может полностью выйти из строя.

Одним из возможных решений данной проблемы является проведение термического и механического анализа в программах компьютерного моделирования. В данной работе качестве такой программы используется система автоматизированного проектирования SolidWorks [3], основанная на методе конечных элементов. Преимуществом этого метода является возможность управления плотностью вычислительной сетки для получения более высокой точности результатов.

Цель нашего исследования заключается в повышении надежности навигационного блока БПЛА с помощью проведения механического и термического моделирования в программном комплексе SolidWorks. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- Изучение теоретических материалов по проведению инженерного анализа и технической документации объекта;
- Построение 3D-моделей электронных компонентов, печатной платы и корпуса навигационного блока в SolidWorks;
- Проведение термического и механического исследования аппаратуры с учетом задания параметров, близких к реальным условиям эксплуатации;
- Расчет коэффициентов нагрузки для каждого элемента оборудования на основе результатов, полученных при моделировании;
- Разработка методики по снижению коэффициентов нагрузки для тех элементов, у которых значение этого коэффициента превышает 0.7;
- Проведение повторного моделирования навигационного блока для подтверждения эффективности используемых методов.

Актуальность данного исследования заключается в выявлении электронных компонентов, которые подвержены перегрузке, на ранних этапах проектирования навигационного блока БПЛА. Это позволит сократить затраты на денежные и временные ресурсы при проведении реальных испытаний.

Список использованных источников:

1. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. — СПб: БХВ-Петербург, 2006 — 702 с.
2. Агеев А.М., Попов А.С. Требования к надежности бортовых комплексов управления беспилотных летательных аппаратов различного класса // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2018. № 6. С. 95 — 101.
3. Зиновьев Д.В. Основы моделирования в SolidWorks. — М.: ДМК-Пресс, 2017 — 240 с.

Концепция БПЛА-сопроводителя для самолётов в чрезвычайных ситуациях

Черкунов М.А., Улюшин Я.И.

Научный руководитель — Шавелкин Д.С.

МАИ, Москва

Авиация считается самым безопасным видом транспорта, но никакой производитель самолётов не сможет гарантировать 100%-ую безопасность. Хотя техническая оснащённость самолётов и позволяет совершать авиаперелеты с высочайшим уровнем безопасности, чрезвычайные ситуации не являются редкостью в наше время.

Фундаментальной проблемой при возникновении чрезвычайных ситуаций на борту самолета является потеря радиосвязи, вследствие чего последующие операции со стороны спасательных служб становятся трудновыполнимыми. Невозможность радиообмена, контроля положения самолета в пространстве и его состояния затрудняет определение места посадки или крушения, к которому необходимо отправить спасательные службы. Другой проблемой является нехватка данных вследствие их утери вместе с самолетом при его разрушении — это сказывается на времени и результативности расследования авиакатастроф и последствий прочих чрезвычайных ситуаций. Классическим решением является применение бортового самописца, защищенного от внешних воздействий и хранящего последние данные о телеметрии и происходящем на борту самолета. Последнее особенно важно, ведь более 50% всех авиакатастроф происходит из-за человеческого фактора. Однако специфика отдельных типов крушений такова, что даже при высоком уровне защищенности самописца он может быть поврежден или безвозвратно утерян.

Комплексным решением данных проблем будет являться БПЛА-сопроводитель, основной целью которого будет являться радиопередача данных о самолете, попавшем в чрезвычайную ситуацию. Данный БПЛА будет располагаться внутри самолёта и приходить в действие при возникновении чрезвычайной ситуации. Он будет вести видеофиксацию самолёта и транслировать это в специализированные каналы связи. Говоря иными словами, БПЛА-сопроводитель будет выполнять роль радиомаяка для самолета, терпящего бедствие. К тому же этот сопроводитель может использоваться как резервный носитель данных с бортового самописца. Завершающим этапом работы такого устройства будет сброс капсулы с носителем данных и посадка, что позволит после технического обслуживания использовать систему повторно.

Навигация беспилотных летательных аппаратов на основе технического зрения

Швалева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Левшонков Н.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

В предлагаемом подходе изображения окружающей среды сначала отбираются, сохраняются и группируются в виде набора упорядоченных ключевых изображений (визуальное направление), который обеспечивает визуальную память об окружающей среде. Следующая задача навигации робота — объединение подмножеств визуальных путей (называемых визуальным маршрутом), связывающих текущее наблюдаемое изображение и целевое изображение, которое принадлежит визуальной памяти. Беспилотный летательный аппарат управляется так, чтобы реагировать на каждое изображение визуального маршрута, используя основанный на зрении алгоритм управления, адаптированный к его динамической модели, и без явного планирования какой-либо траектории. В значительной степени эта концепция подтверждена экспериментами с X4-Fluer, оснащенным камерой «рыбий глаз». Начальный этап реализации предлагаемой структуры основан на эффективном сопоставлении точек. Этот процесс учитывает все этапы предлагаемой системы навигации. Он позволяет выбирать ключевые изображения на этапе обучения, а также используется на стадии определения местоположения и во время автономной навигации. Результатом процесса обучения является набор данных образов (зрительная память).

Первым шагом процесса автономной навигации является самонастройка транспортного средства в визуальной памяти. На этом этапе предполагается, что робот находится поблизости от месторасположения, в которой было запрошено ключевое изображение. Локальная оптимизация заключается в поиске изображения в памяти, которое наилучшим образом соответствует текущему изображению, путем сравнения предварительно обработанных и запрошенных изображений в режиме реального времени. Так же в работе были сформулированы гипотезы, связанные с тем, что кадр камеры совпадает с кадром робота, а так же для целей управления предполагается, что разрешенные перемещения

между двумя связанными изображениями ограничены перемещениями рассматриваемого беспилотного летательного аппарата.

После проведения эксперимента был сделан вывод, что состояние робота, необходимое для вычисления алгоритма управления, оценивается с использованием общей модели камеры, которая действительна для перспективных, катадиоптрических, и других камер типа «рыбий глаз». Эксперименты с X4-fluer, оснащенной камерой «рыбий глаз», показали обоснованность предложенного подхода. Таким образом, для будущих исследований будут актуальны вопросы об устойчивости к климатическим условиям, например, к ветру, улучшение оценки скорости с использованием только строенной камеры для навигационной задачи, изучение полностью автоматической схемы для формирования зрительной памяти и совершенствования этой навигационной схемы для реализации по маршруту, который не был осуществлён на этапе обучения.

Список использованных источников:

1. Курбангалиева А. С. Двухспектральный объектив видеокамеры микро БПЛА // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2012. — №5. — С. 28-32.
2. Мустаев А.Ф. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ "МАШИННОГО ЗРЕНИЯ" ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА // ВЕСТНИК НАУКИ. — 2019. — №12. — С. 195–198.

Применение средств дополненной реальности в эксплуатации БАС

Яшина Э.А.

МАИ, Москва

В настоящее время остро стоит вопрос о качественном обучении авиационного персонала и последующем обслуживании беспилотных воздушных судов (БВС). Для повышения уровня безопасности полетов необходимо обеспечить сбалансированный рост эффективности (технического уровня) авиационной техники и повышение качества подготовки летного и инженерно-технического персонала, эксплуатирующего эту технику [1]. На данный момент деятельность по обучению авиационного персонала осуществляют несколько организаций: АУЦ МАИ, ШЛИ имени Федотова, 924 ГЦ БА и др. Проанализировав образовательные процессы данных организаций, можно сделать вывод, что обучение проводится в три этапа: 1 — теоретическая подготовка, 2 — тренажерная подготовка, 3 — практическая подготовка. В основном занятия проходят в лекционном формате с применением обучающих плакатов, стендов и макетов. Имеются и другие наглядные методы обучения, такие как использование электронного учебного методического пособия (ЭУМП), видеоматериалы, снятые непосредственно с участием БВС, средства дополненной реальности.

Одним из самых перспективных способов получения и запоминания информации, является использование средств дополненной реальности, позволяющий обучать как, так и для летчиков. Существует возможность скомбинировать средство вывода информации исполнителю процедур и средство объективного контроля в едином устройстве, исполненном в виде очков со встроенным экраном дополненной реальности и видеокамерой [3]. Обучение происходит на примере конкретного БВС. На очки AR (augmented reality) выводятся последовательные шаги технологической карты, и техник, находясь непосредственно у БВС, осуществляет выполнение данных действий. Таким образом система позволяет обучающемуся изучать материал за счет погружения в реалистичную виртуальную среду вместо простого линейного прохождения курса. Также к процессу запоминания подключается механическая память. Отличным дополнением является запись видеоматериалов в процессе выполнения технологической операции. Видеозапись привязывается к определенному шагу в технологической карте. Тем самым упрощается создание видеоматериала для дальнейшего обучения персонала. Также одновременная видеозапись процесса позволяет осуществлять объективный контроль. Данная технология послужит дополнением к обучению авиационного персонала по эксплуатации БВС Орион-Э на базе предприятия АО «Кронштадт».

Из результатов работы следует, что использование AR-технологий позволит сократить время на теоретическую подготовку авиационного персонала, и увеличить объем получаемой информации, не понижая качество усвоения материала. При этом уменьшаются трудозатраты на подготовку видео-уроков. Видеоматериалы будут записаны автоматически при работе. Процесс монтажа большого объема видеоматериалов будет упрощен за счет автоматизации обработки предварительно размеченных тайм-кодов на основе тегов шагов технологической карты.

Список использованных источников:

1. И. Невская, «Задачи и принципы построения интерактивных электронных средств обучения эксплуатации полотножно-навигационного оборудования» Научный вестник МГТУ ГА, № 115, 2007.
2. ГОСТ Р 57258-2016 Системы авиационные беспилотные. Термины и определения.
3. О. Ю. Д. Е. П. Д. Черняков И.Е., «Интерактивные средства обучения,» Общероссийский научно-технический журнал, 2021
4. Дополненное Все. URL: <https://www.dinamika-avia.ru/mcenter/forum/detail.php?id=2949>
5. Комплекс информационной поддержки эксплуатации с использованием технологий дополненной реальности. URL: https://itorum.ru/wp-content/uploads/2020/06/05_dopolnennaya-realnost.pdf

Направление №2 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки

Секция №2.1 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки

Уточнение инженерной методики расчёта коэффициента расхода воздухаборника сверхзвукового пассажирского самолёта

Алендарь А.Д.¹

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Силюянова М.В.²

1) ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2) МАИ, Москва

В работе рассматривается инженерная математическая модель воздухозаборника (ВЗ) сверхзвукового пассажирского самолета (СПС), предназначенная для оценки интегральных параметров ВЗ: коэффициента расхода, коэффициента восстановления полного давления и коэффициента внешнего аэродинамического сопротивления во всем диапазоне эксплуатационных режимов. Объектом моделирования является нерегулируемый конвергентный автозапускаемый ВЗ смешанного сжатия со стреловидным клином [1], имеющий шестиугольную форму входного сечения. Торможение воздушного потока осуществляется в трех скачках уплотнения (два косых скачка и один прямой скачок). Начало боковых щек воздухозаборника смещено вниз по потоку. Кромка обечайки выполнена с изломом в соответствии с линиями пересечения скачков уплотнения с плоскостью обечайки на расчетном числе Маха.

Базовая инженерная методика расчета параметров входного устройства [2, 3] основана на основных положениях теории одномерных течений, а также обобщениях экспериментальных исследований плоских сверхзвуковых входных устройств. В рамках базовой методики боковое растекание потока перед плоскостью входа плоских ВЗ учитывается с помощью поправочного коэффициента $\Delta\varphi$, который определяется углом наклона панели клина торможения и площадью между боковой щечкой ВЗ и скачком уплотнения [4].

Применительно к рассматриваемому пространственному ВЗ в данной работе разработан подход к расчету коэффициента $\Delta\varphi$, базирующийся на теории истечения [5], и учитывающий геометрические параметры клина и щетки, а также перепад статического давления между потоком над клином и атмосферным потоком, что позволяет рассчитывать $\Delta\varphi$ по параметрам за каждым из скачков уплотнения. В качестве коэффициента расхода через площадь между щечкой и скачком уплотнения принят тангенс угла растекания, который определялся по линиям тока, полученным в результате численного моделирования в работе [1]. Углы растекания определены для различных чисел Маха полета и различных степеней дросселирования ВЗ. Показано приемлемое совпадение интегрального значения коэффициента расхода ВЗ, рассчитанного с помощью инженерной математической модели, и полученного в работе [1] при одинаковых числах Маха полета и степенях дросселирования, в том числе на режимах с выбитой головной волной.

Работа выполнена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «24» июня 2021 г. №075-15-2021-605).

Список использованных источников:

1. В.Г. Белова, В.А. Виноградов, Д.В. Комратов, В.А. Степанов, Д.Л. Захаров, В.П. Маслов Проработка облика интегрированного воздухозаборного устройства сверхзвукового делового/пассажирского самолета с модифицированной схемой сжатия и двухконтурным разделителем потоков на выходе. 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. — 861 с.: ил.

2. Алendarь А. Д., Силуянова М. В. Математическая модель силовой установки сверхзвукового самолета. СТИН. 2021. № 4. С. 46-49.

3. Полев А.С. Методика расчета характеристик воздухозаборника для гиперзвукового летательного аппарата с $M_{max} = 4...6$ с учетом вязкости и пространственности течения газа//Полев А.С., Еремеев М.В.//В сб.: Научно-методические материалы по процессам и характеристикам авиационных двигателей. -М.: Изд. ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1996.

4. Ремеев Н. Х. Аэродинамика воздухозаборников сверхзвуковых самолетов. — Жуковский: Издательский отдел Центрального аэрогидродинамического института имени проф. Н. Е. Жуковского (ЦАГИ), 2002. — 178 с.

5. Кошкин В.К., Михайлова Т.В. Термодинамическая теория истечения газов и паров, процесс дросселирования: Учебное пособие. — М.: МАИ, 1983. — 53 с. ил.

Моделирование процесса выгорания топливного элемента сложной конфигурации

Арнст Е.А.

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

ТулГУ, Тула

Целью работы является получение зависимости площади горения топливного элемента (ТЭ) от свода горения $S(e)$, обеспечивающей необходимое изменение внутрибаллистических характеристик в процессе работы двигателя беспилотного летательного аппарата (ЛА).

В качестве объекта исследования рассмотрена геометрия скреплённого ТЭ с каналом сложной конфигурации.

Канал состоит из разного рода конструктивных элементов, таких как короткие цилиндрические участки, конические переходы между каналами разного сечения, участок с каналом типа «звезда», имеющий семь лучей, участок с щелевыми пропилами. На участке канала, имеющем геометрию типа «звезда», на периферии в конструкцию ТЭ внедрены пенопластовые вставки для минимизации депрессивно-горящих остатков топлива [1]. Основной вклад в характер изменения поверхности ТЭ вносят щелевые пропилы и канал звездообразного типа, что обусловлено доминирующей протяженностью этих конструктивных элементов.

Расчет $S(e)$ проводился в трехмерной постановке в программном комплексе SGOR3.

Начальный относительный свод горения ТЭ достаточно большой, что не позволяет обеспечить постоянно поверхность горения только за счёт звездообразного канала, который в нашем случае имеет прогрессивную поверхность горения. Прогрессивность этого участка компенсируется совместным выгоранием щелевого участка, который имеет депрессивную поверхность горения, что позволяет получить характер выгорания ТЭ, при котором площадь горения изменяется не более чем на 25%.

На составленной диаграмме видно, что на начальном участке горения (до $e = 300$ мм) зависимость $S(e)$ для различных начальных температур имеет почти линейный характер, что объясняется тем, что на данном участке рост поверхности горения звездообразного канала полностью компенсируется горением щелевого участка. На следующем участке $300 \leq e \leq 550$ мм заметен спад $S(e)$, связанный с преобладанием влияния щелевого участка на изменение поверхности горения.

На участке $550 \leq e \leq 600$ мм наблюдается резкое падение функции $S(e)$ до нуля. По графику заметно, что правильно подобранные пенопластовые вставки существенно уменьшили продолжительность заключительного периода выгорания ТЭ.

Таким образом, использование в крупногабаритном РДТТ ТЭ с предлагаемой конфигурацией канала дает следующие преимущества:

1. Коэффициент объемного заполнения камеры сгорания (КС) составляет не менее 0,81, в то время как при использовании стандартного ТЭ канално-щелевого типа только 0,78, что существенно сокращает габариты двигателя.

2. Время воздействия высокотемпературных продуктов сгорания современных смесевых топлив на поверхность КС сокращается, что позволяет уменьшить массу теплозащитного покрытия [2].

3. Возможность получения необходимого характера изменения внутриваллистических характеристик в процессе горения ТЭ.

Список использованных источников:

1. Фахрудудинов И.Х., Котельников А.В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива: Учебник для машиностроительных вузов. — М.: Машиностроение, 1987. — 328 с.

2. Газодинамические и теплофизические процессы в РДТТ/А.М.Губертов, В.В.Миронов, Д.М.Борисов и др.; Под ред. А.С.Коротеева. М.: Машиностроение, 2004. — 512 с.

Объективная оценка современных расчетных методик по определению выброса сажи

Баранова Д.Л., Мукамбетов Р.Я., Биндиман А.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

В эпоху развития науки и техники, повышенного потребления энергетических ресурсов происходит понимание необходимости ставить вопрос защиты окружающей среды. Рост уровня токсичных загрязняющих веществ, концентрации парниковых газов плохо влияют на здоровье людей и биосферы нашей планеты. Борьба с вредными экологическими факторами на сегодняшний день одна из первостепенных задач. В то время как оценку уровня таких токсичных оксидов как окислы азота, окислы серы и угарный газ, являющихся продуктами сгорания тепловых двигателей, научились делать достаточно давно. Для оценки количества твердые частицы конденсированной фазы углерода — сажи в современном представлении ученых нет единого механизма. Все механизмы отличаются определенными нюансами и не могут претендовать на универсальность. До сих пор ведутся споры о преобладании той или иной теоретической модели образования сажевых частиц.

Тем не менее несмотря на все это приближенные расчетные модели могут давать неплохие результаты если они настроены и в них учтены нюансы связанные с режимами работы теплового химического двигателя. На сегодняшний день существует несколько направлений в развитии расчетных моделей образования сажи. Первые это чисто эмпирические модели, они просты и удобны, но дают мало информации о самих частицах они годятся только для общей массово-количественной оценке выброса сажи. Вторые это детализированные модели, дающие полное детальное представление о частицах, но они требуют много затрат на вычисления. И наконец третьи полуэмпирические модели, сочетающие в себе свойства первых и вторых.

В данной работе мы рассматриваем несколько различных методов моделирования процессов сажеобразования, делаем заключение о преимуществах и недостатках и выбираем наиболее оптимальный из них, соответствующий инженерному подходу, не требующему значительных вычислительных затрат.

Численное моделирование рабочего процесса в коаксиальном теплообменнике

Беспутина Е.В.

Научный руководитель — к.т.н. Митрохов Н.В.

МАИ, Москва

При проведении испытаний различных охлаждаемых деталей двигателей летательных аппаратов требуется теплообменник, позволяющий нагревать различные компоненты до высоких температур. В данной работе рассматривается математическая модель

коаксиального теплообменника, построенная в программном комплексе «ANSYS», с целью оценки его рабочих параметров и прогнозирования его характеристик на разных режимах работы.

В данной работе было проведено математическое моделирование теплообменника, состоящего из двух расположенных соосно труб. По внутренней трубе протекает горячий газ. В канале, образованном внутренней и внешней трубками, протекает нагреваемый компонент. Внутри трубы с горячим газом расположен стержень, который увеличивает скорость потока, тем самым увеличивая интенсивность теплообмена. Внешние поверхности теплообменника покрыты теплоизоляцией, для уменьшения потерь тепла в окружающую среду. Рабочий процесс в теплообменнике построен таким образом, что горячий газ и нагреваемый компонент текут в противоположные стороны.

Модель включает себя три домена: поток горячего газа; поток нагреваемого компонента; труба, разделяющая потоки.

В модели не учитываются подводящие и отводящие трубки и коллектора. Отсутствие излучения во внешнюю среду позволяет исключить из расчетной области внешнюю трубу теплообменника. Отсутствие теплового потока от горячего газа к стержню в стационарном режиме, позволяет не строить для него отдельный домен. Так как поле температур в теплообменнике симметрично относительно оси в модели проводится расчет сектора теплообменника с углом 60° . Такие допущения позволяют значительно уменьшить количество ячеек сетки, что приводит к ускорению расчета.

Большую роль в точности расчета играет правильное построение расчетной сетки вблизи трубы, разделяющей потоки, так как в этой области находится пристеночный слой, в котором происходит большая часть теплообмена. Для моделирования эффектов, происходящих в пристеночном слое, размер ячеек плавно уменьшается по мере приближения к трубе. Пристеночный слой нагреваемого компонента имеет 20 слоев с коэффициентом увеличения — 1,2. Пристеночный слой горячего газа имеет 40 слоев с коэффициентом увеличения — 1,1.

Расчет проводился в программном комплексе «ANSYS CFX».

Для нагреваемого компонента рабочее тело — воздух как идеальный газ. Для моделирования продуктов сгорания, в качестве рабочего тела горячего газа был задан воздух как идеальный газ, с теплоемкостью заданной полиномом. Модель турбулентности была выбрана Shear Stress Transport, так как она включает в себя модели турбулентности $k-\epsilon$ (вдали от поверхности) и $k-\omega$ (вблизи поверхности), что позволило учесть эффекты, происходящие в пристеночном слое. Расчет модели проводился с учетом лучистого теплообмена. В граничных условиях, на поверхности нагреваемого компонента, которая граничит с трубой настроено вращение для имитации закручивания потока. Данное закручивание потока в реальном теплообменнике обеспечивается с помощью спиральных канавок и служит для увеличения интенсивности теплообмена.

Для расчета характеристик теплообменника с помощью данной модели необходимо задать: расход нагреваемого компонента, расход горячего газа, полную температуру нагреваемого компонента на входе, полную температуру горячего газа на входе, статическое давление нагреваемого компонента на выходе, статическое давление горячего газа на выходе.

После проведения расчета в качестве основного результата можно выделить температуру нагреваемого компонента на выходе. Для оптимизации конструкции теплообменника могут быть полезны следующие результаты: поля температур в продольном и поперечном сечениях теплообменника, для выбора оптимальной длины и ширины канала; давление нагреваемого компонента и горячего газа на входе, для оценки прочности конструкции.

С помощью данной модели был произведен расчет теплообменника на различных режимах.

Результаты расчета сравнивались с результатами эксперимента на реальном теплообменнике. Результаты экспериментов и расчетов модели хорошо согласуются между

собой на различных режимах работы теплообменника, средняя разница в температурах не превышает 5%.

Полученные результаты говорят о хорошем качестве модели и применимости её при проектировании подобных теплообменников. В качестве достоинств можно отметить: малое время расчета, низкие требования к оперативной памяти.

Список использованных источников:

1. Митрохов Н.В. Экспериментально-расчетное исследование характеристик коаксиального теплообменника для нагрева топлива при исследованиях горения. / Вестник Московского авиационного института, т.18, №6, с. 47-52, Москва, 2011.

2. Основы работы в Ansys 17 / Н.Н. Федотова, С.А. Вальгер, М.Н. Данилов, Ю.В. Захарова. М., 2017. 212 с.

Количественная оценка выброса сажи в камере сгорания жидкостных ракетных двигателей большой мощности по верифицированной методике для ламинарного диффузионного пламени

Биндиман А.П., Мукамбетов Р.Я., Баранова Д.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Защита окружающей среды от вредных выбросов становится все более актуальной проблемой на сегодняшний день. По современным оценкам экспертов в различных областях если не позаботиться об этом сейчас то в дальнейшем можно столкнуться с более серьезными проблемами, решение которых приведет к значительным затратам и возможно к серьезным потерям биосферы земли. В большой степени повышения уровня загрязнения атмосферы связано с возрастающим потреблением энергетических ресурсов современным обществом. Скачок развития науки и техники предполагает широкое использование тепловых химических двигателей. Для привода генераторов электростанций можно предложить частичную замену тепловым двигателям, например, ГЭС, АЭС и альтернативные источники энергии. Но когда речь идет об авиационных и ракетных двигателях такая замена на сегодняшний день увы пока нецелесообразна или вообще невозможна, особенно если речь идет о ракетных двигателях, доставляющих полезный груз на орбиту.

Основными вредными для человека веществами, выбрасываемыми в окружающую среду, являются токсичные окислы азота и серы, а также угарный газ. Твердые фракции углерода — частицы сажи не токсичны, однако это никак не уменьшает их вредное воздействие на человека и окружающую среду. Мелкие частицы сажи, выпадающие в осадок при сжигании углеводородов и углеродосодержащих топлив, становятся опасным канцерогеном для человека. Соединяясь с каплями атмосферной воды, они способствуют формированию дождевых облаков, оседая на ледниках изменяют их поглощающую способность, вносят свой вклад в формирование парникового эффекта атмосферы.

Учитывая все сказанное в данной работе был произведена количественная оценка выброса сажи двигателями большой мощности. Оценка произведена на базе трехмерной расчетной модели, описывающей механизмы гидрогазодинамики и горения. Модель верифицирована на ламинарной диффузионной горелке, работающей при высоком давлении на углеводородном топливе. Расчетный метод позволяет приближенно оценить количество получаемой сажи в процессе работы ЖРД на ракетоносителе, так и в процессе контрольных испытаний на стенде.

Методика исследования характеристик перспективных силовых установок в системе летательного аппарата

Боранов А.А., Сучков Р.В.

Научный руководитель — Горбунов А.А.

МАИ, Москва

Современные силовые установки, в которых используются только газотурбинные двигатели, в ближайшее время будут не способны решать современные задачи, стоящие перед летательными аппаратами самолетного типа. Область применения авиационных двигателей одного типа ограничена по высоте и скорости полета. Также с каждым годом ужесточаются требования ИКАО по выбросам и шуму. Прогноз ЦИАМ им. П.И. Баранова показывает возможный вектор развития в область применения многосоставных (комбинированных, гибридных) силовых установок. Под этим понимается использование ГТД совместно с другими типами двигателей (ракетными, прямоточными, электрическими и т.д.).

На этапе предварительного исследования необходимо проводить расчет характеристик большого количества вариантов двигателей. Для силовых установок, включающим в себя несколько типов двигателей и систему их регулирования, задача многократно усложняется, что приводит к увеличению времени расчета и анализа результата. При этом отдельной задачей при каждой итерации будет подготовка исходных данных для загрузки в программу расчета. Характеристики, рассчитанные в разных программных комплексах и для разных двигателей, требуют подготовки для импорта в программу расчета СУ-ЛА.

В работе предлагается методика по подготовке исходных данных, предварительному анализу, расчету и оптимизации.

Исходные характеристики силовых установок представляют из себя файлы различных форматов, содержащие в себе значения установленных параметров, причем последовательность и структура расположения данных в различных файлах отличается, это приводит к увеличению времени на анализ. Характеристики СУ необходимо импортировать в программу СУ-ЛА, выполнение этой задачи ручной обработкой нецелесообразно, так как затрачивается большое количество времени.

Алгоритм подготовки входных данных включает в себя две основных части. Первая часть обрабатывает текстовый файл, содержащий в себе параметры СУ, в независимости от того к какой схеме она относится. В файле удаляется вся ненужная информация, после этого формируется массив из численных параметров, строго соблюдая его размерность и последовательность значений.

Вторая часть алгоритма обрабатывает полученный массив. Происходит сортировка численных значений по параметрам двигателя. Сортировка осуществляется по заранее заданному алгоритму, который включает в себя условия. Именно алгоритм с условиями анализируя массив, определяет какие именно физические величины в нем содержатся, проверяет правильность распределения чисел в массиве по физическим величинам.

После обработки файла с характеристиками СУ, благодаря новой методике в результате получаем необходимые для нас значения в виде массивов, тем самым полностью исключается ручная обработка исходного файла.

Данная методика содержит в себе ряд преимуществ:

1. Полное исключение ручной обработки входных параметров
2. Получение необходимых значений в нужном формате для дальнейших расчетов
3. Минимальная затрата времени на обработку данных
4. Возможность обрабатывать различные характеристики СУ, вне зависимости от того в каком виде они предоставлены

При решении задачи предварительного исследования схем двигательных установок важно подходить системно, т.е. проводить моделирование силовой установки в системе исследуемого летательного аппарата.

После подготовки входных данных, осуществляется расчет силовой установки в системе детального аппарата посредством модуля — решателя CNAU. Так как все входные величины уже распределены по своим отдельным массивам, расчет будет осуществляться автоматически, без применения ручной обработки входной информации, возможен только контроль параметров.

Как только СУ-ЛА подсчитана, с помощью машинного обучения производится анализ полученных результатов с целью оптимизации параметров СУ.

Топологическая оптимизация силовых элементов ГТД

Бородкин Н.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Марчуков Е.Ю.

ОКБ им. А.Люльки, Москва

Насколько эффективна спроектированная деталь, можно ли сделать её лучше, а если да, то насколько? Топологическая оптимизация даёт ответ на подобные вопросы, а аддитивные технологии или, как их ещё часто называют, 3D-печать позволяют реализовать полученную форму.

Данная работа посвящена анализу методов топологической оптимизации и эффективности их использования при проектировании деталей. Оптимизация топологии — это математический метод, который оптимизирует расположение материала в заданном пространстве для заданного набора нагрузок и граничных условий с целью максимизации эффективности требуемых параметров. Применение топологической оптимизации на этапе проектирования позволяет получить конструкцию с наиболее рациональным распределением материала в объёме, таким образом заметно снизить её массу, повысив при этом прочностные характеристики.

Для разработки методики топологической оптимизации выбраны кронштейн и рычаг механизации створок реактивного сопла. Оптимизация проводилась в программном комплексе Altair Inspire 2020.11850.

В ходе выполнения работы были проработаны следующие этапы:

- Построение области на основании исходной детали в Siemens NX
- Расчет оптимальной топологии в Altair Inspire
- Построение твердотельной модели детали с оптимальной топологией в Siemens NX 12 на основе полученной фасетной модели.
- Поверочный расчет деталей.

Целевыми критериями были выбраны: минимизация массы при заданном минимально допустимом запасе статической прочности и ограничение абсолютных перемещений.

Результатом оптимизации в Altair Inspire является предварительная фасетная модель, требующая дальнейшей конструкторской проработки. Твердотельная геометрическая модель, построенная на её основе, учитывает особенности аддитивного производства, такие как минимальная толщина перемычек и минимизация нависающих элементов.

Поверочный расчет на прочность проводился в программном комплексе ANSYS, так же в ближайшее время будут проведены статические испытания и испытания в составе изделия.

Обоснование конструктивного облика малоразмерного турбовального ГТД

Велиев Т.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Вятков В.В.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Актуальной задачей для современного двигателестроения является создание малоразмерного турбовального двигателя в классе мощности 150–250 кВт. Использовать в качестве исходного газогенератора наработки турбореактивных двигателей специального назначения, которые имеют малый ресурс работы, нецелесообразно. Поэтому следует отдельно рассмотреть ограничения по параметрам рабочего процесса и конструктивной схеме таких двигателей. В данном докладе анализируется конструктивная схема

турбовального двигателя со свободной турбиной. Газогенератор имеет одновальное исполнение и состоит из одноступенчатого центробежного компрессора, противочной камеры сгорания и осевой турбины. При реализации такой схемы имеются ограничения по параметрам рабочего процесса из-за однозначно неохлаждаемой турбины газогенератора и ограничения по степени повышения давления в компрессоре, так как следует отказаться от применения титановых сплавов на рабочем колесе. При этом следует помнить, что повышение параметров рабочего процесса уменьшает расход воздуха. Величина расхода воздуха через двигатель критична с точки зрения реализации центробежного колеса. Проблемы с проектированием центробежной ступени возникают при мощности менее 170 кВт. На схему проточной части и конструкцию жаровой трубы камеры сгорания главное влияние оказывают два фактора: большое отношение среднего диаметра выхода из закомпрессорного диффузора к среднему диаметру соплового аппарата турбины и минимальное расстояние между компрессором и турбиной, которое выбирается из-за большой частоты вращения вала.

Выбор компоновки силовой турбины зависит от требований к потребителю (назначение двигателя). Определяющим параметром, который определяет конструкцию свободной турбины, являются обороты выходного вала. При этом в любом конструктивном исполнении необходимо увеличивать средний ее диаметр. При этом имеется достаточно узкий диапазон этого изменения.

Применение регенерации тепла в цикле данного ГТД на первый взгляд кажется перспективным. Однако учет конструкции переходных каналов и условий входа в теплообменник не позволяют рекомендовать применение регенерации тепла в случае, когда по техническому заданию имеются ограничения по массово-габаритным характеристикам двигателя.

Разработка директивного технологического процесса обработки рабочей лопатки III ступени

Волков К.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Аслаян И.Р.

МАИ, Москва

Совершенствование конструкций газотурбинных двигателей предъявляет все большие требования к качеству рабочих лопаток, к технологии и оборудованию для их производства.

Одним из возможных путей повышения серийности производства ГТД, сокращения сроков изготовления, обслуживания и ремонта изделий является разработка и внедрение директивных технологических процессов. Директивный технологический процесс представляет собой полный комплект технической документации на отдельные технологические процессы, требующиеся для решения производственных задач при изготовлении существующих изделий и при по постановке новых изделий на производство применительно к условиям конкретного предприятия.

Так, освоение разработанного в 1975 году директивного технологического процесса литья лопаток с равноосной структурой позволило повысить качество лопаток, их размерную точность, значительно снизить брак на моторостроительных заводах и выполнить плановые задания по выпуску двигателей.

Анализ работы передовых предприятий, освоивших директивный технологический процесс, позволили обобщить его положительные и отрицательные стороны, наметить и реализовать пути его совершенствования.

Опыт совместной работы заводов с научно-исследовательскими институтами отрасли за прошедшее время позволили определить резервы производства, наметить и реализовать новые технические решения, направленные на дальнейшее повышение уровня производства, качества литых лопаток, повышение стабильности их свойств, снижение брака, повышение производительности и улучшение санитарно-технических условий литейных цехов.

Таким образом, проблема совершенствования системы и механизмов управления технологичностью изделий является по-прежнему актуальной и требует серьезной теоретической и методологической проработки. Базовые рабочие технологические процессы в ходе строительства, реконструкции и технического перевооружения предприятий отрасли должны пересматриваться и замещаться новыми, более прогрессивными директивными технологиями.

Данная работа посвящена анализу различных технологических процессов обработки рабочей лопатки III ступени турбины ГТД. Известно, что на разных предприятиях одну и ту же деталь могут производить совершенно по разным технологиям. Вследствие этого, при ремонте при установке на двигатель, например лопаток турбины, изготовленных на разных предприятиях отрасли, могут иметь разный ресурс работы вследствие особенностей изготовления по различным технологиям, что может привести к отказу двигателя в целом. Разработка и внедрение директивного технологического процесса позволит сгруппировать однотипные составные части изделия с целью повышения серийности производства, что создаст условия для повышения уровня его механизации и автоматизации, снижения брака и сокращения сроков изготовления, обслуживания и ремонта изделий. По результатам работы сформулированы рекомендации по модернизации технологического процесса, направленные на повышение ресурса лопатки и сокращение брака при производстве.

Экспериментально-расчётное исследование расходных характеристик дроссельного микрохолодильника фотоприёмного устройства системы наблюдения искусственного спутника Земли

Гацук К.А.

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

МАИ, Москва

Объектом рассматриваемого исследования является микрокриогенная система (МКС), обеспечивающая термостабилизацию фотоприемных устройств (ФПУ) оптико-электронных систем (ОЭС) для получения изображений поверхности Земли с искусственных спутников. Для обеспечения высокой кадровой частоты и минимальной пороговой мощности ОЭС применяют охлаждаемые до температуры 80 К и ниже фотонные инфракрасные приемники. Использование ОЭС на космических летательных аппаратах обуславливает предъявляемые к ним требования минимизации массогабаритных параметров и энергетических затрат на функционирование при длительном ресурсе работы. Наиболее важными параметрами и характеристиками МКС, как составной частью ОЭС, являются:

- Рабочая температура и стабильность ее поддержания в заданном диапазоне температур окружающей среды;
- Холодопроизводительность, оцениваемая количеством тепла, отводимого в единицу времени от ФПУ при его охлаждении;
- Холодильный коэффициент или термодинамический КПД — отношение холодопроизводительности к потребляемой мощности;
- Время вывода вакуумированного корпуса ФПУ на режим криостатирования.

Одним из применяемых типов МКС является система с использованием эффекта дросселирования реальных газов. Достоинством систем данного типа является простота, надежность, относительная экономичность, малые массо-габаритные характеристики охладителя, малое время вывода ФПУ на рабочий режим (от 1-2 секунд до нескольких минут); недостаток — ограниченное время работы, обусловленное имеющимся запасом рабочего газа. Проведенное исследование дроссельной МКС разомкнутого типа с использованием баллона со сжатым газом своей целью ставило уменьшение негативного эффекта указанного недостатка регулированием холодопроизводительности МКС за счет автоматизации регулирования расхода азота в качестве хладагента. Данное регулирование обеспечивается изменением проходного сечения дроссельного элемента за счет установки подпружинивающего конструктивного элемента, изготовленного из сплава с памятью

формы, т.е. способного менять свою упругость в зависимости от температуры — термочувствительного элемента (ТЧЭ). На базе разработанного программного обеспечения автоматизации измерений амплитудно-частотных характеристик ТЧЭ микрокриогенного холодильника (МКХ) проведено экспериментальное исследование зависимости его расходных характеристик от температуры на ФПУ. В ходе исследований был выявлен существенный разброс расходной характеристики по амплитуде. В одних случаях амплитуда пульсаций составляла не более 10 % от среднего значения, в других могла достигать сотен процентов. Это объясняется технологическими факторами изготовления и сборки дроссельного узла. С помощью исследования образцового саморегулируемого микрохолодильника (производство АО «НТК «Криогенная техника», г. Омск) было установлено, что оптимальное отклонение пульсаций МКХ по амплитуде должно быть не более 10%. В случаях, где амплитуда пульсаций расхода не соответствовала указанной норме, были выявлены отклонения от конструкторской документации при изготовлении конструктивных элементов. В ходе исследования также было установлено, что частота расходной характеристики не зависит от качества выполнения МКХ и составляет ~ 0,5 Гц. В данный момент ТЧЭ может выдерживать ~ 8000 термочиклов, что соответствует 4,5 часам непрерывной работы. Для повышения ресурса работы МКХ необходимо снижение частоты колебаний ТЧЭ. Данный параметр можно изменить путем применения сплава с памятью формы с более высокими демпфирующими способностями (например, никелид титана) или изменением конструкции МКХ.

Оценка теплового состояния стенки камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя при различных конфигурациях системы охлаждения

Гончаров Т.М., Крылова Ю.А., Шилов М.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Молчанов А.М.

АО «ММП имени В.В. Чернышева», Москва

В настоящий момент двигательные установки с жидкостными ракетными двигателями являются важнейшим элементом ракетно-космических систем. ЖРД остаются основным видом энергетических установок, позволяющих человеку преодолевать земную гравитацию и попадать в космическое пространство.

Несмотря на кажущуюся простоту, создание таких двигателей, как ЖРД, требует знаний и опыта, соответствующих современному уровню науки и техники, широкого использования методов гидродинамики, газовой динамики и теории теплообмена в инженерных расчетах. Сегодня на помощь ученым и инженерам, работающим в сфере ракетного двигателестроения, приходят CAD (Computer-aided design) & CAE (Computer-aided engineering) системы, позволяющие в значительной мере упростить, ускорить и автоматизировать процессы разработки.

Жидкостные ракетные двигатели работают в тяжелых условиях — давление в камере сгорания может доходить до нескольких сотен атмосфер, а температура продуктов сгорания превышать 4000 К. Ввиду того, что от надежности работы двигателя зависит жизнь членов экипажа, сохранность уникального научного оборудования и успех миссии в целом, к системе охлаждения ЖРД предъявляются жесточайшие требования. В частности, система охлаждения должна обеспечивать допустимую температуру огневой стенки сопла на разных режимах работы двигателя, во избежание ее прогара и разрушения двигательной установки.

В данной работе предложена методика определения теплового состояния огневой стенки камеры ЖРД на различных режимах работы двигателя при разных конфигурациях системы охлаждения.

Список использованных источников:

1. Васильев А.П., Кудрявцев В.М., Кузнецов В.А., Курпатенков В.Д., Обельницкий А.М., Поляев В.М., Полуян Б.Я. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. М.: Высшая школа, 1975, 656 с.
2. Алемасов В.Е., Теория ракетных двигателей / М.: Машиностроение, 1989. — 464 с.

3. Березанская Е.Л., Курпатенков В.Д., Надеждина Ю.Д. Расчет конвективных тепловых потоков в сопле Лаваля. М.: МАИ, 1976, 77с.

4. Молчанов А.М., Щербаков А.М. и др.. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники: учеб. пособие — МАИ — Калуга, 2013. — 262 с., с ил.

5. Березанская Е.Л., Кудряшцева Л.В., Курпатенков В.Д., Люлька Л.А. Расчет лучистых тепловых потоков. М.: МАИ, 1989, 64с.

6. Коватева Ю.С., Воробьев А.Г., Боровик И.Н., Хохлов А.Н., Казеннов И.С. Жидкостный ракетный двигатель малой тяги на топливе газообразный кислород и газообразный метан. Вестник Московского авиационного института 2011, т.18, №3, с. 45-54

Исследование параметров комбинированной силовой установки параллельной схемы на основе равновесных расчётов термодинамических параметров рабочего тела

Грунин А.Н.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Силуянова М.В.

МАИ, Москва

Расчет параметров прямооточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД) при больших скоростях полета (число Маха полетного выше 3), в большей степени зависят от точности описания термодинамических свойств рабочего тела. Известно, что в газовом потоке при достаточно высоких температурах (более 1800 К) заметно начинают проявляться явления, связанные с диссоциацией молекул и рекомбинацией их радикалов.

Термодинамические характеристики продуктов сгорания равновесной газовой смеси определяются на основе методики [1], которая позволяет рассчитывать термодинамические параметры газов в широком диапазоне изменения температуры, давления, коэффициента избытка воздуха и которые образованы следующими элементами: водород (H), кислород (O), азот (N), углерод (C), аргон (Ar). Термодинамические характеристики реагирующей смеси представлена в виде функции параметров давления, температуры и коэффициента избытка воздуха.

В работе проведен расчет параметров комбинированной силовой установки (КСУ) параллельной схемы на базе газотурбинного двигателя на режиме работы прямооточного контура по траектории с учетом, в равновесном приближении, реакции диссоциации и рекомбинации. Закон управления комбинированной силовой установки следующий: площадь критического сечения сопла изменяется из условия обеспечения заданной внутренней тяги ПВРД, а коэффициент избытка воздуха изменяется с 1,46 ($M=3$) до 1 ($M=6$). В условиях $M=3$ изменение расчетного значения приведенного расхода воздуха незначительно и не превышает 1%. При числах Маха равное 6, и высоте полета 25 км, изменение приведенного расхода воздуха достигает 5,6%, вследствие чего увеличивается потребная площадь входа в воздухозаборное устройство на 5,7%.

Эффект диссоциации оказывает влияние на значение теоретической температуры газового потока на выходе из камеры сгорания при числах Маха больше 4 (полная температура заторможенного потока на входе в КСУ 883 К). Наибольшая разница наблюдается в расчетах в условиях крейсерского полета КСУ. Теоретическая температура в этих условиях меньше на 13% по сравнению с расчетом термодинамических параметров по методике [2].

Список использованных источников:

1. Маркелов А.П., Семенов А.А. Газовая динамика и расчет характеристик прямооточных ВРД. М.: Инновационное машиностроение, 2017. — 386 с.

2. Дружинин Л. Н., Швец Л.И., Ланшин А.И. Математическое моделирование ГТД на современных ЭВМ при исследовании параметров и характеристик авиационных двигателей, Труды ЦИАМ № 832, 1979, 45 с.

Экспериментальное определение динамических характеристик роторов ГТД в процессе сборки

Дворяк П.А.
МАИ, Москва

Динамичность роторов ГТД зависит от радиальных и угловых жёсткостей в местах соединений элементов конструкции. При сборке роторов возникают производственные погрешности, приводящие к отклонениям жесткостей от номинальных значений. Они обусловлены величинами радиальных и осевых натягов в прессовых соединениях, погрешностями изготовления стяжных элементов конструкции ротора компрессора и ротора турбины, а также глубиной наклёпа стыковочных поверхностей, точностью и неравномерностью затяжки резьбовых соединений.

Доминирующие погрешности возникают:

- 1) при сборке — разборке ответственных соединений;
- 2) при неравномерной затяжке стяжных элементов конструкции;
- 3) при отсутствии контроля геометрических параметров ответственных стыков.

Погрешности, возникающие при сборке, снижают собственные частоты. Это происходит из-за того, что все погрешности сборки снижают жесткость конструкции. Таким образом, расчетные показатели собственных частот, которые могут быть далеки от рабочего диапазона, могут в него попасть.

Для контроля частоты собственных колебаний на этапах сборки роторов применяется модальный анализ. Модальный анализ проводится с применением дисбалансного вибровозбудителя, так как этот тип вибровозбуждения дает максимальное приближение к эксплуатационным нагрузкам ротора. По полученным амплитудно-частотным характеристикам можно судить о резонансной частоте.

Есть иные способы модального анализа более распространенные выше предложенного — ударный метод. Ударный метод представляет собой однократное кратковременное возбуждение испытуемого объекта. После обработки результатов испытаний получают декремент затухания и полученные амплитуды. Подобные испытания годятся для линейных систем, то есть систем достаточно простых, цельных деталей или изделий в которых соединения допустимо считать абсолютно жесткими. Ротора газотурбинных двигателей зачастую линейными не являются из — за, к примеру стыковых соединений, которые в работе имеют большие смещения.

Исследование рабочего процесса регенеративного охлаждения камеры жидкостного ракетного двигателя

Демахин Р.А., Мельников С.А., Кудряшов И.А.

Научный руководитель — к.т.н. Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

Во время работы двигателя стенки камеры требуют защиты от перегрева. Одним из способов теплозащиты является регенеративное охлаждение стенок камеры одним из компонентов топлива. Совершенствование системы регенеративного охлаждения камеры жидкостного ракетного двигателя является важнейшей задачей, связанной с улучшением характеристик двигателя и соответствием камеры двигателя современным требованиям.

В процессе расчёта параметров оребренного тракта охлаждения в первую очередь проводится расчет проточного охлаждения камеры. Корпус камеры разбивается на участки согласно рекомендациям [1]. Затем необходимо рассчитать величину плотности конвективного и лучистого теплового потока в стенку.

Зная величину теплового потока, рассчитывается подогрев охладителя на участках, с учётом испарения водорода в тракте охлаждения. Теплофизические свойства охладителя определяются с учётом их зависимости от температуры и агрегатного состояния [3]. При расчёте подогрева на участках необходимо учитывать разделение расхода компонента и возможное изменение высоты канала оребренного тракта.

Процесс расчёта регенеративного охлаждения проводится итерационным путём с целью получения оптимальных параметров работы системы регенеративного охлаждения камеры жидкостного ракетного двигателя.

На основе проведённого расчёта щелевого тракта охлаждения проводится расчёт оребрённого тракта. Коэффициент теплоотдачи в охладителе от оребренной стенки будет отличаться от коэффициента теплоотдачи гладкой стенки. Это учитывается вводом коэффициента эффективности оребрения. В процессе расчёта учитывается связь изменения коэффициента теплоотдачи и изменения температур горячей стенки, и, соответственно, величины конвективного теплового потока. Минимальная ширина канала в оребренном тракте принимается 1,5 мм, максимальная рассчитывается из условия прочности для каждого сечения. Из технологических соображений число рёбер желательнее изменять в целое число раз при изменении количества рёбер от секции к секции. Тогда возможно фрезерование части ребер на всей длине сопла за один проход. После расчёта оребрённого тракта охлаждения проводится расчёт величины гидравлических потерь в оребренном тракте. С полученными значениями гидравлических потерь проводится повторный расчёт с целью получения как можно более достоверных результатов.

Список использованных источников:

1. Пичугин, Д.Ф. Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов: учеб. пособие/ Пичугин Д.Ф. — Куйбышев: Изд-во Авиационного института, 1989, 244 с.:ил.
2. Борисов, В.А. Основы конструирования ракетных двигателей: учеб. пособие/ Борисов В.А. — Самара: Изд-во Самар. Гос. Аэрокосм. ун-та, 2007, 98 с.:ил.
3. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей: справочник/ Варгафтик, Н.Б.- Издательство «Наука», М.,1972, 720 с.:ил.
4. Технология производства двигателей летательных аппаратов и энергетических установок: Учеб. Пособие /В.А. Захаров, В.А. Шманев, А.П. Шулепов; Самар. Гос. Аэрокосм. Ун-т. Самара, 1996. — 76с.
5. Штехер, М.С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей / М.С. Штехер, — М.: Машиностроение, 1976. — 301 с.

Методика параметризации математической CAD/CAM модели в среде Siemens NX

Деткин А.В.

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

МАИ, Москва

В конструкциях некоторых ГТД, бывает, что лопатки/имитаторы нескольких ступеней в одном двигателе могут быть однотипными, с точки зрения геометрии, т.е. обладать одинаковым набором граней, ребер, поверхностей и т.д., но при этом иметь разные линейные размеры. С точки зрения производства подобного типа изделий, технологический процесс для них будет одинаковым, однако необходимо учитывать изменения в элементах необходимой оснастки и требуемого инструменте. В то же время для изготовления имитаторов на ЧПУ-станках, необходимо проектировать набор математических моделей этих деталей, а также конструировать модели оснастки и разрабатывать несколько однотипных управляющих программ (УП).

В работе описана методика проектирования математической CAD модели имитатора для последующей разработки САМ-модели в Siemens NX 1980, которая позволяет в процессе изменения параметрической CAD модели адаптировать не только САМ-модель, но и управляющую программу.

Также в работе приведён краткий технологический процесс изготовления имитаторов с применением современных методов обработки на станках с ЧПУ и методов контроля.

В результате были разработаны:

- Параметрическая CAD модель имитатора лопатки;
- Оснастка для установки изделия на станке;

- УП для 3-х координатной фрезерной обработки с ЧПУ, автоматически изменяющаяся для каждой ступени имитатора.

Был разработан и успешно внедрён технологический процесс изготовления имитаторов, который базируется на параметрической модели.

В докладе были сформулированы основные положения и правила проектирования однотипных моделей для последующей разработки универсальных управляющих программ для станков с ЧПУ.

Список использованных источников:

1. Ведмидь П.А., Сулинов А.В. Программирование обработки в NX CAM// изд. ДМК, 2014 — 297 с.

2. В.А. Новиков «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МОНТАЖА ПАРОВЫХ И ГАЗОВЫХ ТУРБИН» Издание 2-ое, переработанное и дополненное. Екатеринбург, 2009 г.

Разработка технологии применения графеновых нанотрубок в производстве перспективных газотурбинных двигателей

Дехьян Р.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Белова С.Е.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Наиболее сложной проблемой при проектировании турбин перспективных ГТД является разработка эффективных систем охлаждения. В частности, лопатки первой ступени турбины высокого давления испытывают не только высокие рабочие температуры, но и зачастую недопустимые пиковые температуры, способные привести к прогару оболочки пера.

Как известно, существует много способов интенсификации теплообмена в лопатках турбин. Одним из таких способов является применение турбулизаторов различного типа: штырьки, ребра, матричные участки. Вместе с тем, целесообразно рассмотреть и другие варианты конструкции турбулизаторов. Как вариант может использоваться спираль.

Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик обтекания спирали потоком показало, что спираль достаточно эффективно турбулизует поток без значительного влияния на давление потока.

Эксперимент проводился с использованием аэродинамического стенда и моделей спирали Архимеда различной геометрии. В ходе эксперимента проводилась сравнение уровней турбулентности создаваемой различными спиралями, а также характеристик обтекания единичной спирали и комплекта из трех спиралей. Также было выполнено численное моделирование обтекания спиралей в Autodesk CFD. Геометрия моделей и граничные условия полностью соответствовали условиям физического эксперимента.

Результаты эксперимента дали возможность определить оптимальную геометрию спирали и способ ее размещения во внутренней полости лопатки. Таким образом, предлагается конструкция лопатки с установкой во внутреннем контуре охлаждения системы спиралей, соединенных вертикальным стержнем.

Предлагается выполнить спиралевидные турбулизаторы из графена. В настоящее время не существует технологии, позволяющей использовать графен в качестве конструкционного материала для деталей турбин ГТД. Не взирая на сложность получения деталей из графена, он позволяет более быстро и эффективно отводить тепло. Вместе с тем графен обладает высокими прочностными характеристиками и малой массой, что важно для лопаток турбин.

Существует несколько видов графена, в частности, нанотрубки, являющиеся довольно эластичными, поэтому из них можно получить спирали.

Предлагается концепция технологии получения спиралей из ультратонких графеновых нанотрубок, выращенных на основе рекомендаций проекта «Growing Ultra-Long Carbon Nanotube Forests» (Waseda University).

Апробация способа подбора компрессора для использования в качестве пневмотормоза при испытаниях газотурбинного двигателя

Доценко А.Ю., Мельников С.А.

Научный руководитель — Новикова Ю.Д.

Самарский университет, Самара

Среди всех типов газотурбинных двигателей можно выделить турбовальные двигатели (ТВаД), в которых большая часть полезной тепловой энергии преобразуется на турбине в механическую энергию и отводится аппарату-потребителю мощности. Диапазон вырабатываемой такими двигателями мощности варьируется от 15 кВт на газотурбинных приводах до 40000 кВт на газоперекачивающих установках (ГПУ). В связи с высокими показателями значения мощности на ГПУ, а также высокой надежностью и экономичностью, в будущем следует ожидать расширение области их применения. После изготовления турбовальный двигатель проходит испытания с целью определить соответствие созданного изделия заявленным характеристикам. Испытательный стенд ТВаД оснащается тормозным устройством с целью утилизации энергии, которую вырабатывает двигатель в процессе испытания. Одним из вариантов тормозного устройства является пневмотормоз, представляющий собой воздушный компрессор.

Создание и проектирование компрессоров — дорогостоящая и сложная задача. В качестве решения данной проблемы предлагается использовать уже существующий компрессор, что позволит существенно сократить сроки создания пневмотормоза, снизить стоимость его разработки. Однако встает вопрос, как оценить возможность использования того или иного компрессора в качестве пневмотормоза. В данной работе описана апробация способа подбора компрессора для использования в качестве пневмотормоза при испытаниях газотурбинных двигателей [2]. Построена дроссельная характеристика газотурбинного двигателя наземного применения и рабочая область компрессора низкого давления существующего ГТД. Полученные графические зависимости сопоставлены на одном графике в координатах: мощность N — частота вращения вала n . Получен вывод о возможности применения выбранного КНД в качестве базового для создания пневмотормоза.

Список использованных источников:

1. Способ испытания газотурбинного двигателя и устройство для его осуществления RU 2 318 195 С2. МПК G01M 15/14(2008.02), G01M 15/00(2008.02). Публикация: 2008.02.27.

2. Новикова, Ю.Д. Способ подбора компрессора для использования в качестве пневмотормоза при испытаниях газотурбинных двигателей [Текст] / Ю.Д. Новикова, И.С. Поветкин // Сборник докладов Междунар. научн.-техн. конф. Проблемы и перспективы развития двигателестроения, 23–25 июня 2021 г. В 2 т. Т. 1. — Самара: Издательство Самарского университета, 2021. — С. 396-397.

Термодинамические характеристики гранулированного твёрдого топлива ракетного двигателя космического летательного аппарата

Елькин А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Малинин В.И.

ПНИПУ, Пермь

Многократный перезапуск ракетного двигателя рождает широкие возможности для решения космических задач. Актуальным направлением является создание двигателя для космических летательных аппаратов корректировки орбиты космических объектов. Об этом говорит интерес к запуску большого количества спутников. Для примера, компания «Space X» разворачивает спутниковую систему «Starlink» для обеспечения высокоскоростным доступом в Интернет всей планеты. Спутники, после их выведения в космос, требуется доставлять на рабочую орбиту и корректировать их положение при необходимости. Другой актуальной проблемой является космический мусор (КМ), он представляет угрозу действующим космическим объектам. Для уничтожения КМ

необходимо скорректировать его движение к «орбите захоронения» или снизить его высоту для того, чтобы он сгорел в плотных слоях атмосферы.

Ракетные двигатели на порошкообразном твердом топливе приближены к сохранению баланса между простотой конструкцией и осуществлением циклов многократного перезапуска, компоненты их топлив нетоксичны и способны конкурировать по энергетическим параметрам с топливами ЖРД.

В работе [1] предлагается ракетный двигатель на гранулированном твердом топливе (ГТТ). Особенность такого порошкообразного двигателя — его топливо в виде гранул, в каждой из которых имеется окислитель и горючие. На основе работ [2-3] определены преимущества такого подхода использования топлива:

1. При использовании ГТТ нет необходимости использовать несколько баков, отдельно для окислителя и горючего.

2. В конструкции порошкообразных двигателей есть газопроницаемые поршни, необходимые для плотной упаковки порошка. Если топливных баков несколько, необходимо обеспечить синхронность работы поршней. В двигателе на ГТТ такая необходимость отсутствует.

3. Упрощается организация внутрикамерных процессов, так как отсутствует инжекторное устройство, обеспечивающие смешение компонентов. Исчезает необходимость организации интенсивной рециркуляции потоков, которая вызывает осаждение порошка на стенках камеры сгорания (КС).

4. Использование ГТТ упрощает процесс воспламенения, так как в любой области пространства КС всегда присутствует необходимое соотношение окислителя и горючего.

5. Из-за отсутствия зоны смешения, КС можно сделать менее габаритной.

Для определения оптимального состава ГТТ сформированы термодинамические критерии:

1. Температура в КС ($T_{кс}$) выше 2500 К.

2. Минимальное содержание к-фазы в продуктах сгорания (к-фаза дополнительный источник космического мусора).

3. Максимальное значение массового ($J_{уп}$) и объемного удельного импульса ($J_{уп\rho}$).

В качестве топливных компонентов выбраны известные вещества, применяемые в ракетной технике: перхлорат аммония (АР), октоген (НМХ), НТРВ. Определены следующие составы: АР (38%) и НМХ (62%) (состав 1), АР (90%) и НТРВ (10%) (состав 2). Состав 1 реализуем в виде гранулированного топлива путем механического смешивания компонентов в смесителе [4]. Состав 2 реализуем в виде ГТТ путем испарения растворителя и плавлением водной суспензии [5].

Выбранные составы ГТТ сравнивались с известными топливами ЖРД (НДМГ и H_2O_4 — ЖРТ 1, НДМГ и HNO_3 — ЖРТ 2):

Описание состава 1:

• Высокая фактическая плотность — 1286 кг/м³, выше чем у ЖРТ 1 1105 кг/м³ и ЖРТ 2 1171 кг/м³ (более чем на 10%);

• Высокое значение $J_{уп\rho}$ — $406 \cdot 10^4$ кг/(м²·с), выше чем у ЖРТ 1 — $376 \cdot 10^4$ кг/(м²·с) и ЖРТ 2 — $372 \cdot 10^4$ кг/(м²·с) (до 10%);

• $T_{кс}$ допустима — 3162 К;

• Доля к-фазы — 0%

Описание состава 2:

• Имеет более низкую $T_{кс}$, чем состав 1 (2949 К);

• Фактическая плотность — 1177 кг/м³;

• $J_{уп\rho}$ = $376 \cdot 10^4$ кг/(м²·с);

• Доля к-фазы — 0%.

• Состав не уступает по плотности и $J_{уп\rho}$ ЖРТ 1 и ЖРТ 2.

Выбранные топливные составы ГТТ конкурируют с ЖРТ и соответствуют критериям оптимальности.

Список использованных 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. Experimental study on multiple-pulse performance characteristics of ammonium perchlorate/aluminum powder rocket motor // Yue Li, Chunbo Hu, Zhe Deng, Chao Li, Haijun Sun, Yupeng Cai // Acta Astronautica
3. Ягодников, Д. А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов / Д. А. Ягодников. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 432 с. — ISBN 978-5-7038-3195-3.
4. Synergistic Effect of Ammonium Perchlorate on HMX: From Thermal Analysis to Combustion / Alla N. Pivkina, Nikita V. Muravyev, Konstantin A. Monogarov, Valery G. Ostrovsky, Igor V. Fomenkov, Yury M. Milyokhin, and Nickolay I. Shishov // Chemical Rocket Propulsion. — 2017. — P. 365-381.
5. Research of formulation and processing of Hydroxyl-Terminated Polybutadiene (HTPB) propellants / An Chongwei, X. D. Guo, X. L. Song, Youchun Wang, F. S. Li // Journal of Energetic Materials, 2009. — Vol. 27, — P. 118-132.

Износ твердосмазочного покрытия в динамическом торцевом уплотнении и в условиях фреттинга

Еремкина М.С., Николаев И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лесневский Л.Н.

МАИ, Москва

Проведенные ранее в лаборатории «Плазменная технология покрытий» технологические отработки и материаловедческие исследования по выбору материалов и режимов формирования покрытий позволили разработать опытный технологический процесс формирования магнетронного твердого смазочного покрытия (ТСП) на основе TiN для обеспечения гарантированной работоспособности динамического торцевого уплотнения жидкого кислорода.

Однако агрегаты жидкостных ракетных двигателей являются мощным источником вибраций, под воздействием которых происходит интенсивное контактное взаимодействие деталей двигателя и возникновение фреттинг-износа [1,2].

Поэтому в рамках данной работы были продолжены исследования покрытия TiN и предложенных композитных модификаций на его основе в направлении определения их фреттингостойкости. В процессе формирования покрытия, согласно рекомендациям [4], в его состав в качестве твердого смазочного материала добавлялся свинец Pb путем (со)распыления моноэлементных (Ti в среде аргона с азотом и Pb) катодов-мишеней из двух раздельных магнетронов. Впервые свойства покрытий TiN-Pb исследовались в работе [3]. Схема нанесения и режимные параметры нанесения покрытий представлены в работе [5]. Для формирования покрытий использовались плоские титановые образцы марки BT-6 диаметром 22,5 мм и толщиной 2,5 мм. Толщина покрытий не превышала 4 мкм. Полученные покрытия TiN-Pb сравнивались с покрытием из TiN, нанесенного на элемент кольца из стали 95X18. Толщина покрытия TiN также не превышала 4 мкм.

Исследования фреттингостойкости проводились в режиме относительного возвратно-поступательного движения образцов. Поскольку одним из основных источников вибраций является пульсация тяги ЖРД, то на первом этапе настоящих исследований, согласно рекомендациям [6], были выбраны относительно высокоамплитудные низкочастотные колебания в диапазоне до 50 Гц. Поэтому частота относительного перемещения образцов на этом этапе исследований f была принята равной 20 Гц, в большинстве экспериментов образцы совершали $N_c=5 \cdot 10^4$ циклов возвратно-поступательного перемещений (что составляет примерно 40 минут непрерывной работы), при значениях перемещений $D=60$ мкм. В качестве контртела использовалась сфера-шарик диаметром $\varnothing 12,6$ мм из ШХ-15. Нормальная сила в контакте $F_n=1$ Н, что при типе контактного взаимодействия

сфера/плоскость соответствовало давлению в контакте ~400 Мпа. Все эксперименты проводились в лабораторных условиях: температура окружающей среды — 23°C, влажность — 30%.

Из анализа полученных на машине трения результатов в ходе испытаний на фреттинг-изнашивание для композиционного покрытия TiN-Pb было определено оптимальное значение свинца Pb в составе покрытия, лежащее в диапазоне 5-10% ат при котором объёмный износ был минимальным. На основании результатов трибологических испытаний и анализа петель гистерезиса Fтр-D, полученных при возвратно-поступательном изнашивании образцов, было установлено, что износ этого оптимального покрытия в 1,2 раза меньше, чем у покрытия TiN в заданных условиях эксперимента. Сравнение трибологических свойств покрытий с помощью энергетической подхода показало, что коэффициент объёмного износа покрытия TiN-Pb с оптимальным значением Pb на 12% ниже, по сравнению с покрытием TiN, что свидетельствует об улучшении трибологических характеристик покрытия TiN за счет добавления в него смазочного компонента Pb.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: грант №20-38-90118.

Список использованных источников:

1. Heredia-Cancino, J.A.; Ramezani, M.; Álvarez-Ramos, M.E. Effect of degradation on tribological performance of engine lubricants at elevated temperatures. Trib. Int. 2018. Volume 124, pages 230-237
2. Полянский А.М., Полянский В.М. Особенности фреттинг-износа в ЖРД // Труды НПО «Энергомаш» имени академика В.П. Глушко», 2012. № 29. С. 265-276
3. Л.Н.Лесневский, С.Г. Клопов, В.Н.Тюрин, А.М.Ушаков Получение композиционных пленок с нанослоями системы TiN-Pb в магнетронной распылительной системе / Материалы Международной научно-практической конференции "Нанотехнологии и информационные технологии XXI века". — М.: МГОУ, 2006. С. 69-72
4. Лесневский Л.Н., Тюрин В.Н., Ушаков А.М. Способ формирования композитных твёрдосмазочных покрытий на рабочих поверхностях узлов трения. Патент на изобретение №2416675 от 20.04.2011. — 7 с.
5. Lesnevskiy L.N., Lyakhovetskiy M.A., Lozovan A.A., Nikolaev I.A., Pavlov Y.S. Tribological properties of solid lubricating coatings of the TiN-Pb system at various Pb content // Journal of Physics: Conference Series, 2020. 1713(1), 012029
6. Перфильев А.С., Султанов А.Э., Герасименко С.Ю. Условия возникновения высокоамплитудных низкочастотных колебаний корпуса ракеты носителя, снижающих надёжность агрегатов двигательных установок // Известия ТулГУ. Технические науки, 2018. Вып. 7. С. 391-400

Совершенствование технологии высокоинтенсивной ультразвуковой очистки деталей ДЛА

Ермаков В.В.

Научный руководитель — Козинер Ю.Д.
МАИ, Москва

В настоящий момент, к деталям ГТД предъявляют все более серьезные требования к точности их изготовления, качеству поверхности, надежности работы в условиях высоких температур и т.д. В то же время постоянно растут и требования к очистке. В процессе изготовления и эксплуатации охлаждаемых лопаток ГТД требуется периодическая очистка внутренних каналов лопаток от загрязнений.

Исходя из этого, необходимо найти новый способ очистки внутренних поверхностей охлаждающих каналов лопатки. Метод ультразвуковой очистки является наиболее оптимальным. Он заключается в воздействии на погруженную в моющий раствор деталь высокочастотными звуковыми волнами высокой интенсивности, которые обеспечивают удаление загрязнений с поверхности детали.

Наиболее перспективным направлением в развитии технологии ультразвуковой очистки внутренних каналов охлаждаемых лопаток является ее автоматизация. Применение роботизированных установок позволяет значительно снизить время, затрачиваемое на обработку серии деталей.

Анализ ручной высокоинтенсивной ультразвуковой очистки показал достаточно высокую трудоёмкость процесса и значительное время, затрачиваемое на качественную очистку деталей. Трудоёмкость метода направленной ультразвуковой очистки можно значительно снизить путем автоматизации процесса очистки, используя установку с системой числового программного управления.

Список использованных источников:

1. Сироткин, И. А. Разработка технологии высокоинтенсивной ультразвуковой очистки охлаждаемых лопаток ГТД при их изготовлении и ремонте: специальность 05.07.05 "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сироткин Игорь Александрович. — Б.м., 2010. — 135 с.

2. Ивкин Е.И., Козинер Ю.Д., Мельников А.В., Козинер Д.Ю. Технология изготовления газоразрядных камер для высокочастотных плазменных энергоустановок с использованием ультразвуковых методов обработки. // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. №3. С. 178-182.

Выбор показателей оценивания эффективности функционирования системы контроля ракетного двигателя

Завьялова М.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гончар А.Г.

МАИ, Москва

Система контроля является неотъемлемой частью проверки и управления ракетным двигателем.

Система заключается в границы области значений входного и выходного сигнала, поступающих от регистрирующего и измерительного датчиков [1].

Система состоит из элементов и связей между ними, образующих структуру. К элементам системы относятся: датчик, получающий и измеряющий сигнал; усилитель-преобразователь сигнала; компенсатор внешнего воздействия; устройство обработки информации (определяет достоверную истинную, достоверную ложную, недостоверную истинную и недостоверную ложную информацию); устройство сравнения (сравнивает параметры измеренного сигнала с их допустимыми значениями); устройство формирования и выдачи исполнительной команды [2].

Для оценивания экономической эффективности системы контроля используют обобщающие и частные показатели [3,4].

Основные обобщающие показатели экономической эффективности системы контроля, следующие: годовой экономический эффект; расчётный коэффициент эффективности капитальных затрат на разработку и внедрение системы контроля; срок окупаемости капитальных затрат на разработку и внедрение системы контроля.

К основным частным показателям, характеризующим экономическую эффективность системы контроля, относят: годовой прирост прибыли; повышение производительности труда; повышение качества выпускаемой продукции.

Качество (надёжность) системы контроля можно обеспечить в том числе и путём совершенствования методов оценивания её функционирования. Для этого методы оценивания, реализуемые в конкретных методиках, должны предусматривать проведение анализа с использованием математических подходов, которые должны определить вид сигнала, поступающего на датчики (классифицировать его). Методика должна обеспечивать проведение классификации сигналов, в том числе путём их анализа и сравнения с сигналами, поступившими от других датчиков. Что позволит составить целостную (более объективную) картину работы двигателя. Например, система контроля должна классифицировать

(по параметрам, поступившим на обработку) поступивший сигнал на достоверный или вероятностный [5].

После этого система должна обеспечивать перевод вероятностных сигналов в разряд ложных или истинных (достоверных). В зависимости от этого система выдает команду на отключение двигателя или не препятствует продолжению его функционирования.

В докладе предлагается на основе выбранных обобщённых и частных показателей подход к формированию методики оценивания целевой эффективности функционирования системы контроля.

Исследование влияния параметров шлицевого соединения на динамику гибкого ротора НД

Зажарнов К.А., Аксёнов Е.В.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Стендовые испытания газотурбинного двигателя НК-32 серии 02 регулярно сопровождаются повышенными вибрациями с частотой ротора каскада низкого давления. Ротор НД с точки зрения наличия в рабочем диапазоне частот вращения является гибким, кратковременное увеличение вибраций проявляется при проходе через критическую частоту в быстротекущем процессе перехода на более низкий режим работы. На ПАО «ОДК-Кузнецов» проводится широкий комплекс работ, направленных на снижение вибраций. Одним из таких мероприятий является исследование влияния условий изготовления и сборки шлицевого соединения на динамику ротора НД.

Валы компрессора и турбины низкого давления соединяются шлицами, с последующей стяжкой болтом. Расчётно и экспериментально, по набору статистических данных, определён диапазон проявления критической частоты ротора НД — 4250...4900 об/мин, максимальная частота вращения ротора более 5000 об/мин. При этом, в процессе прохода критической частоты с набором оборотов, превышения нормированного уровня вибраций не наблюдается. Предположительно, весомый вклад в проявление повышенного уровня вибраций вносит тот факт, что момент в шлицевом соединении при сбросе оборотов минимален, что, в свою очередь, обеспечивает некоторую свободу взаимного перемещения в шлицевом соединении. Для расчётного определения влияния «жёсткости» шлицевого соединения построена динамическая модель ротора НД.

Параметры шлицевого соединения определены методами численного моделирования с предварительным построением шлицев в соответствии с требованиями конструкторской документации с зазором в пределах допусков — 0,11...0,22 мм [1].

Расчёт критических скоростей проведён методом начальных параметров с использованием динамической эквивалентной модели ротора. В результате установлено, что при расчёте с учётом жёсткости шлицевого соединения по КД изгибная критическая частота вращения ротора существенно (до 7%) изменяется.

С учётом возможных отклонений от требований КД, полученные результаты подтверждают актуальность проведения экспериментальной работы, направленной на определение взаимного перемещения в области шлицевого соединения группы валов КНД-ТНД с предварительным определением геометрии шлицев на контрольно-измерительной машине. В настоящее время ведётся подготовка к проведению испытаний, по результатам которых будет валидирована динамическая модель для более точного прогнозирования вибрационного состояния изделия, а также определена необходимость проведения ряда мероприятий, направленных на устранение дефекта, связанного с повышенными вибрациями, и минимизацией съёмов изделий с испытаний, а именно:

1. Введение дополнительных этапов контроля при сборке ротора;
2. Ужесточение допусков при изготовлении шлицев;
3. Изменение конструкции шлицевого соединения;
4. Модернизация условий сборки ротора с учётом меток на шлицах.

Список использованных источников:

1. ОСТ 1 00086-73. Соединения зубчатые (шлицевые) эвольвентные [Текст] — Введ. 1974-04-01. — М.: Издательство стандартов, 1973. — 19 с.

Проектирование системы подвески перспективного авиационного двигателя с помощью современных подходов конструирования

Зеленкевич А.Д., Уклсин Р.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Уланов А.М.

Самарский университет, ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

С развитием авиации и космонавтики остро стоит вопрос о снижении массы изделия. Этого можно добиться с помощью новых подходов к проектированию и производству. В данной работе рассмотрено проектирование кронштейна подвески перспективного авиационного двигателя с помощью методов топологической и параметрической оптимизации с целью его производства с помощью аддитивных технологий.

На основании реально существующей модели кронштейна-прототипа с использованием ANSYS Workbench 18.2 была получена топологически оптимизированная конструкция кронштейна подвески. Она была рассчитана на прочность с теми же граничными условиями, что и для прототипа;

Предполагается, что у итогового варианта конструкции, изготовленного с помощью аддитивных технологий, будет такой же материал, как и у прототипа — сталь 30ХГСА. Масса прототипа составляет 10,9 кг, а оптимизированной конструкции 1,86 кг, что на 82,9% меньше.

С целью снижения экономических затрат при проведении эксперимента, была изготовлена модель кронштейна в масштабе 1:2 с помощью аддитивных технологий из пластика марки PLA. Из этого же пластика были изготовлены имитатор тяги и плоские образцы для определения прочностных характеристик пластика. В ходе экспериментов было установлено, что свойства пластика PLA анизотропны и сильно зависят от расположения слоёв печати. Максимальный предел прочности образца из пластика составляет 24 МПа. По результатам испытаний была построена аппроксимирующая кривая деформирования пластика PLA в истинных напряжениях и деформациях. Полученные свойства материала были использованы при прочностном расчёте модели оптимизированной конструкции.

Разрушение модели оптимизированной конструкции произошло в области проушин. На боковых перемычках зафиксированы пластические деформации. Это сходно с областью распределения максимальных напряжений в расчетном образце.

Для получения более точных результатов необходимо большее количество испытаний, печать металлической конструкции и ее сравнение с экспериментальное сравнение с расчетами и пластиковой моделью. Оптимизированный кронштейн требует конструкторской доработки для исключения возможных резонансов, а также повреждений, полученных в ходе эксплуатации.

Форсирование газотурбинного двигателя впрыском воды в компрессор

Зотикова П.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лепешинский И.А.

МАИ, Москва

В данной работе исследуется влияние впрыска воды в компрессор газотурбинного двигателя, с целью уменьшения его потребляемой мощности. Для того, чтобы промоделировать данный процесс были разработаны программа для расчёта проточной части компрессора, а также программа для расчёта течения и испарения капель в проточной части компрессора. В основе данного расчёта лежит Лагранжева математическая модель течения капель в газовом потоке, и модель испарения капель Франка Каменецкого. С помощью данной расчётной программы были определены оптимальные значения параметров впрыска (расхода воды и диаметра капель). В качестве прототипа двигателя выбран авиационный вспомогательный одновальный газотурбинный двигатель ТА-6. Процесс впрыска воды компрессор вводит некоторые термодинамические коррективы в цикл, что показывает высвобождение свободной мощности при впрыске воды в компрессор. Использование свободной мощности, полученной в результате впрыска воды в компрессор, величина этой

мощности, характеристики процесса, геометрия проточной части компрессора будут рассматриваться следующих главах. В данной работе рассмотрен впрыск воды компрессор, высвобождающий мощность на турбине, которая может использоваться для получения дополнительного расхода воздуха или на дополнительные устройства, что и означает форсирование двигателя. И это будет другой двигатель, который можно спроектировать. Он будет иметь повышенный расход воздуха, ту же степень сжатия что и ТА-6, но будет иметь свободную турбину и большую свободную мощность. При этом компрессор не увеличит вес. Здесь возможны следующие варианты, в которые закладывается с самого начала впрыск воды в компрессор. Их и надо просчитать. Для улучшения процесса испарения капля компрессор увеличивается на одну ступень, и впрыскивается дополнительное топливо в камеру сгорания, чтобы в процессе температура перед турбиной не снизилась. Используем эту мощность для привода насоса. Впрыск воды в компрессор позволяет существенно улучшить характеристики самого ГТД, но и применить его для развития и совершенствования других устройств.

Расчётно-экспериментальное исследование бедного срыва пламени при горении метано-водородной смеси с различной долей содержания водорода в топливе

Идрисов Д.В., Попов А.Д., Новичкова С.С.
Научный руководитель — к.т.н. Матвеев С.С.

Самарский университет, Самара

В последнее десятилетие в России активно изучается метод повышения устойчивости «ультра-бедного» (коэффициент избытка воздуха $\alpha_{гор} > 2.3$) малоэмиссионного горения в КС, основанный на использовании альтернативных топлив или на использовании инципирующих добавок к стандартным топливам.

Исследования процессов горения и эмиссии вредных веществ в продуктах сгорания углеводородных топлив, проводимые за рубежом и в России, показывают улучшение характеристик горения при использовании водорода, как топлива, так и в качестве добавки его к углеводородным стандартным топливам. Даже относительно небольшая добавка водорода, обладающего высокой скоростью сгорания, позволяет с одной стороны снизить выброс ряда вредных веществ, а с другой стороны, работая на «бедных» смесях, обеспечить эффективность и устойчивость процесса сжигания топлива.

В то же время, как известно, при использовании добавок водорода в топливо возникает ряд проблем, а именно:

- Повышенная теплонапряженность на элементы камеры сгорания двигателя;
- Опасность проскока пламени вверх по потоку, что может привести к разрушению двигателя;
- Изменение пульсаций давлений от пламени, что может привести к разрушению элементов камеры сгорания.

Поэтому при разработке новых установок с горением необходимо определить диапазон устойчивой работы камеры сгорания, а именно бедный срыв пламени и вероятность проскока пламени вверх по потоку. На этапе проектирования установок с горением, для решения данных задач целесообразно воспользоваться верифицированными методиками расчётов в трёхмерной постановке, с использованием методов вычислительной газовой динамики и горения.

Таким образом, предметом исследования настоящей работы является расчётно-экспериментальные исследования границы устойчивой работы модельной камеры сгорания, работающей на метано-водородных смесях (МВС). Целью работы является разработка и верификация методики определения пределов устойчивого горения при горении МВС.

В результате проделанной работы были проведены расчётно-экспериментальные исследования по определению бедного срыва пламени и проскока пламени вверх по потоку на модельной камере сгорания при горении метано-водородной смеси с долей содержания водорода 0..60% по объёму.

Технологическое оснащение экспериментальных исследований динамических характеристик и неуравновешенности роторов барабанно-дискового типа

Катанов М.А.

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

МАИ, Москва

На этапах проектирования, доводки или внедрения конструктивно-технологических мероприятий в конструкцию ротора определяют его динамические характеристики. Экспериментальное определение характеристик и неуравновешенности ротора, как отдельной составной части двигателя, выполняют на вакуумных разгонно-балансировочных стендах или специальных установках. Для чего изготавливают специальный ротор-имитатор, который является эталоном для реального ротора и применяется для проверки испытательного стенда.

Ротор-имитатор должен соответствовать идеальному ротору прототипу, а именно: отвечать по геометрии масс реальному, его конструкция не должна иметь разъемных соединений, так как разъемные соединения, реально имеющиеся в роторе, вызывают переменные технологические факторы. Они обуславливают отличие критических частот вращения от расчетных, снижают жесткость конструкции и создают эксплуатационные дисбалансы.

Методика проектирования ротора-имитатора предусматривает:

1. Определение геометрии масс ротора прототипа
2. Конструирование имитатора с обеспечением расстояния между опорами прототипа, положением плоскостей коррекции и заданием контрольных поверхностей. Отличительная особенность этих поверхностей — наличие радиального биения, ожидаемого в эксплуатации в виде эксцентриситета.
3. На основании полученной конструкции в 3D-постановке вычисляются параметры геометрии масс, а затем проводится их подгонка под параметры реального ротора
4. С использованием САЕ системы Ansys проводится модальный анализ динамических характеристик имитатора, расчет статической жесткости ротора и его прогиб от действия неуравновешенных сил.

5. Определяются допустимые нагрузки на опоры, прогибы и дисбалансы ротора.

В качестве реального ротора был принят ротор высокого давления турбо реактивного двигателя. В результате проектирования по изложенной выше методике была обеспечена требуемая геометрия масс и найдены его динамические и статические характеристики.

При экспериментальных исследованиях на стендах он может служить в качестве контрольного ротора для их проверки. Методика такой проверки заключается в определении порогов чувствительности вибраций, нагрузок на динамометрические опоры, дисбалансов и прогибов.

После изготовления имитатора необходимо найти действительные статические и динамические характеристики и параметры геометрии масс экспериментальным путем.

Исследование особенностей горения микро- и мезомасштабных диффузионных реагирующих струй

Клюев А.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гурьянов А.И.

РГАТУ им. П.А. Соловьева, Рыбинск

Одним из основных направлений энергетики является преобразование химической энергии топлива в тепловую, электрическую и другие виды энергии [1]. Интерес обусловлен повышением эффективности существующих технических устройств и снижением эмиссии загрязняющих веществ. Ужесточение экологических требований, предъявляемых к газотурбинным установкам, требует модернизации элементов двигателя, в частности камер сгорания. В современных низкоэмиссионных камерах сгорания

организовано горение с предварительным смешением топливно-воздушной смеси, что позволяет регулировать соотношение компонентов во фронте пламени, контролируя температуру реакции. Однако при достижении на выходе из компрессора степени повышения давления $\pi_k \approx 80$, скорость горения достигает значений, при которых велика вероятность проскока пламени в зону смешения.

В качестве альтернативы предлагаются камеры сгорания, которые будут работать по диффузионному механизму с микрофакельным принципом сжигания топлива, что предполагает разделение единого факела на множество микро- или мезомасштабных факелов [2]. Такой способ организации рабочего процесса исключает проскок пламени, расширяет диапазон рабочих режимов, повышает устойчивость пламени, снижает эмиссию вредных веществ за счет малого времени пребывания рабочей среды в зоне реакции.

Проектирование микрофакельных камер сгорания невозможно без фундаментальных знаний термогазодинамики в области горения на микромасштабах [3]. На начальном этапе проведены исследования микро- и мезомасштабных диффузионных реагирующих струй. Исследования проводились в диапазоне чисел Рейнольдса от $Re \sim 1$ до $Re \sim 104$. Истечение компонентов происходило в окружающую среду при атмосферном давлении и температуре $T = 298$ К.

Получены зависимости температуры факела, относительной скорости, безразмерных критериев подобия на различных режимах струй. Проведена оценка влияния масштабного фактора на процесс горения диффузионных струй.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение фундаментальных научных исследований (шифр научной темы 0774-2020-0004; АААА-А20-120120790010-3).

Список использованных источников:

1. Мингазов, Б.Г. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. Конструкция, моделирование процессов и расчет: Учебное пособие [Текст] / Б.Г. Мингазов. — Казань. КГТУ, 2006, 220 с.

2. Достяров, А.М. Микрофакельное горение в топливосжигающих устройствах [Текст] / А.М. Достяров. — Шымкент: ЮКУ им. М.О. Ауезова, 1999, 181 с;

3. Клюев, А.Ю. Изучение особенностей процесса горения на микро- и мезомасштабом уровне [Текст] / А.Ю. Клюев, А.И. Гурьянов. — Вестник РГАТУ имени П.А. Соловьева 3(58). — Рыбинск: РГАТУ, 2021, 9-10 с.

Исследование физических процессов, приводящих к возникновению силы тяги в ГТД

Ковалёв А.И.

МАИ, Москва

Первый авиационный воздушно реактивный двигатель был запущен в 1938 году, а идея турбореактивных двигателей зародилась ещё раньше, но до сих пор, спустя долгое время, у многих людей нет конкретного понимания того как работает реактивный двигатель и что заставляет его создавать тягу.

В соответствии с ГОСТ 23851-79 реактивная тяга ГТД имеет следующее определение: «Реактивная тяга ГТД — это результирующая газодинамических сил давления и трения, приложенных к внутренней и наружной поверхностям двигателя без учета внешнего сопротивления».

Однако это не единственное определение, с которым может столкнуться человек, изучающий ТРД. Многие учебники имеют альтернативные определения реактивной тяги, являющиеся более правильными, с точки зрения авторов. Это привело к тому, что среди «двигателюв» в России эта тема создает жаркие споры, в которых каждый пытается доказать друг другу правильность своих взглядов при помощи своих знаний, опыта и проведённых экспериментов. Это является одним из аспектов того, что делит двигателестроительную отрасль на различные школы.

Сегодня важным шагом в области двигателестроения будет систематизация обобщение знаний, а также разрешение споров, касающихся этого вопроса.

Это позволит:

- По-новому взглянуть на принципы проектирования ВРД для оптимизации реактивной тяги;

- Повысить надёжность конструкции;

- Повысить топливную экономичность;

- Повысить квалификацию специалистов, работающих на предприятиях и выпускников университетов профильного направления.

В работе рассмотрены основные определения реактивной тяги, а также изучено влияние газового потока на конструкцию ТРД и его влияние на возникновения в двигателе реактивной тяги.

Список использованных источников:

1. И.И. Кулагин «Основы теории авиационных газотурбинных двигателей», Москва, 1967

2. Акимов В.М. Бакулев В.И. «Теория и расчёт реактивных двигателей», 1987

3. Иноземцев Н.В. «Основы теории реактивных двигателей», 1952

4. Агульник А.Б. «Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», Москва, издательство МАИ, 2003

5. ГОСТ 23851-79

Алгоритм расчёта тепло- и массообмена на непроницаемой поверхности системы тепловой защиты спускаемого высокоскоростного летательного аппарата малой формы

Кожемяко А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитин П.В.

МАИ, Москва

Развитие летательных аппаратов (ЛА) авиационной и ракетно-космической техники достигло такого уровня, что скорость их полета стала превышать скорость звука в несколько раз. По этой причине, на их борту требуется создание специальной системы тепловой защиты.

Для расчета теплообмена на поверхности элемента конструкции высокоскоростного ЛА, с учетом химических реакций и процессов диффузии компонентов, протекающих на ней, необходимо знать изменение параметров набегающего потока и пограничного слоя в течение всего времени полета высокоскоростного летательного аппарата. Такие параметры называются траекторными.

При проведении расчёта теплообмена на поверхности высокоскоростного ЛА, его поверхность разбивается на расчетные участки. Расчет теплообмена рассчитывается на следующих участках:

- В передней критической точке;

- В области передней критической точки;

- На боковой поверхности ЛА.

В зависимости от скорости набегающего потока и размеров тела на его поверхности могут установиться три режима течения: ламинарный, переходный и турбулентный. Таким образом, алгоритм расчета теплообмена между набегающим потоком и поверхностью тела составляется согласно установленному режиму течения.

Целью данной работы является проведение анализа траекторных параметров с учетом процессов термо-газодинамики обтекания сферического тела высокоскоростным потоком и составление алгоритма расчета тепло- и массообмена на непроницаемой поверхности системы тепловой защиты спускаемого высокоскоростного летательного аппарата малой формы на основе ранее опубликованных работ по данной тематике.

Список использованных источников:

1. Никитин П.В. «Тепловая защита». Учебник высшей школы. Изд. МАИ, 2006 г., 510 С.

2. Агафонов В.П., Вертушкин В.К., Гладков А.А., Полянский О.Ю. «Неравновесные физико-химические процессы в аэродинамике». М., «Машиностроение», 1972, 344 с.
3. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. «Тепловая защита». — М., «Энергия», 1976, 392 с.
4. Авдудевский В.С., Галицейский Б.М., Глебов Г.А. и др. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике». — М. «Машиностроение», второе издание, 1992 г., 510 с.

Экспериментально-расчетное исследование пленочного охлаждения при дозвуковом и сверхзвуковом течении основного потока на криволинейной поверхности

Колесова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веретенников С.В.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Пленочное охлаждение — один из способов тепловой защиты теплонапряженных деталей двигателя. Большинство работ направленных на изучение эффективности этого способа охлаждения выполняются на плоской пластине с различными формами отверстий и углами наклона к ней при дозвуковом течении основного потока. Однако в практике встречаются случаи, когда скорость основного потока становится больше скорости звука. Данная работа посвящена сравнению эффективности пленочного охлаждения на выпуклой поверхности при дозвуковом и сверхзвуковом течении основного потока, полученной в ходе экспериментального и численного исследования.

В большинстве работ эффективность пленочного охлаждения определяется через безразмерный параметр η .

Для проведения экспериментального исследования была изготовлена установка для исследования эффективности пленочного охлаждения, представляющая собой плоский канал, одна из боковых стенок которого является исследуемой пластиной с отверстиями перфорации. Противоположная стенка выполнена из ИК прозрачного стекла. Температура объекта исследования измеряется с помощью термографа.

Методом 3D-прототипирования была изготовлена криволинейная поверхность, для реализации сверхзвукового течения в канале. В поверхности выполнено 11 цилиндрических отверстий, под углом 30° и относительным шагом $x/d=3,5$. Так как исследование пленочного охлаждения выполняется в предположении адиабатной стенки над которой распространяется охлаждающая пелена, в пластине за отверстиями предусмотрена воздушная полость. Это позволило снизить тепловые потоки внутри исследуемой поверхности в поперечном и продольном направлении и приблизиться к результатам экспериментальных исследований других авторов [1].

В работе выполнено 3D-численное моделирование пленочного охлаждения на модели идентичной объекту испытания, при различных скоростях основного потока и параметре двуга m . Расчёты выполнены на адаптированной SST модели турбулентности [2].

По результатам экспериментальных исследований было получено, что отрыв пленки на модели с цилиндрическими отверстиями происходит уже при $m>0,7$. Отличий в эффективности пленочного охлаждения при дозвуковом и сверхзвуковом течении фактически нет. Результаты численного моделирования согласуются с результатами эксперимента при дозвуковом течении и малых значениях параметров двуга ($m<1$) отклонения не превышает 15%, при сверхзвуковом течении — 35%.

Список использованных источников:

1. Bunker, R.S. A study of mesh fed slot film cooling/ R.S. Bunker// Proceeding of ASME Turbo Expo- 2009. — Power for Land, Sea and Air. — GT2009-59338.
2. Халатов А.А. Термогазодинамика сложных потоков около криволинейной поверхностей / А.А. Халатов, И.В. Шевчук, А.А. Авраменко, С.Г. Кобзарь, Т.А. Железная // К.: Изд. Ин-та технической теплофизики НАН Украины. 1999 — 134 с. — М.: МАИ. 2020 — 160 с.

Исследование комбинированной силовой установки (КСУ) с общей форсажно-прямоточной камерой сгорания на базе ТРДДФ

Коняхина Н.С.

Научный руководитель — д.т.н. Агульник А.Б.

МАИ, Москва

Самолет занимает первое место по безопасности из всех видов транспорта в мире, стоимость перелетов становится всё доступнее для населения, а возможность добраться до другого конца земли не за года, месяцы и недели, а за часы привлекает самого осторожного пассажира.

С появлением интернета, телевидения и иных средств массовой информации жизнь современного человека начала меняться. Человеку нужно быстрее доставить посылку, получить медицинскую помощь, успеть посетить несколько совещаний за день в разных городах. Особый интерес представляет собой возможность многократного использования летающего аппарата для отправки спутника на околоземную орбиту.

Данные факты нашли отражение авиастроителей в стремлении создать двигатель, сочетающий в себе преимущества двигателей различных типов. Таким образом, разработка и изучение комбинированных двигателей позволят расширить диапазон эффективного применения летательных аппаратов, в том числе при высоких скоростях полета. К данному типу двигателей относится турбопрямоточный (ТПД), представляющий собой комбинацию прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД), эффективного при высоких скоростях полета, с турбореактивными двигателями (ТРД, ТРДФ, ТРДД, ТРДДФ), которые эффективны при более низких скоростях и имеют стартовую тягу.

В данной работе проведено исследование комбинированной силовой установки (КСУ) с общей форсажно-прямоточной камерой сгорания на базе ТРДДФ АЛ-31Ф.

Список использованных источников:

1. Комбинированные двигатели [Электронный ресурс]: курс модернизированных лекций /М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт. — сост.: В. С. Кузьмичев, И. Н. Крупенич. — Электрон. текстовые и граф. дан. (2,2 Мб).- Самара, 2013.-1 эл. опт. диск (CD-ROM).

2. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник/В. И. Бакулев, В. А. Голубев, Б. А. Крылов, и др; Под редакцией В. А. Сосунова, В. М. Чепкина — М.: Изд-во МАИ, 2003. — 688 с.: ил. ISBN 5-7035-2347-8

Ядерные электродвигательные установки

Куденко Д.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Бахвалов Ю.О.

МАИ, Москва

Основным элементом любых космических аппаратов (далее — КА) является двигатель. Его тип обуславливает конструкцию летательного аппарата, его габариты, характеристики. Двигатели предназначены для создания момента импульса и силы тяги. Классифицировать ракетные двигатели (далее — РД) можно по виду энергии. В таком случае различают такие виды, как химические, электрические и ядерные РД.

В камерах сгорания химических РД топливо сжигается при температурах около 3000–4000°С. Они обеспечивают удельный импульс порядка 4,5 км/с. Длительность экспедиции на Марс на корабле с таким РД составит 660 суток, из которых 30 суток потратится на пребывание на Марсе. Для такой экспедиции потребуется создать корабль массой 1350 т, что больше чем в 3 раза превышает массу МКС. Для выведения этого корабля на орбиту потребуется 10 запусков такой РН, как Энергия [1], для того, чтобы сократить длительность полета можно использовать ядерную электродвигательную установку с электрореактивным двигателем (далее — ЭРД).

Ядерная установка вырабатывает электроэнергию для работы ЭРД и оборудования на борту КА.

Ядерный реактор — устройство для осуществления контролируемой самоподдерживающейся цепной реакции деления ядер, такая реакция проходит в активной зоне реактора.

Использование в качестве источника электроэнергии ядерного реактора имеет свои преимущества по сравнению с другими установками. Такая установка достаточно компактная, что позволит обеспечить аппарату маневренность, а также она не зависит от положения аппарата, удаленности от звезды и так далее.

Источником энергии в такой установке выступает гетерогенный реактор на быстрых нейтронах. В таком реакторе ядерное топливо в виде тепловыделяющих элементов (далее — ТВЭЛ) собрано в тепловыделяющие сборки. Топливом для реактора на быстрых нейтронах служит уран-235, также может использоваться уран-238 и торий-232. Преобразование тепла в электричество происходит с помощью турбогенераторной установки (далее — ТГУ), которая работает по циклу Брайтона. В состав установки входят два блока турбокомпрессора-генератора и два рекуперативных теплообменника, основной холодильник-излучатель и магистральные трубопроводы с запорно-регулирующей арматурой. Рабочее тело ТГУ нагревается в активной зоне реактора. Электричество, генерируемое в ТГУ, расходуется для работы ЭРД и оборудования КА [1]. ЭРД — это РД, в котором тяга создается с помощью электроэнергии, вырабатываемой бортовой электроустановкой. Принцип работы такого двигателя основан на преобразовании электрической энергии в кинетическую энергию частиц. Рабочим телом могут выступать различные газы и жидкости (например, жидкий металл). Характеризуются ЭРД высокой скоростью истечения частиц, в разы превышающей скорость истечения у химических РД. Скорость истечения в ЭРД достигает 10–100 км/с. Однако, в таких ЭРД плотность тяги, как правило, мала, это ограничивает применение ЭРД, внешнее давление должно быть не выше, чем давление в ускорительном канале ЭРД. Хотя эти двигатели и имеют малую тягу, они могут долгое время работать и осуществлять полеты на большие расстояния и пригодны к полетам к внешним планетам солнечной системы [2].

В отличие от химических РД из-за малой тяги ЭРД должен работать постоянно, в результате корабль движется не по эллиптической траектории, а по спирали, при этом скорость при подъеме будет падать. Каждый виток мало отличается от окружности, но внешние витки уже не похожи на окружность, спираль распрямляется, а затем при приближении спираль начинает закручиваться. Кроме того, отношение полезной нагрузки к начальной массе корабля для ЭРД составляет 0,5–0,6, а для химических РД — 0,25, что позволяет при той же длительности полета перевезти большую массу груза. Кроме того, из-за постоянной работы двигателя при малой тяге появляется возможность корректирования траектории КА [3].

Список использованных источников:

1. Пилотируемая экспедиция на Марс / под ред. А.С. Коротеева. М.: Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, 2006.

2. Электрический ракетный двигатель [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C (Дата обращения 14.02.2022)

3. Салмин В.В., Петрухина К.В. Космонавтика малых тяг [Электронный ресурс] URL: https://ssau.ru/files/resources/ump/kosmonavtika_malih_tyag.pdf (Дата обращения 21.02.2022).

Влияние величины перепуска воздуха на характеристики компрессора

Кудряшов И.А., Щербань А.И.

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

Самарский университет, Самара

Газотурбинный двигатель (ГТД) представляет собой одну из сложнейших и наукоемких технических систем. Для создания ГТД используются передовые достижения современных технологий в таких направлениях науки как: газовая динамика, процессы горения, теплопередача, материаловедение, динамика прочности, механика твердого тела, электроника и др.

Одним из основных параметров ГТД, который определяет его эффективность является удельный расход топлива. Снижение удельного расхода достигается в процессе совершенствования ГТД за счет повышения эффективности термогазодинамического цикла. Это достигается за счёт повышения температуры газа в камере сгорания, и как следствие этого — повышение оптимальной степени повышения давления в компрессоре [1].

Непрерывное увеличение степени повышения давления на проектном режиме в компрессоре приводит к увеличению средней нагрузки на ступень при сохранении количества ступеней и массо-габаритных характеристик ГТД.

Но газотурбинные двигатели в процессе жизненного цикла преимущественно работают на непроектном режиме и как правило, меньше расчетного режима. Из-за этого возникает нерасчетное обтекание лопаток рабочих колес (РК) и направляющих аппаратов (НА) и как следствие из-за этого наблюдается рассогласование ступеней многоступенчатого компрессора. Наиболее чувствительными к изменению режима работы двигателя являются первые и последние ступени компрессора, так как именно в этих ступенях наблюдается несоответствие проектного и фактического значений расхода воздуха. Из-за снижения режима компрессора в первых ступенях снижаются коэффициенты расхода и возрастают углы атаки, что способствует отрыву потока и возникновению вращающегося срыва и помпажа компрессора и как следствие снижение запасов устойчивости работы компрессора и двигателя в целом. Поэтому одной из важных задач на этапе проектирования компрессора ГТД является обеспечение запасов газодинамической устойчивости (ГДУ) на нерасчетных режимах.

Обеспечение этого требования является задачей регулирования авиационной лопаточной машины.

Целью данной работы является изучение влияния изменения величины отбираемого воздуха, при помощи которого осуществляется регулирование компрессора при помощи перепуска воздуха из промежуточных ступеней. В работе рассмотрена рабочая область шестиступенчатого осевого компрессора в зоне пониженных режимов работы компрессора. Детальный анализ выполнен на режиме 50% от расчетного, промежуточный анализ выполнен на режимах в диапазоне {40%...70%}.

Все исследования выполнены в программном комплексе Numeca FINETurbo. Конечно-объемная модель создана в модуле Numeca AutoGrid. В качестве рабочего тела использована модель реального воздуха, который представлен в источнике[1]. Для расчета характеристик использовались следующие граничные условия — интегральное значение полного давления и температуры, радиальное распределение угла потока в тангенсальном направлении на входе, статическое давление на выходе, частота вращения ротора, величина отбора воздуха.

В результате выполненных исследований получено, что при снижении nпр в первых ступенях возникает большая срывная область, которая негативно влияет на характеристики всего компрессора.

После расчета базового компрессора на пониженных режимах, введен клапан перепуска в виде упрощенной области с отбором воздуха. Последовательно исследовано влияние различных значений относительного отбора воздуха за третьей ступенью на характеристику компрессора при nпр=50%.

В результате ввода перепуска получено, что при увеличении величины перепуска в область срыва область снижается и оптимизируются углы атаки на первых ступенях компрессора.

При введении перепуска воздуха наблюдаются общепринятые закономерности, что при увеличении значения отбора — увеличивается максимальная степень повышения давления при фиксированной степени повышения давления, незначительное изменение приведенного расхода на выходе из компрессора, увеличение значения КПД компрессора.

В результате работы получено что введение клапана перепуска благоприятно влияет на работу первых ступеней компрессора, снижается срывная область на первых ступенях за счет достижения оптимальных углов атаки на роторных и статорных венцах. Но одним из основных минусов использования перепуска воздуха является паразитная работа, которая затрачивается на увеличение давления воздуха, который выбрасывается во второй контур. В связи с этим следует использовать оптимальное значение перепускаемого воздуха совместно с другими способами регулирования компрессора на пониженных режимах.

Список использованных источников:

1. Холщевников, К. В. Теория и расчёт авиационных лопаточных машин [Текст] / К. В. Холщевников. — М.: Машиностроение, 1970. — 610 с.

Исследование влияния особенностей горения водорода на характеристики камер сгорания газотурбинных двигателей

Кузнецов А.Ю., Якушкин Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

Актуальность вопроса использования водорода в газотурбинных двигателях связана с существующей перспективной концепцией использования водорода как альтернативы современному углеводородному ископаемому топливу, которая в долгосрочной перспективе может решить ряд проблем, влияющих на экономичность, эффективность и экологичность использующих его силовых установок. Таким образом H₂ позволяет повысить теоретический предел мощности ГТД, а также благодаря составу снизить или исключить углеродный след в выхлопных газах.

В работе приведены результаты аналитического исследования публикаций по использованию водорода в качестве топлива для газотурбинных двигателей и энергетических установок. Рассмотрено влияние особенностей горения водорода на основные характеристики камеры сгорания газотурбинных двигателей. Так как характеристики рабочего тела значительно изменяются в ходе химических превращений, происходящих в камере сгорания с выделением теплоты, а само горение является комплексным процессом, то его исследование необходимо вследствие значительного влияния температуры на выходе из КС на работу последующих узлов, участвующих в цикле двигателя, и на тягу в целом. Особенности водорода, обуславливающими свойства пламени, распределения температур и скорости реакций, происходящих на молекулярном уровне, являются его высокие удельная энергоёмкость и диффузионная способность, которые, например, существенно отличаются от углеводородных топлив. Показано влияние особенностей горения водорода на такие характеристики и параметры, как вес двигателя, стабильность пламени в камере сгорания, потери полного давления, коксование пламени, скорость горения, самовоспламенение, проскок пламени и т.д.

Анализ вибрации: диагноз и лечение

Куцев К.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихомиров В.В.

МАИ, Москва

Вибрация в ГТД одно из важнейших факторов, влияющих на работу двигателя в целом. Быстрый и точный сбор данных позволяет, мгновенно анализировать полученную информацию и уберечь высокоточное и дорогое устройство от разрушения. Вибрационная

диагностики производится в три этапа: первичное описание вибрационного состояния объекта; выделение признаков; принятие решения.

Вибрационная диагностика как основной и один из самых эффективных методов диагностирования опасности повреждения и анализа вибрации, основанный на анализе параметров вибрации (виброперемещение, виброскорость, виброускорение) создаваемыми работающими узлами и деталями (ротор ГТД, лопатки и тд.). Общая роторная вибрация двигателей является суммой колебаний от отдельных роторов. Приблизительно роторную вибрацию двухвального двигателя можно представить суммой двух, а трехвального двигателя — суммой трех гармонических колебаний. Вибрационная диагностика решает такие задачи как: поиск неисправностей и оценка технического состояния объекта. При вибрационной диагностики особое внимание уделяют исследованию временного сигнала и спектра вибрации объекта.

Механические колебания, как большая часть повреждений деталей в оборудовании (ротор, статор, подшипники, лопатки, корпус) приводящая к возникновению колебаний.

Вибрация авиадвигателя один из важнейших факторов, характеризующих его исправность и работоспособность. Для гражданской авиации критически важно прогнозирование надёжности и остаточного ресурса авиадвигателей, так как от их состояния напрямую зависит безопасность перевозок людей и грузов. Диагностика состояния двигателя с помощью исследований вибрации, как в полёте, так и на земле, состоит из трёх этапов: первичное описание вибрационного состояния объекта; выделение характерных и значимых признаков дефектов, принятие решения (дополнительная диагностика, ремонт заменой деталей и узлов на крыле, замена двигателя в сборе). Анализируя зарегистрированные штатными датчиками виброперемещения, виброскорости, виброускорения ротора и других узлов ГТД можно с достаточной достоверностью предсказать возникновение и скорость развития многих опасных дефектов его конструкции. Особенно информативно исследование трендов, спектров вибраций и резонансных частот.

Применение вихревого эффекта в конструкции фронтových устройств кольцевых камер сгорания

Лебедев С.Ю.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Комов А.А.

МГТУ ГА, Москва

Современные кольцевые камеры сгорания имеют такое же уязвимое место, как и у своих предшественников — трубчатых и трубчато-кольцевых камер сгорания. Это жаровая труба, которая ограничивает зону горения топлива. Однако, в отличие от трубчатой камеры сгорания, в кольцевой камере жаровая труба — это довольно большой элемент, который сложен в изготовлении, а также особенно подвержен термическим нагрузкам ввиду большой площади контакта с зоной горения и повышенной неравномерности поля температур в классической кольцевой камере сгорания. Взамен этого предлагается изменить конструкцию фронтového устройства кольцевой камеры сгорания и отказаться от жаровой трубы. Так, в классической КС фронтové устройство содержит топливные форсунки и стабилизаторы горения, а также каналы для подвода воздуха на охлаждение жаровой трубы. В предложенной конструкции фронтové устройство представляет собой плиту, в которой присутствуют отверстия для комбинированных форсуночных модулей. Каждый такой модуль состоит из форсунки, которая окружена комбинированным лопаточно-центробежным стабилизатором горения и внешнего лопаточного завихрителя, который формирует вихрь холодного воздуха вокруг оси форсунки, тем самым ограничивая зону горения топлива и не позволяя горячему газу контактировать с внешним корпусом КС. Данное предложение основано на изучении вихревого эффекта Ранка и на предшествующих экспериментах с математическими моделями трубчатых и трубчато-кольцевых камер сгорания. В расчетной модели было применено 24 таких модуля на всей окружности КС. При проведении продувок модели в программном комплексе SOLID WORKS Flow simulation

было выявлено, что действительно, зона горения каждой форсунки ограничена внешним вихрем, а также соседние вихри не оказывают влияния друг на друга, что исключает локальные забросы температуры в межфорсуночном пространстве. При этом на выходе из камеры сгорания за счет сужения канала и S-образного профиля сопла вихри разрушаются и смешиваются с потоком горячего газа, тем самым выравнивая поле температур.

Несомненно, данная конструкция камеры сгорания имеет большой потенциал для дальнейшей модернизации, например, в последующем будет разрабатываться камера сгорания с применением вихревого эффекта и с предварительной подготовкой топливозоудушной смеси до зоны горения, что позволит снизить вредные выбросы, а также уменьшить расход топлива.

В ходе математического моделирования продувки камеры сгорания было установлено:

- Температура стенок корпуса камеры сгорания не превышает 750 К, что является допустимым;
- Закрученный поток воздуха не распадается на всей длине зоны горения;
- Не происходит перемешивания горячих газов и закрученного потока воздуха в зоне горения, и как следствие, — пламя устойчиво находится в зоне горения;
- Скорость исходящих газов возрастает за счет меньших гидравлических потерь.

Исследование процессов испарения топлива в испарительных форсунках микроразмерных газотурбинных двигателей

Лебитков В.К., Плискин М.В., Юденков В.Э.

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

С развитием беспилотной авиации, рынка НТИ «Аэронет», а также в противовес другим научно техническим вызовам развивающихся рынков, большой интерес уделяется разработке и созданию микро- и малоразмерных ГТД (мГТД), которые могут использоваться в качестве энергетических установок в различных областях промышленности.

Не смотря на большое количество исследований, проводимых для изучения процессов, протекающих в мГТД [1-6] и, в частности, в камере сгорания мГТД [7], все эксперименты проводятся или с помощью численного моделирования в различных программных продуктах или на специально оборудованных стендах, при этом аналитического подхода к расчету такого важного узла камеры сгорания, которыми являются испарительные трубки, на данный момент не существует.

Так как основной задачей является определение потребной площади поверхности испарительной трубки, достаточной для испарения жидкости, поступающей в нее с заданным расходом, выдвигается следующее предположение: представить испарительную трубку и инжекционную трубку в ней как теплообменник типа «труба в трубе», в котором холодным теплоносителем является жидкое топливо, а горячим- горячий воздух, поступающий в испарительную трубку из кольцевого канала камеры сгорания. Также, необходимо учитывать нагрев испарительной трубки с учетом зон ее расположения.

Для применения данной постановки необходимо описать процессы, протекающие в испарительных трубках мГТД и опираясь на них, сформулировать ряд необходимых допущений.

Типичная конструкция форсуночного узла для двигателей такого класса представляет собой кольцевой коллектор с подводной трубкой, из которого топливо распределяется по форсункам (инжекционным трубкам) и впрыскивается в испарительные трубки, где начинаются процессы испарения жидкого топлива, его смешения с воздухом и образования горючей топливозоудушной смеси.

Однако, такая конструкция имеет недостатки, основные из которых- несбалансированная подача топлива по всем форсункам и неточность позиционирования факела распыла топлива (несоосность форсунки и испарительной трубки). Эти недостатки возникают из-за того, что присутствуют неточности позиционирования деталей при монтаже узла. В результате возникает неравномерность испарения топлива, которая, в свою очередь,

ведет к неравномерному полю горения в камере. В следствии рассмотренных недостатков, можно описать два случая испарения топлива.

Первый случай можно описать, предполагая, что факел распыла соосен с испарительной трубкой. В этом случае распыл поддерживается только потоком воздуха, проходящим через испарительную трубку, при этом тепло каплям жидкости передается только потоком воздуха. В таком случае, тепла, передаваемого воздухом каплям жидкого топлива будет недостаточно для нормального испарения. В следствии этого, большое количество капель покинет испарительную трубку не испарившись, что ухудшает смесеобразование.

Второй случай описывается тем, что типичных конструкциях форсуночного узла мГТД инжекционные трубки прижаты к испарительным, то есть факел распыла несоосен с испарительной трубкой.

Топливо, покидая форсунку, попадает на поверхность испарительной трубки, нагретой горячим рабочим телом, и под действием потока воздуха из кольцевого канала и эффекта Бенара-Марангони, распределяется по ней в виде тонкой пленки. В этом случае испарение топлива происходит быстро, однако, из-за точечного воздействия может возникать неравномерность распыла или местный перегрев конструкции.

Опираясь на вышеизложенное описание процесса испарения и смешения в камере сгорания мГТД и испарительных трубках в частности, можно сформулировать ряд допущений, позволяющих применить предложенную постановку задачи, а именно:

- Рассматривается осредненное распределение температуры по всей длине испарительной трубки;
- Пренебрегается подмешивание вторичного воздуха и зоны смешения в камере сгорания;
- Рассматривается случай, когда распределение температуры воздуха по длине испарительной трубки постоянно, что можно принять из-за скорости протекания процессов в камере сгорания;
- Подразумевается, что факел распыла из форсунки соосен с испарительной трубкой и капли топлива испаряются только из-за теплообмена с воздухом.

Эту задачу в такой постановке интересно рассмотреть как частный случай протекания процессов испарения топлива в камере сгорания мГТД и использовать результаты исследования при первоначальном проектировании мГТД.

Для проверки данной гипотезы необходимо решить несколько научно-технических задач, а именно: разработать математическую модель процесса теплообмена с учетом принимаемых допущений и провести верификацию разработанной модели с помощью численного или натурального эксперимента.

Процесс верификация предложенной гипотезы является интересной задачей для изучения, успешное решение которой позволит в значительной степени улучшить и упростить процесс проектирования камер сгорания и смесительных элементов мГТД.

Оптимизация диска турбореактивного двухконтурного двигателя по критериям длительной прочности и циклической долговечности

Литвинюк Р.В., Резникова М.И.

Научный руководитель — Гогаев Г.П.

МАИ, Москва

В двигателестроении с самого начала проектирования масса рассматривается как паритетный показатель наравне с удельным расходом, температурой газа и другими основными параметрами двигателя. Данный параметр напрямую влияет на конкурентоспособность авиационного двигателя.

В рамках данной работы в качестве объекта исследования выбран диск двухконтурного турбореактивного двигателя поколения 4++. Выбор объекта исследования обусловлен тем, что диск является одним из наиболее нагруженных элементов конструкции, разрушение

которого может привести к аварийным или катастрофическим последствиям для летательного аппарата.

Целью работы является уменьшение массы диска путем оптимизации его геометрических параметров при удовлетворении запасов по длительной прочности и циклической долговечности требованиям нормативной документации.

Расчетные исследования диска выполнены в осесимметричной постановке с использованием плоской (2D) модели. В данной постановке не учитываются особенности геометрии диска, однако в разы сокращаются необходимое время и вычислительная мощность. Однако, как отмечалось ранее, двухмерная модель не позволяет учитывать циклическую долговечность участков диска вблизи концентраторов напряжений (отверстий и т.д.). Данная модель позволяет оценить циклическую долговечность в зонах ступицы, полотна, обода диска и на их основе выстроить параметры оптимизации.

Оптимизация выполнена в среде Ansys Workbench с применением модуля «Design Exploration».

Определение запасов циклической долговечности и длительной прочности выполняется с применением макроса, написанного на языке APDL. Макрос получает значения НДС в каждом узле модели для каждого этапа расчета и вычисляет размах деформаций, среднее напряжение в цикле нагружения и длительную прочность для каждого узла. Следующим этапом вычисляются: число циклов до разрушения, единичная повреждаемость, запасы длительной прочности и циклической долговечности, которые используются в качестве критериев оптимизации.

Для расчета запаса циклической долговечности используется эмпирическая модифицированная формула Мэнсона, устанавливающая зависимость между размахом полной деформации цикла, среднего напряжения в цикле и числом циклов до разрушения. Она позволяет оценить повреждаемость диска, не используя экспериментальные данные.

В реальных условиях эксплуатации циклическое нагружение узлов ГТД определяется полетным циклом. Полетный цикл представляет собой последовательность изменений режимов работы двигателя, в которую входят: запуск, прогрев двигателя, опробование, руление, взлет, полет на номинальном и крейсерском режимах, снижение, заход на посадку и выключение двигателя. В связи с этим расчетные исследования проводятся не на отдельных режимах, а с учетом полного полетного цикла.

Данный подход позволяет на этапе проектирования диска определить запасы длительной прочности и циклической долговечности как на одном из циклов нагружения, так и на всех режимах и циклах в целом, то есть позволяет вычислять суммарную повреждаемость полетного цикла диска ГТД. При этом использование макроса позволяет проводить вычисления в автоматическом режиме.

В результате оптимизации получены новые геометрические размеры диска, снижена масса, увеличен запас длительной прочности, снижен избыточный запас по МЦУ до значения, удовлетворяющего требованиям нормативной документации.

Результаты расчетных исследований позволили сделать вывод о возможности использования суммарной повреждаемости полетного цикла в качестве критерия оптимизации.

Реализация биротативной схемы каскада турбин малоразмерных ГТД различного назначения

Малофеев Л.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тошakov А.М.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

В настоящее время становятся актуальным создание малоразмерных двигателей для летательных аппаратов различного назначения и наземного применения. При этом возможны варианты исполнения каскада турбин двухвалных двигателей (ТРДЛ и ТВаД со свободной турбиной) по биротоативной схеме: один сопловой аппарат и два рабочих колеса,

вращающихся в противоположные стороны. Анализы данного решения имеются применительно к турбовальным двигателям большой мощности и турбовентиляторным ГТД. Представляется рассмотреть данный вопрос для ступеней ТВД и ТНД малоразмерного двигателя. Преимуществом биротативной схемы является сокращение осевой длины двигателя и, соответственно, улучшение массовых характеристик. Упрощается конструкция с точки зрения количества входящих в нее деталей. Снижается расстояние между опорами каскада низкого давления. Недостатком схемы является снижение эффективности рабочего рабочего процесса в ступенях с точки зрения организации течения в рабочих колесах. Из-за отсутствия соплового аппарата турбины низкого давления изменяются параметры лопаточных венцов и невозможно осуществить процесс расширения рабочего тела с достаточной эффективностью. При одномерном расчете ступеней ТВД и ТНД по стандартным методикам КПД биротативной схемы получается ниже на 10%.

Результаты численного моделирования показывают, что для получения заданных мощностей в биротативной схеме необходимо реализовать увеличенный перепад давления при достижении значительно меньшего КПД. Уменьшение КПД в биротативной схеме связано с неоптимальным с точки зрения турбинной ступени распределением работы между венцами. Поиск способов увеличения КПД биротативной схемы в рамках исследованных параметров представляется весьма актуальным и является целью дальнейших исследований.

Достоинства и недостатки применения метана вместо керосина в качестве горючего двигателей верхних ступеней ракет-носителей

Маслов Д.В., Баранова Д.Л., Биндиман А.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Сегодня трендами двигателестроения являются высокая эффективность и экологичность применяемых компонентов топлива, также важным фактором является возможность применения двигательных установок в составе многоразовых ракет-носителей. Одной из соответствующих представленным требованиям топливной парой является кислород-метан. Еще в XX-м веке его использование в качестве горючего указывали Циолковский К.Э. и Глушко В.П., а первая ракета на топливе кислород-метан полетела в 1931г. Помимо этого, метан обладает высокими охлаждающими способностями, низкой токсичностью, высокой химической стабильностью при длительном хранении. При применении сжиженного природного газа (СПГ) в сочетании с кислородом обеспечивается возможность применения схемы ЖРД с восстановительным газогенератором, так как при содержании метана в СПГ не менее 98% отсутствует сажа в генераторном газе.

Целью исследования является определение эффективности применения метана в качестве горючего. Для этого были выполнены расчет и сравнение основных параметров высотных двигателей с тягой 294,3 кН и давлением в камере сгорания 15,69 МПа, выполненных с применением разных горючих — керосина и метана. ЖРД на кислород-керосине выполнен по прототипу РД-0124. Двигатель на топливной паре кислород-метан выполнен по схеме с дожиганием генераторного газа.

В результате были получены геометрия профиля камеры сгорания и сопла каждого двигателя, произведена оценка масс систем питания, выполнена оценка охлаждающих способностей данных горючих и подтверждено преимущество применения метана в качестве горючего верхних ступеней РН.

Влияние изменения угла установок регулируемых аппаратов на характеристики компрессора

Мельников С.А., Кудряшов И.А.

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

Самарский университет, Самара

Газотурбинный двигатель (ГТД) представляет собой одну из сложнейших и наукоемких технических систем. Для создания ГТД используются передовые достижения современных технологий в таких направлениях науки как: газовая динамика, процессы горения, теплопередача, материаловедение, динамика прочности, механика твердого тела, электроника и др.

Одним из основных параметров ГТД, который определяет его эффективность, является удельный расход топлива. Снижение удельного расхода достигается в процессе совершенствования ГТД за счет повышения эффективности термодинамического цикла [1]. Это достигается за счёт повышения температуры газа в камере сгорания, и как следствие этого — повышение оптимальной степени повышения давления в компрессоре [1].

Непрерывное увеличение степени повышения давления на проектном режиме в компрессоре приводит к увеличению средней нагрузки на ступень при сохранении количества ступеней и массо-габаритных характеристик ГТД.

Но газотурбинные двигатели в процессе жизненного цикла преимущественно работают на непроектном режиме и как правило, меньше расчетного режима. Из-за этого возникает нерасчетное обтекание лопаток рабочих колес (РК) и направляющих аппаратов (НА) и как следствие из-за этого наблюдается рассогласование ступеней многоступенчатого компрессора. Наиболее чувствительными к изменению режима работы двигателя являются первые и последние ступени компрессора, так как именно в этих ступенях наблюдается несоответствие проектного и фактического значений расхода воздуха. Из-за снижения режима компрессора в первых ступенях снижаются коэффициенты расхода и возрастают углы атаки, что способствует отрыву потока и возникновению вращающегося срыва и помпажа компрессора и как следствие снижение запасов устойчивости работы компрессора и двигателя в целом. Поэтому одной из важных задач на этапе проектирования компрессора ГТД является обеспечение запасов газодинамической устойчивости (ГДУ) на нерасчетных режимах.[1]

Обеспечение этого требования является задачей регулирования авиационной лопаточной машины. Существует несколько способов регулирования осевых компрессоров:

- Изменение числа оборотов компрессора;
- Внедрение системы регулируемых НА — РНА;
- Перепуск воздуха из промежуточных ступеней многоступенчатого осевого компрессора[1].

Целью данной работы является изучение влияния изменения величины углов установки РНА. Исследования выполнены на базе одного шестиступенчатого осевого компрессора. Исследования выполнены на двух частотах вращения компрессора:

- Минимально возможные частоты, на которых работает базовый вариант компрессора 87.5%;
- Частота вращения 50% — расчетная частота на режиме малого газа.

Изменение углов установки выполнялись для ВНА, РНА 1-ой и РНА 2-ой ступеней.

Все исследования выполнены в программном комплексе Numeca FINETurbo. Конечно-объемная модель создана в модуле Numeca AutoGrid. В качестве рабочего тела использована модель реального газа. Для расчета характеристик использовались следующие граничные условия:

- Интегральное значение полного давления и температуры, радиальное распределение угла потока в тангенциальном направлении на входе;
- Статическое давление на выходе;
- Частота вращения ротора;
- Величины угла установки ВНА, РНА1 и РНА2.

Модель турбулентности, которая использовалась при расчетах — k-ε (extended wall function).

В результате выполненных исследований на частоте 87.50% получено, что изменение угла установки регулируемых аппаратов влияют одинаковым образом, с продвижением внутрь компрессора от ВНА к РНА2 снижается степень влияния на характеристики компрессора. При увеличении угла установки (прикрытии) межлопаточного канала статорного лопаточного венца приводит к снижению расхода воздуха через компрессор, и снижению максимальной степени повышения давления. Регулирование РНА1 и РНА2 позволяет оптимизировать углы атаки и повысить КПД компрессора.

Далее выполняется исследование на рабочей частоте на режиме малого газа. В результаты получены аналогичные результаты. Но степень влияния каждого регулируемого венца снижается относительно режима, рассматриваемого на повышенных режимах.

Из проведенных исследований получено несколько выводов:

1) увеличение углов установки регулируемых аппаратов приводит к смещению ветки характеристики компрессора влево вниз вдоль дроссельной характеристики;

2) определение оптимальных значений углов установки РНА позволяет обеспечивать работу компрессора на пониженных режимах;

3) наиболее значительное влияние на компрессор оказывается изменение угла установки ВНА, расположенного перед РК1;

4) изменение углов установки РНА1 и РНА2 в большей степени необходимо для оптимизации углов атаки на пониженных режимах работы компрессора.

Список использованных источников:

1. Холщевников, К. В. Теория и расчёт авиационных лопаточных машин [Текст] / К. В. Холщевников. — М.: Машиностроение, 1970. — 610 с.

Разработка методики и программного модуля проектирования осевых компрессоров с учётом технологических факторов изготовления рабочих лопаток

Минин А.К.

Научный руководитель — Боровиков Д.А.

МАИ, Москва

Процесс проектирования осевого компрессора требует значительных временных затрат из-за большого количества варьируемых параметров [1]. После этапа проектирования следуют этап написания технологического процесса. Если полученную геометрию невозможно изготовить, процесс проектирования повторяется с начала. Для сокращения времени за счет исключения повторных этапов проектирования была поставлена задача определения технологичности рабочих лопаток на ранних этапах.

Был проведен анализ существующих методов изготовления рабочих лопаток осевых компрессоров. Среди методов изготовления рабочих лопаток можно выделить: штамповка, протягивание, фрезерование, вальцевание, электрохимическая обработка (ЭХО), шлифование [2, 3]. У каждого метода изготовления существуют технологические ограничения, которые можно классифицировать следующим образом: геометрические параметры лопатки, свойства материала, точность изготовления, экономические показатели.

Процесс определения технологичности рабочей лопатки выглядит следующим образом. После начального этапа проектирования осевого компрессора уже известны такие параметры как высота лопатки, температура рабочего тела в ступени, максимальный угол закрутки, радиуса входной и выходной кромок по сечениям, хорда профиля по сечениям, максимальная толщина профиля по сечениям, координаты профиля по сечениям. Для каждого метода обработки лопатки существует диапазон допустимых значений для каждого из указанного выше геометрического параметра. Если значение геометрического параметра, полученного при проектировании, отклоняется больше чем на десять процентов от диапазона, геометрия лопатки признается нетехнологичной. Если значение

геометрического параметра отклоняется меньше чем на десять процентов, геометрия лопатки признается технологичной с ограничениями. Если значение геометрического параметра входит в указанный диапазон, геометрия лопатки признается технологичной.

Алгоритм определения технологичности рабочей лопатки реализован в виде программного модуля в программном комплексе расчета осевых компрессоров [4]. При получении отрицательного результата: нетехнологичной геометрии, выдаются рекомендации по исправлению соответствующих входных параметров проектирования. Если геометрия технологична с ограничениями, то возможно продолжать проектирование, но рекомендуется исправить параметры, что бы они входили в допустимый диапазон. Если геометрия технологична, то процесс проектирования осевого компрессора продолжается.

Таким образом за счет проведения анализа на технологичность на начальных этапах возможно избежать повторения длительных этапов проектирования осевых компрессоров, а значит время проектирования сократиться. Созданный программный модуль позволит упростить процесс проектирования за счет наглядности и простоты интерфейса.

Список использованных источников:

1. Кистойчев А. В. Проектирование лопаточного аппарата осевых компрессоров ГТУ: учебное пособие / Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2014. — 120 с.
2. Крымов В. В., Елисеев Ю. С., Зудин К. И. Производство газотурбинных двигателей / Под ред. В. В. Крымова. М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2002. 376 с., ил.
3. Сулима А. М., Носков А. А., Серебренников Г. З. Основы технологии производства газотурбинных двигателей: Учебник для студентов авиац. спец. вузов / — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 100б. — 480с.: ил.
4. Даничев А. В., Минин А. К., Спирин И. В. Разработка программного обеспечения автоматизированного проектирования осевых компрессоров газотурбинных двигателей // Сборник аннотаций конкурсных работ XIII Всероссийский межотраслевой молодежный конкурс научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики». — М. Издательство Перо, 2021. — 244 с.

Анализ топливных композиций и материалов охладителя низкотемпературного газогенератора вытеснительной системы подачи

Митрович П.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Малинин В.И.

ГКНПЦ имени М.В. Хруничева, ПНИПУ, Пермь

В современной ракетно-космической и авиационной технике широкое применение нашли газогенераторные системы. Рабочие параметры газогенераторов разнообразны и зависят от их конкретного применения. Совокупность наиболее строгих требований, предъявляемых к газогенераторам — это низкие и сверхнизкие температуры ($300 \div 1000$ К) рабочего тела, высокая надежность и устойчивость к воздействию факторам, длительный срок хранения и простота эксплуатации, экологическая безопасность, время работы до 1000 с и более, и др.

Несмотря на значительный объем научных исследований и практический опыт в области создания газогенераторных систем на сегодняшний день не существует генератора рабочего тела, удовлетворяющего совокупности наиболее строгих требований.

Авторами [1] предложен низкотемпературный твердотопливный газогенератор (НТГГ) с пористым емкостным охладителем (ПЕО), который в значительной степени удовлетворяет приведенным требованиям. Одной из нерешенных задач остается формирование критериев отбора и определение наиболее подходящего твердого топлива (ТТ) и материала ПЕО.

В работе [2] П. А. Митрович и В. И. Малинин рассматривают возможность применения НТГГ с ПЕО в качестве источника рабочего тела вытеснительной системы подачи жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) и приводят сравнение пяти топливных композиций исходя из их термодинамических свойств при горении. Такой подход необходим для проектной оценки эффективности системы подачи, но не является достаточным,

т. к. совокупность всех требований, предъявляемых к НТГГ с ПЕО, также распространяется и на ТТ и материал ПЕО. К тому же стоит учесть взаимодействие продуктов сгорания (ПС) ТТ с наполнителем ПЕО и, в случае контакта, с топливом двигательной установки (ДУ). Далее приведены критерии отбора ТТ:

- Малое содержание (<1%) конденсированной фазы в ПС и содержание паров воды не более 5% по массе;
- Стабильность внутрибаллистических параметров топлива;
- Высокое значение удельной газовой постоянной ПС (>430 кДж/кг·К);
- Значительное содержание горючих компонентов (H₂, CO, CH₄) в ПС в случае участия рабочего тела в создании тяги (дожигание ПС);
- Отсутствие химических реакций при контакте с топливом, которые вызывают негативные последствия для работы ДУ;
- Экологичность производства, эксплуатации и утилизации.

Требования к материалу ПЕО:

- Высокая удельная теплоемкость и низкая теплопроводность;
- Диаметр частиц дисперсного материала от 0,1 до 0,5 мм;
- Наличие возможности получения спекаемого материала с заданными характеристиками.

Общие требования для ТТ и наполнителя:

- Температура плавления, разложения (или сублимации) материала должна превышать температуру ПС ТТ на 20% и более;
- Высокая плотность;
- Продолжительное время работы (от 30 до 1000 с и более);
- Отсутствие химических реакций при контакте ПС с материалом ПЕО, которые вызывают негативные последствия для работы НТГГ или ДУ;
- Стабильность физико-механических и физико-химических характеристик;
- Длительное время хранения автономно и в составе НТГГ (более 10 лет);
- Безопасность при и после воздействия внешних факторов (перегрузки, перепады температур, вибрации, падение с высоты на бетонный пол и др.);
- Температурный диапазон эксплуатации от плюс 50 °С до минус 50 °С;
- Безопасность при хранении и применении;
- Доступность компонентов и относительно невысокая стоимость.

Исходя из анализа представленных требований проведен отбор интересующих компонентов и сделаны следующие выводы:

1. Полагая, что ПС не контактируют с топливом ДУ, в наибольшей степени в качестве топливных композиций НТГГ с ПЕО подходят газогенерирующие пиротехнические составы на основе нитрогуанидина и смесевые твердые топлива со значением коэффициента избытка окислителя ~0,3. Пример таких ТТ: 38% перхлората аммония, 38% октогена, 24% СКИ-НЛ (добавки не учтены); или 56% нитрогуанидина, 26% октогена, 12% уротропина и 6% комбинированного горючего-связующего.

2. В качестве материала ПЕО рекомендуется выбирать оксиды легких металлов, а также бор с дисперсностью 0,3 ÷ 0,4 мм. Бор, в отличие от оксидов, может вступать в реакцию с ПС в случае, если его дисперсность менее 0,3 мм.

3. Рассмотренные критерии отбора являются наиболее полной совокупностью требований, предъявляемых к топливным композициям и охладителю НТГГ системы подачи ракетного топлива и могут уточняться в зависимости от конкретного назначения изделия.

Список использованных источников:

1. Газогенератор: пат. 2292234 Рос. Федерация N 200510910815/15; заявл. 10.09.06; опубл. 27.01.07, Бюл. N 3. 8 с.
2. Митровиц, П. А., Малинин В. И. Низкотемпературный твердотопливный газогенератор для системы подачи жидкого ракетного топлива // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации — 2021: материалы XXI Всерос. науч.-техн. конф. 2020. Т.2. С. 116-119.

Уравнения движения гиперболического типа с вязко-упругим выражением для расчёта ламинарных течений в ракетных двигателях

Мкртчян М.К.

Научный руководитель — д.т.н. Кочетков Ю.М.

МАИ, Москва

В разработке ракетных двигателей при расчете тепловых, прочностных, энергетических и других параметров не обойтись без привлечения газовой динамики. От результатов зависят характеристики и надежность двигателя. Поэтому важно применять качественные математические продукты описания течения. На сегодняшний день разработано большое количество газодинамических программных комплексов для решения задач при проектировании ракетного двигателя, которые страдают различными недостатками.

В настоящее время существует проблема физически правильного расчета реального потока в сверхзвуковом сопле ракетного двигателя. Существующие уравнения движения, либо имеют трудности при решении из-за нехватки вычислительных ресурсов, такие как уравнения Навье-Стокса, либо эти уравнения не раскрывают реальную картину истечения — уравнения Эйлера и Рейнольдса. Проблема может быть решена с помощью нового уравнения движения, основанного на утверждении о ламинарности потока в сверхзвуковом сопле. Отсутствие вихревых течений в сверхзвуковом сопле объясняется невозможностью существования обратных токов, так как при пересечении двух линий тока возникает скачок уплотнения.

Целью работы является результаты преобразования уравнения Навье-Стокса к виду, применяемому для расчета ламинарных течений в ракетных двигателях.

Преобразование проведено в результате систематического анализа сверхзвуковых течений и путем исключения из уравнения выражений, описывающих турбулентность, под которой понимаются вращение и кручение потока. При вычислении учитываются важные свойства сверхзвукового течения вязкость и сжимаемость. Представлены уравнения движения для ламинарного потока в виде вязко-упругого выражения.

В результате было получено уравнение близкое к уравнению Эйлера с учетом вязкости и сжимаемости. В практическом применении данное уравнение будет полезно при профилировании сверхзвуковых сопел с учетом реальных свойств газа и в расчетах тепловых полей.

Список использованных источников:

1. Кочетков Ю.М. Турбулентность сверхзвуковых течений / Кочетков Ю.М. // Двигатель. — 2013. — №2. — С. 48-50.
2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. В 2 ч. Ч. 1: Учеб. руководство: Для вузов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1991. — 600с. — ISBN 5-02-014015-5.

Выбор параметров центробежного компрессора малоразмерного ГТД

Морозкин И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тощакон А.М.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

На сегодняшний день актуально создание отечественных малоразмерных газотурбинных двигателей. Большинство двигателей данной размерности выполняется по схеме с одноступенчатым центробежным компрессором. При таком исполнении конструкции параметры центробежного компрессора во многом определяют параметры самого двигателя. Однако, на ранней стадии проектирования окончательный облик центробежной ступени неизвестен и существует ряд ограничений по материалам рабочего колеса, по диаметрам на выходе из колеса, по окружной скорости, по форме лопаток рабочего колеса и другим параметрам.

Степень повышения полного давления в компрессоре определяет удельный расход топлива и тягу двигателя. Для малоразмерного двигателя степень повышения давления в

компрессоре ограничена: применяемым материалом по рабочей температуре (с точки зрения стоимости двигателя целесообразно применение алюминиевых сплавов); технологическими возможностями. Для упрощения технологии изготовления и снижения стоимости рабочего колеса целесообразен радиальный выход из него.

Анализ конструктивных ограничений показан на примере различных моделей центробежных ступеней семейства малоразмерных турбореактивных двигателей в классе тяги от 100 до 125 кгс. Дополнительно проведен прочностной анализ, который показал наличие проблем обеспечения прочности в области основания входных кромок лопаток и в отверстии ступицы колеса, что требует выработки рекомендаций по выбору параметров рабочего колеса на этапе предварительного проектирования.

Численное моделирование рабочего процесса в камере кислородно-метанового жидкостного ракетного двигателя, работающего по схеме с полной газификацией компонентов топлива

Мукамбетов Р.Я.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Численное моделирование внутрикамерных процессов в жидкостных ракетных двигателях позволит выработать рекомендации по совершенствованию конструкции камеры и повышению эффективности двигательной установки в целом на ранних этапах проектирования, без проведения дорогостоящих экспериментов, что соответствует актуальной тематике, а именно минимальные время и стоимость разработки.

В работе описано численное моделирование внутрикамерных процессов в жидкостном ракетном двигателе на компонентах топлива кислород–метан, работающего по схеме с полной газификацией компонентов, примером подобного ЖРД является двигатель компании SpaceX Раптор. В качестве модели горения использовалась модель диссипации вихря (Eddy dissipation model), а в качестве модели турбулентности использовалась модель Shear Stress Transport (SST), представляющая собой комбинацию моделей k-omega и k-epsilon. В качестве граничных условий задавались температуры и давления подачи компонентов, для окислителя температура и давление составили 700 К и 30 МПа, а для горючего 1000 К и 30 МПа. В качестве смесительных элементов выбраны двухкомпонентные струйно-струйные форсунки с использованием периферийного ряда однокомпонентных струйных форсунок для создания низкотемпературного пристеночного слоя. По результатам моделирования установлено, что существующие на сегодня методики газодинамического расчета камеры сгорания и сопла не подходят для ЖРД на высокоэнтальпийных компонентах, поскольку из-за высоких скоростей компонентов на входе в камеру сгорания получаются большие значения дальнобойности форсунок, что приводит к низкому значению полноты смешения компонентов, пик которой приходится на расширяющуюся часть сопла. Очевидно, что для увеличения полноты смешения необходимо увеличить объем камеры сгорания, соответственно либо увеличить осевую длину камеры, либо увеличить диаметр с увеличением количества смесительных элементов.

Физическое моделирование фреттинг-износа твердых смазочных покрытий TiN-Pb, предназначенных для защиты деталей в ГТД

Николаев И.А., Еремкина М.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лесневский Л.Н.

МАИ, Москва

Воздушно-реактивный двигатель является сложной колебательной системой, в узлах которой происходят малоамплитудные возвратно-поступательные перемещения контактных поверхностей друг относительно друга в условия высоких контактных давлений под действием вибрации, что приводит к сложному изменению напряженно-деформируемого

состояния, перераспределению остаточных напряжений, образованию и развитию микро-трещин, и спонтанному выходу из строя элементов этих механизмов из-за фреттинга [1].

Тонкие твердые и мягкие твердые смазочные покрытия (ТСП) широко используются для борьбы с фреттингом в широком диапазоне условий эксплуатации. Наиболее эффективно такие покрытия наносятся с использованием методов вакуумного осаждения. Мягкие покрытия (такие как Sn, Ag, Pb и др.) в основном используются для контроля трения в узлах скольжения, где использование жидких смазочных материалов невозможно, особенно в экстремальных условиях эксплуатации. Среди множества доступных твердых покрытий наиболее популярными являются нитриды и карбиды некоторых переходных металлов (такие как Ti, Cr, Zr и др.) [5].

В последнее время многие исследователи сосредоточили свое внимание на дальнейшем увеличении твердости этих покрытий за счет наноразмерного легирования, в результате чего были получены более значительные значения твердости и, следовательно, износостойкости [2]. Но сама по себе твердость не гарантирует длительный срок службы или низкое трение в условиях фреттинга. Поэтому в рамках данной работы внимание было уделено тем композитным покрытиям, которые основаны на сочетании твердой и мягкой фаз [3].

В работе произведен анализ фреттингостойкости композитных покрытий TiN-Pb. Покрытия Pb получены на титановом сплав ВТ6 (сораспылением моноэлементных (Ti в среде аргона с азотом и Pb) катодов-мишеней из двух отдельных магнетронов. Схема магнетронной распылительной системой и режимы осаждения рассмотрены в статье [4]. Содержание свинца в исследуемых покрытиях варьировалось от 5 до 22% ат. Толщина покрытий не превышала 4 мкм.

Трибологические испытания проводились на разработанной в МАИ машине трения 1401 в режиме относительного возвратно-поступательного движения. В качестве модельного контакта была выбрана схема сфера/плоскость. Экспериментальные параметры для испытаний на фреттинг были следующими: нормальная нагрузка (F_n) варьировалась от 1 до 13Н, величина смещения (D) — от 5 до 60 мкм при постоянной частоте 20 Гц, число циклов (n) — 10000. В качестве модельного контакта использовалась схема сфера/плоскость, при этом плоскостью служили образцы с покрытиями с разным содержанием свинца, а сферой служил шар, изготовленный из стали ШХ-15 $\varnothing 12,6$ мм. Осмотр пятен повреждения и измерение профилей и объема износа покрытий и контртел проводилось с помощью конфокального микроскопа Olympus LEXT OLS 5000.

В результате испытаний получена физическая модель фреттинг-износа покрытий, с помощью которой установлены границы видов разрушения в зависимости от следующих параметров: нормальной силы и амплитуды. Физическая модель позволила оценить ресурс исследуемых покрытий с помощью энергетического подхода. Данный подход основан на расчете работы силы трения на изнашивание трущихся материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: грант №20-38-90118.

Список использованных источников:

1. Heredia-Cancino, J.A.; Ramezani, M.; Álvarez-Ramos, M.E. Effect of degradation on tribological performance of engine lubricants at elevated temperatures. *Trib. Int.* 2018. Volume 124, pages 230-237
2. Erdemir A, Eryilmaz OL, Urgen M, Kazmanli K, Mehta N, Prorok B. Tribology of nanostructured materials and coatings. In: Gogotsi Y, editor. *Hanbook of nanomaterials*. CRC Publication; 2005. pp. 685–711
3. Л.Н.Лесневский, С.Г. Клопов, В.Н.Тюрин, А.М.Ушаков Получение композиционных пленок с нанослоями системы TiN-Pb в магнетронной распылительной системе / *Материалы Международной научно-практической конференции "Нанотехнологии и информационные технологии XXI века"*. — М.: МГОУ, 2006. С. 69-72
4. Lesnevskiy L.N., Lyakhovetskiy M.A., Lozovan A.A., Nikolaev I.A., Pavlov Y.S. Tribological properties of solid lubricating coatings of the TiN-Pb system at various Pb content // *Journal of Physics: Conference Series*, 2020. 1713(1), 012029
5. Okane M., Shiozawa K., Ishikura T. Fretting fatigue behavior of TiN-coated steel // *Fretting fatigue: current technology and practices*. — ASTM International, 2000.

Оптимизация рабочего процесса в камере сгорания комбинированной двигательной установки

Норенко Н.А., Крылова Ю.А., Полегаев А.О.
Научный руководитель — к.т.н. Платонов И.М.
МАИ, Москва

В последние годы в России и за рубежом возрос интерес к двигательным установкам на основе прямоточных воздушно-реактивных двигателей, ведутся исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Разработки вызваны низким приростом эффективности при модернизации ракетных двигателей твердого топлива ввиду достижения высокой степени совершенства конструкций. Улучшение летно-технических характеристик летательных аппаратов (ЛА) может быть обеспечено за счет использования кислорода заборного воздуха в качестве окислителя, а также использование корпуса стартово-разгонной ступени в качестве камеры дожигания продуктов газогенерации.

Описанные методы реализуются в комбинированных двигателях. Такие двигатели имеют камеру дожигания, которая служит корпусом для стартового заряда, и в которую из воздухозаборного устройства (ВЗУ) поступает воздух. В настоящее время в качестве перспективной аэродинамической схемы рассматривается схема с одним, двумя или четырьмя ВЗУ. Применение в конструкции двигателя воздухозаборного устройства позволяет увеличить в 1,5–2 раза дальность полета ЛА, по сравнению с использованием ракетного двигателя твердого топлива.

Внутрикамерные параметры напрямую связаны с параметрами воздуха, обтекающего летательный аппарат, который определяет характеристики двигательной установки. В связи с этим возрастает актуальность работ по разработке методов расчета рабочих процессов, протекающих в двигательной установке с несимметричным подводом воздуха. Целью работы является расчет параметров рабочего процесса внутри камеры сгорания для различных конструктивно-компоновочных схем.

Список использованных источников:

1. Афонин П.М., Голубев И.С., Колотков Н.И. и др. Беспилотные летательные аппараты / под общ. ред. Л.С. Чернобровкина. — М: Машиностроение, 1967. — 439с.: ил.
2. Бобылев В.М., «Двигательные установки авиационных ракет» / М: ФГУП «ГосНИИАС», 2011. — 95с.: ил.
3. Сорокин В.А., Яновский Л.С., Козлов В.А. и др., Ракетно-прямоточные двигатели на твердых и пастообразных топливах. Основы проектирования и экспериментальной отработки / М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 320с.
4. Сорокин В.А. и др., Проектирование и отработка ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе: Учебное пособие / М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 317с.: ил.
5. Фахтрудинов И.Х., Котельников А.В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива: Учебник для машиностроительных вузов / М.: Машиностроение, 1987. — 328с.: ил.
6. Молчанов А.М., Щербаков А.М. и др. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники: учеб. пособие — МАИ — Калуга, 2013. — 262 с., с ил.

Исследование влияния профиля скорости за компрессором на газодинамику камеры сгорания ГТД

Носкова К.Р.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Гурьянов А.И.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

В компрессоре газотурбинных двигателей остаточная закрутка воздуха, а также возникающая нестационарность течения от взаимодействия рабочего колеса и спрямляющего аппарата могут способствовать к формированию несимметричного профиля

скорости на входе в диффузор. Как известно из исследований [1, 2], несимметричность входной эпюры скорости в КС связана с увеличением потерь давления, ухудшением газодинамической эффективности в объеме камеры. Поэтому существует необходимость для изучения влияния несимметричного профиля скорости за компрессором на интегральные характеристики КС.

Выполнены численные расчеты в диффузоре и камере сгорания ГТД. На входе в виде начальных условий задан профиль скорости, который смоделирован с помощью спроектированного генератора, имитируя несимметричность течения за компрессором. Величина несимметричности эпюры скорости оценивается коэффициентом K , определяемым отношением среднерасходных скоростей потока в верхнем и нижнем полуканалах. Для того чтобы получить профиль скорости за компрессором проведено численное моделирование его ступени с рабочим колесом и спрямляющим аппаратом.

Проведена верификация структуры течения в проточной части камеры сгорания экспериментальным методом визуализации с помощью гидравлического лотка.

По результатам исследования выяснено, что при внесении на вход преддиффузора например, с коэффициентом $K < 1$, интенсивность отрывной зоны в области внезапного расширения существенно возрастает, наблюдается нелобовое столкновение максимального импульса струи с обтекателем, явный максимум в нижнем канале и недостаток расхода охлаждающего воздуха в верхнем. На выходе из КС наблюдается смещение линий тока и максимум расхода в верхней стенке жаровой трубы, что отрицательно скажется на работе турбины. В случае отсутствия несимметричности (при $K = 1$) кольцевые каналы равномерно заполняются массами воздуха и обеспечивается максимально полная величина давления на выходе из КС и, соответственно, минимум гидравлических потерь.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение фундаментальных научных исследований (шифр научной темы 0774-2020-0004; АААА-А20-120120790010-3).

Список использованных источников:

1. Гурьянова, М. М. Расчётно-экспериментальное исследование газодинамики камеры сгорания ГТД / М. М. Гурьянова, К. Р. Тимофеева, А. И. Гурьянов // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. — №4 (51). — 2019. С. 32-40.
2. Guryanova, M. M. Investigation of the Effect of the Output Parameters of the Flow behind the Compressor on the Gas Dynamics of the Separation Diffuser of the Combustion Chamber / M. M. Guryanova, K. R. Timofeeva, A. I. Guryanov // AIP Publishing. — 2020. — №2211. — Pp. 1-5.

Влияние положения тангенциальных каналов на температурное поле в циклонной системе охлаждения

Поветкин И.С.

Научный руководитель — к.т.н. Тисарев А.Ю.

ПАО «ОДК–Кузнецов», Самара

Развитие газотурбинных двигателей (ГТД) связано с увеличением параметров цикла — степени повышения давления в компрессоре и температуры газа на выходе из камеры сгорания. Главным ограничением для повышения температуры газа является тепловое состояние сопловых и рабочих лопаток турбины высокого давления (ТВД). На современных двигателях все лопатки ТВД выполняются охлаждаемыми. Как в рабочей, так и в сопловой лопатках самым теплонапряженным местом является входная кромка с лобовым натеканием газа и тонким пограничным слоем, что приводит к высокому тепловому потоку от газа к лопатке. Задача системы охлаждения — с минимальным расходом охлаждающего воздуха и минимальной массой лопатки обеспечить ее удовлетворительное тепловое состояние. Одним из методов, позволяющим достичь хорошего охлаждения входной кромки является циклонный.

Циклонная система охлаждения состоит из двух радиальных каналов — раздаточного и циклонного — соединенных между собой набором тангенциальных каналов. Охлаждающий воздух подается в раздаточный канал, а затем по тангенциальным перетекает в циклонный,

где и происходит основной теплообмен. Циклонную схему можно считать продолжением дефлекторного метода охлаждения. Разница в том, что тангенциальные каналы циклонной схемы, которые можно сравнить с отверстиями в дефлекторе, расположены не по середине между радиальными каналами, а смещены к спинке или корытцу. Это позволяет после лобового натекания охлаждающего воздуха придать ему вращательное движение, что увеличивает путь, пройденный охладителем, и тем самым увеличивает количество снятой теплоты.

Одним из вопросов при проектировании циклонной схемы является положение тангенциальных каналов — со стороны спинки или со стороны корытца. В ходе создания циклонной системы охлаждения для рабочей лопатки ТВД были рассмотрены оба варианта, и были получены следующие результаты.

Расположение тангенциальных каналов со стороны спинки позволяет достичь равномерного охлаждения спинки вблизи входной кромки, но сама входная кромка при этом охлаждается недостаточно из-за большого расстояния до нее от выхода из тангенциальных каналов, что приводит к снижению импульса воздуха, направленного к входной кромке. Размещение тангенциальных каналов со стороны корытца позволяет достичь значительно лучшего охлаждения входной кромки из-за меньшего расстояния до нее, но при этом со стороны спинки вблизи входной кромки возникает зона повышенного нагрева. Эта зона появляется из-за низкой скорости охлаждающего воздуха в раздаточном канале, и одновременно с этим высокой скоростью газа в этом месте. При положении тангенциальных каналов со стороны спинки высокая скорость воздуха в них позволила за счет теплопроводности металла компенсировать этот недостаток, но при их выполнении со стороны корытца единственным решением данной проблемы является введение местного пленочного охлаждения.

Можно сделать вывод, что расположение тангенциальных каналов со стороны корытца является лучшим с точки зрения охлаждения теплонапряженной входной кромки, но при этом могут возникнуть проблемы с охлаждением спинки.

Система потребления и рекуперации авиационных транспортных систем

Причина А.С.

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

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

Введение

Одним из перспективных методов экономии энергии является рекуперация (возвращение части потраченной энергии для вторичного применения). Использование данного способа экономии энергии даст следующие преимущества:

- Увеличение расстояния, преодолеваемого ТС
- Уменьшение веса батарей
- Повышение грузоподъемности

Основное содержание работы

Цель проектно-исследовательской работы:

Исследование и создание универсальной системы потребления и расхода энергии, и её интеграция в БПЛА

Задачи

1) Изучение процессов потребления и рекуперации энергии при различных параметрах процесса.

2) Анализ и обработка полученной экспериментальной информации, выделение существенных факторов, влияющих на процесс.

3) Разработка алгоритма и конструкции системы для применения различных видах ТС.

В настоящее время в современных БПЛА существует проблема ограничения времени полёта, так как летательный аппарат должен быть лёгким, в следствие чего установка увеличенных источников питания возможна только при облегчении веса конструкции и её компонентов, но уменьшать вес конструкции до бесконечности не возможно, так как

конструкция начинает терять прочность [2]. Поэтому восстанавливать потраченную энергию в полёте можно с помощью электромотора приводящего винт самолёта или вертолёта в движение, переключая его на цикл рекуперации при работе режима «Авторотация»

Эксперименты проводились при помощи источника питания, состоящего из трёх элементов 18650 соединённых последовательно, напряжение батареи составило 12.6 В максимальная токоотдача сборки 30 А. Для проверки цикла рекуперации использовалась связка из модуля заряда аккумуляторов на основе чипа TP4056 с установленным током заряда 500 мА/час и аналогичного аккумулятора 18650 использованного в источнике питания в количестве одной штуки. В качестве двигателя взят бесколлекторный мотор с максимальным рабочим напряжением 28 В и током потребления 80 А, размером 5065 и 270 об/В, регулятор оборотов взят на 100 А. Обороты мотора регулировались с помощью импульсов, посылаемых на регулятор с микроконтроллера Arduino nano [3].

Предварительные результаты эксперимента показали следующее: так как ротор двигателя лёгкий он мгновенно останавливается после отключения питания, поэтому на его ось был установлен маховик весом 2 кг. Во время выхода двигателя на максимальные обороты которые может обеспечить текущий источник питания максимальный ток потребления составил 12 ампер. При переподключении мотора с вращающимся маховиком на трёхфазный выпрямитель [4], полученное на выпрямителе напряжение подавалось на понижающий модуль на выходе которого напряжение всегда равно 5 вольтам, после понижения энергия идёт на модуль заряда аккумуляторов. Обороты ротора начали падать в следствии потери запасённой кинетической энергии, а также из-за рекуперативного торможения [1]. Зарядка продолжалась пока обороты ротора не упали до уровня разницы между входным и выходным напряжением понижающего модуля равного двум вольтам.

Исходя из предварительных экспериментов можно сделать следующее выводы: режим зарядки эффективен при высоких оборотах двигателя (с учётом минимальной разницы напряжений), различные варианты коммутаций выпрямительных устройств и двигателей, использование системы из ионистора и химикокинетического накопителя [5].

Выводы

Данное техническое решение наиболее перспективно использовать в БПЛА, что позволит увеличить дистанцию полёта и поднять показатель грузоподъёмности.

Список использованных источников:

1. Фукс, Н. Л. Оптимизация приема энергии рекуперации // Железнодорожный транспорт. — 1983. — №3. — С. 40-42.
2. Гончаров А. Беспилотники России (рус.) // Армейский сборник: журнал. — 2015. — Февраль (т. 248, № 2). — С. 39-43.
3. Евстифеев, А. В. Микро контроллеры AVR семейства Mega //Москва, издательский дом «Додэка-XXI. — 2013
4. Олег Новожилов Электроника и схемотехника. Учебник. 1 часть + 2 часть // издательство Юрайт — 2016 — 384 с.
5. Надараиа Ц.Г., Селиванов А.И., Шестаков И.Я., Фадеев А.А., Виноградов К.Н. Гибридный накопитель в системе электропитания перспективных космических аппаратов // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 2. С. 202-209.

Исследование влияния закона распределения температуры по длине акустического зонда волноводного типа на его частотные характеристики

Радин Д.В., Новичкова С.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Макарянц Г.М.

Самарский университет, Самара

Разработка малоэмиссионных камер сгорания современных авиационных газотурбинных двигателей и наземных газотурбинных установок на данный момент невозможна без экспериментального определения их пульсационного состояния. В связи с высокими значениями температуры непосредственное измерение пульсаций давления в камере

сгорания с помощью существующих датчиков динамического давления возможно только при организации жидкостного охлаждения, что значительно увеличивает стоимость и снижает надёжность измерительной системы. Альтернативным подходом к измерению пульсаций давления является использование акустического зонда волноводного типа, позволяющего разместить датчик динамического давления за пределами высокотемпературной области. Наличие пневматического канала передачи информации приводит к значительному искажению акустического сигнала, регистрируемого датчиком динамического давления. Поэтому использование акустического зонда для измерения пульсаций требует высокой точности определения его частотных характеристик. Однако, на данный момент влияние закона распределения температуры по длине акустического зонда волноводного типа на его частотные характеристики изучено недостаточно.

В данной работе проведено расчётное и экспериментальное исследование частотных характеристик зонда волноводного типа с корректирующим элементом в виде согласующего трубопровода при различных законах распределения температуры по длине волновода. Расчётное исследование показало высокую чувствительность амплитудно-частотных характеристик зонда не только к отношению температур на входе и выходе волновода, но также и к закону распределения температуры по его длине. Для подтверждения адекватности результатов расчётного исследования был изготовлен опытный образец зонда, который был испытан в составе лабораторной камеры сгорания. Во время экспериментального исследования пульсации давления регистрировались датчиком динамического давления, установленным в зонд, а также высокотемпературным датчиком, расположенным непосредственно в жаровой трубе. Для определения теплового состояния зонда на его наружной поверхности были установлены термопары. Изменение закона распределения температуры по длине зонда осуществлялось изменением режима работы камеры сгорания. Сравнение расчётных и экспериментальных данных показало их хорошую сходимость.

Расчёт течений в межлопаточных каналах турбомашин

Рожкова М.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Агульник А.Б.

МАИ, Москва

Компрессор и турбина являются одними из важнейших узлов газотурбинных двигателей и энергоустановок. Глубокое понимание процессов, происходящих в межлопаточных каналах турбомашин, позволяет избежать ошибок при проектировании и повысить их газодинамическую эффективность. Последнее обстоятельство очень важно, поскольку, КПД компрессора и турбины непосредственно влияет на топливную экономичность и конкурентоспособность изделия в целом. По этой причине изучение и понимание рабочего процесса компрессора и турбины является актуальным и востребованным.

Данная работа ставит своей целью создание программного комплекса Gas_dynamic_calculation на языке программирования Fortran в интегрированной среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio для предварительных и поверочных расчетов турбомашин.

Задачами данной работы являются:

1. Автоматизация проведения

1.1 предварительного расчета турбовентилятора и газогенератора ТРДД для различных схем проточной части при наличии или отсутствии подпорных ступеней;

1.2 детального расчета компрессоров и турбин высокого и низкого давления для различных схем проточной части для заданного потребного количества ступеней;

1.3 расчета кинематических параметров рабочего тела по высоте проточной части ступени компрессора и турбины при различных законах закрутки с постоянным или переменным распределением работы по радиусу для заданного потребного количества расчетных сечений;

2. Моделирование течения потока через ступени турбомашин при использовании программного обеспечения ANSYS CFX;

3. Сравнительный анализ результатов расчета разработанного комплекса программ с ANSYS CFX.

В качестве объекта исследования выбран прототип двигателя ТРДД CFM56-7B со степенью двухконтурности $m=5$.

Расчет с помощью программного комплекса Gas_dynamic_calculation был выполнен для одноступенчатого компрессора низкого давления (КНД) с четырьмя подпорными ступенями, девятиступенчатым компрессором высокого давления (КВД), одноступенчатой турбиной высокого давления (ТВД) с охлаждаемыми сопловыми аппаратами и рабочими решетками, четырехступенчатой турбиной низкого давления (неохлаждаемой) (ТНД).

Список использованных источников:

1. Исследование рабочего процесса в ступени осевого компрессора с помощью универсального программного комплекса Ansys CFX/ О.В. Батурин, В.Н. Матвеев, Л.С. Шаблий, Г.М. Попов. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. — 112 с.: ил.;

2. Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Теория и расчет: Учебное пособие/ Ю.А. Ржавин, О.Н. Емин, В.Н. Карасев; под ред. Ю.А. Ржавина — М.: Изд-во МАИ — ПРИНТ, 2008 — 700 с.: ил.

Модернизация приборно-агрегатного отсека космического корабля типа «Союз» энергетической установкой на основе элементов Пельтье

Рокотянский А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Объектом исследования является элемент Пельтье, используемый для модернизации КК типа «Союз» путём замены солнечных батарей.

Цель работы — разработка энергетической установки на основе элементов Пельтье для функционирования в условиях космического пространства, устанавливаемой на космический корабль типа.

Основные конструкционные и технико-эксплуатационные показатели: высокая мощность, низкое КПД, малые габариты установки.

Эффективность энергетической установки определяется высокой разностью температур между холодной и горячей поверхностями элемента Пельтье, высокой проводимостью электрического тока и низкой теплопроводностью проводников и жаростойкостью материалов. Дополнительно система частично решает проблему «сброса» тепла космического аппарата, затрачивая часть тепла на выработку энергии.

Экономически данная разработка очень эффективна, так как энергетическая система на порядок меньше по размерам и массе по сравнению с солнечными батареями. Эти преимущества дают возможность увеличить массу выводимой РН полезной нагрузки.

В ходе научной исследовательской работы была разработана энергетическая установка на основе элементов Пельтье для КК типа «Союз». По результатам эксперимента, анализа статей и сравнения элементов Пельтье с солнечными панелями можно сделать несколько выводов:

- Элементы Пельтье имеют низкий КПД, поскольку лишь малая часть тепловой энергии преобразуется в электрическую, остальное тепло выделяется в окружающую среду;

- По сравнению с солнечными батареями элементы Пельтье более мощные, следовательно, при выведении в космос они более предпочтительны за счёт меньшей суммарной массы всех элементов, необходимой для питания космического корабля;

- Элементы Пельтье меньше подвержены деградации от солнечной радиации и перепада температур, деформации и выходу из строя от внешнего воздействия, так как не имеет в своей системе подвижных элементов;

- Элементы Пельтье, вырабатывающие электроэнергию за счёт разницы температур, являются многообещающими проектом для использования в КА, участвующих в миссиях по освоению дальнего.

По результатам экспериментальной части работы элементы Пельтье могут заменить солнечные батареи с уменьшением площади рабочей поверхности в 10 раз при сохранении необходимой для космического корабля типа Союза мощности 0,6 кВт.

Ссылаясь на разработки в сфере космических энергетических установок с 1960-х годов, ТЭЛП имеют КПД 6-8%, термоэмиссионные преобразователи имеют более высокий КПД 15-16%, но пока использовались только ТЭЛП. Солнечные панели КА имеют КПД 30-40%, что в 2 раза выше рассматриваемого источника энергии.

Хоть деградация солнечных панелей и является существенным недостатком по сравнению с ТЭГ, но в разрезе короткого срока эксплуатации КК типа Союз на орбите Земли деградация не проявляется в существенной степени.

По итогам работы можно сделать вывод, что рассматриваемая технология не является конкурентноспособной в области космической энергетики для КА, функционирующих на орбите Земли, и более того — проигрывает в некоторых эксплуатационных параметрах.

Список использованных источников:

1. Самойлович А. Г. Термоэлектрические и термомагнитные методы превращения энергии — М.: ЛКИ, 2007. — 67 с. — ISBN 978-5-382-00062-6
2. Симкин А. В., Бирюков А. В., Репников Н. И., Ховайло В. В. Термоэлектрическая эффективность низкотемпературных генераторных материалов, возможности её повышения — Челябинск: Вестник Челябинского государственного университета, 2015. — С 21 — 29.
3. Худяков, С. А. Космические энергоустановки. — М.: Знание, 1984. — 64 с, ил. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 7)
4. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов / Л.А. Квасников, Л.А. Латышев, Н.Н. Пономарев-Степной, Д.Д. Севрук, В.Б. Тихонов. — Изд. второе, перераб. и доп. — М.: Изд-во МАИ, 2001. — 480 с.: ил.
5. Петровичев, М.А. Система энергоснабжения бортового комплекса космических аппаратов [Текст]: [учеб. пособие] / М. А. Петровичев, А. С. Гуртов; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. — Самара: Изд-во СГАУ, 2007. — 87 с.(40 экз)

Отработка инженерной методики решения задачи статической прочности компрессора ГТД в среде ANSYS

Сапухина М.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Леонтьев М.К.

МАИ, Москва

В докладе отрабатывается методика решения задачи статической прочности осевого компрессора ГТД в среде ANSYS и результаты ее применения. Прямой расчет напряженно-деформированного состояния полной сборки ротора с учетом всех особенностей ротора и его соединений требует подготовки очень подробной конечно-элементной сетки, чтобы получить удовлетворительные результаты. Время решения такой задачи весьма велико, а необходимость проведения вариантных расчетов может увеличить его многократно. Предлагается двухэтапное решение такой задачи.

На первом этапе решается задача определения деформационного состояния полной сборки ротора компрессора под действием всех действующих на него нагрузок. В такой задаче не требуются очень подробные сетки, и задача может решаться в осесимметричной постановке без больших временных затрат. На втором этапе с учетом полученных результатов решается задача по определению напряжений и запасов прочности отдельных узлов компрессора с учетом всех особенностей ротора в твердотельной постановке.

Рассматривается ротор КВД перспективного двигателя, состоящий из шести ступеней, диска лабиринта, передней цапфы и вала. Лопатки первых трех ступеней имеют с дисками близкие соединения. Лопатки четвертой, пятой и шестой ступени имеют замковые соединения «ласточкин хвост». Первая, вторая ступени и оболочка, идущая к третьей ступени соединены сваркой. Четвертая, пятая, шестая ступени и оболочка, идущая к третьей

ступени соединены сваркой. В третьей ступени титановые диски и диски из никелевого сплава соединяются болтовым соединением. Шестая ступень, диск лабиринта и вал соединены шпилечным соединением.

Расчеты проводятся с учетом вращения ротора, крутящего момента от действия турбины, осевых сил, возникающих при работе компрессора, учитывается распределение температур, получаемое в тепловом расчете. Результаты деформационного анализа в точках соединения узлов компрессора используются в виде граничных условий для расчета напряжений и запасов прочности уже отдельных узлов. Для расчета запасов прочности в качестве максимально допустимых напряжений берется предел длительной прочности, зависящий от параметра Ларсена-Миллера.

Детальный расчет каждого узла проводится отдельно с мелкой сеткой с наложением граничных перемещений. Задача не осесимметрична, так как есть распределенные грузы в виде лопаток и болтов. Сварочные соединения узлов ротора моделируются как жесткие элементом ANSYS Bonded. Соединение болта с гайкой так же жесткое. Поверхности, стянутые болтовым соединением, моделируются элементом Frictional. Контакты в замковых соединениях «ласточкин хвост» моделируются элементом Frictional.

Расчет моделей проходит на шести основных режимах компрессора. Каждый режим имеет свои граничные условия и нагрузки. В зависимости от режима время расчета всего ротора на обычном ПК находится в диапазоне от 1.5 часов до 2 часов. Для отдельных деталей и узлов — от 5 минут для передней цапфы и до 27 минут для ступеней с лопатками с замком «ласточкин хвост». Расчет НДС полной сборки ротора КВД с необходимой сеткой на обычном ПК практически невозможен, расчеты на вычислительных кластерах дорогостоящи, что является критически важным при проведении вариантных расчетов.

Какими бы ни были мощными новые поколения компьютеров, перед инженерами всегда должна стоять задача оптимизации процесса расчета создаваемых моделей конструкций двигателей.

Список использованных источников:

1. Федорченко, Д. Г. Моделирование реальных условий нагружения при проектировании высокоресурсных турбомашин с использованием моделей высокого уровня / Д. Г. Федорченко // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2014. — № 6(89). — С. 78-86.
2. Биргер И.А. Расчет на прочность деталей машин / И.А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. — 1979: Москва "Машиностроение", 1979. — 702 с.
3. Кишкин С.Т. Авиационные материалы. Том 3. Жаропрочные стали и сплавы. Сплавы на основе тугоплавких материалов. / С.Т. Кишкин, Е.Б. Качанов, И.П. Бульгин. — 1989: ОНТИ, 1989. — 245 с.

Проблемы, возникающие при проектировании перспективных опорных подшипников скольжения для роторов авиационных газотурбинных двигателей и некоторые пути их решения

Сводин П.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мякочин А.С.

МАИ, ОКБ им. А. Льюльки, филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва

Опорные подшипники роторов авиационных газотурбинных силовых установок являются одними из самых нагруженных элементов роторной системы и двигателя в целом. Ввиду наличия интенсивного трения между поверхностями контакта, требуется обеспечение эффективного подвода смазочного масла в зазор подшипника для минимизации негативных эффектов от возникающего трения. Кроме того, на современном этапе развития авиационного двигателестроения требуется реализация всё более высоких значений термодинамических параметров цикла, в связи с чем возрастают нагрузки на элементы и системы двигателя, в частности, на роторную систему, а, следовательно, и на опорные подшипники.

Анализ фактов, описанных выше, приводит к формулировке основных требований к перспективному подшипнику скольжения: высокий эксплуатационный ресурс, экономичность, технологичность, возможность эксплуатации при высоких значениях частоты вращения ротора.

В данной работе проведен анализ основных проблем и вопросов, возникающих при создании перспективных опорных подшипников скольжения:

- Повышение надежности;
- Снижение расхода смазочного масла (повышение экономичности);
- Повышение эксплуатационного ресурса;
- Реализация в конструкциях роторных систем с высокими значениями рабочих частот вращения;
- Минимизация износа подшипника в момент начала вращения ротора.

Предложены некоторые пути решения данных проблем на основе имеющихся перспективных технологий, а также за счет внесения изменений в конструкцию и схему смазки поверхностей трения подшипников скольжения.

Разработка методики препарирования лопаток при усталостных испытаниях Селищев П.А.

Научный руководитель — Праслов Д.Ю.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Проблема существующей на данный момент методики препарирования лопаток при проведении усталостных испытаний заключается в высокой чувствительности тензодатчиков к точности их наклейки, то есть погрешность установки датчиков значительно влияет на их показания. Это, в свою очередь, приводит к получению недостоверного результата испытаний — предела выносливости лопаток.

Целью данной работы является разработка такой методики препарирования лопаток, которая позволит получать наиболее достоверные результаты при проведении усталостных испытаний.

Главной отличительной особенностью разрабатываемой методики является формирование схемы препарирования лопатки на основе исследования ее напряженно-деформированного состояния. В ходе данного исследования в качестве мест наклейки тензодатчиков выбираются зоны на поверхности пера лопатки с минимальным градиентом напряжений. Это один из ключевых критериев, позволяющих достичь поставленной цели.

На начальном этапе выполнения работы была проведена валидация — сравнение расчетных моделей и соответствующих им реальных лопаток. Для этого были созданы расчетные модели лопаток с тензодатчиками, расположенными согласно ранее разработанным для этих лопаток схемам препарирования. Сравнительный анализ экспериментальных и расчетных показаний тензодатчиков — основа проведенной валидации. Минимальные расхождения по данным показаниям были получены в результате выбора наиболее подходящего метода осреднения напряжений по площади датчика из нескольких рассмотренных вариантов.

Наряду с погрешностью наклейки тензодатчиков, значительное влияние на достоверность результатов усталостных испытаний оказывают геометрические отклонения лопаток. С помощью геометрической оптимизации пера лопатки в пределах допусков была определена степень влияния различных геометрических отклонений на частоту колебаний лопатки по основному тону, проведено сравнение полученных результатов с экспериментальными данными. Также расчетным путем было доказано влияние исследуемых отклонений на напряженно-деформированное состояние лопатки, а, следовательно, и на показания наклеенных на лопатку тензодатчиков. В основу разрабатываемой методики заложены инструменты, позволяющие нивелировать воздействие данной зависимости на результаты усталостных испытаний.

Исследование влияния смещений тензодатчиков, расположенных согласно новой (сформированной на основе разрабатываемой методики) схеме препарирования, и

геометрических отклонений лопатки на показания этих датчиков сперва проводилось с помощью методов численного моделирования. По итогам данного исследования, расчетным путем доказана эффективность применения новой методики.

Для оценки экспериментальным путем эффективности разрабатываемой методики была разработана программа испытаний, проведены первичные испытания одной из исследуемых компрессорных лопаток. Согласно полученным на данный момент результатам можно сделать вывод, что применение новой методики действительно способно увеличить достоверность результатов усталостных испытаний. В настоящее время завершаются все этапы составленной программы испытаний, а также проводится апробация разработанной методики на большем количестве лопаток, что необходимо для объективной многофакторной оценки эффективности предложенной методики.

Форсирование ГТД с помощью впрыска воды в форсажную камеру сгорания Спирин И.В.

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

ОКБ им. А. Люльки, Москва

К настоящему времени авиационные газотурбинные двигатели достигли высокой степени термодинамического и конструктивно-технологического совершенства. Увеличение тяги двигателя, как правило, достигается повышением температуры газа, увеличением частоты вращения ротора или расхода воздуха, но данные методы требуют глобальных конструктивных изменений двигателя или внедрение новых технологий и материалов [1]. Поэтому необходимо искать другие способы форсирования, так как в условиях выполнения боевой задачи, кратковременное увеличение тяги может сыграть решающую роль, одним из таких способов является впрыск воды в форсажную камеру сгорания (ФКС). Данный способ позволяет увеличить характеристики двигателя в пределах заданной температуры, что позволяет сохранить ресурс двигателя на изначальном уровне.

Целью данной работы является оценка целесообразности форсирования двигателя с помощью впрыска воды в ФКС. В ходе работы составлена методика для одномерного термогазодинамического расчета при расходе воды от 0% до 5% относительно расхода воздуха через двигатель, проведена программная реализация данной методики, а также выполнен трехмерный расчет в программном комплексе Ansys (CFX) [2]. Объектом исследования был выбран двигатель-прототип АЛ-41F1С.

Методика для термогазодинамического расчета ФКС с впрыском воды, как правило, основывается на методе, описанном в работе [3], но имеет некоторые изменения в виду следующих факторов: уменьшение температуры газа, изменение давления и увеличение расхода рабочего тела.

Расчет ведётся при разных условиях форсирования, а именно: без впрыска воды, с впрыском воды и с впрыском воды при постоянной температуре за ФКС. Для оценки характеристик двигателя вычислены удельные параметры двигателя.

Результаты одномерного термогазодинамического расчета показали увеличение тяги только при условии сохранения постоянной температуры за ФКС, поэтому именно этот режим выбран для дальнейшего исследования.

Исходя из полученных результатов одномерного расчета, проводится трёхмерный термогазодинамический расчет двух режимов: без впрыска воды и с впрыском воды при постоянной температуре за ФКС.

Анализируя результаты, делается вывод, что впрыск воды в форсажную камеру сгорания увеличивает тягу двигателя, при условии, что температура в ФКС остаётся постоянной. Одним из ограничений является то, что форсажная камера рассчитана на коэффициент избытка воздуха α равный приблизительно 1,12, и поэтому возникают проблемы, если необходимо поддерживать постоянную температуру, когда подаётся воды больше 1,3 кг, так как при подаче дополнительного топлива, не будет хватать воздуха для окисления, и температура не будет расти.

Обнаруженные недостатки являются допустимыми, так как конечной целью любого полёта боевого самолёта является возможность успешного выполнения задачи, поэтому существование самолёта с модернизированным двигателем оправдано.

Из вышеперечисленных результатов можно сделать вывод о целесообразности исследования форсирования двигателя с помощью впрыска воды при условии сохранения постоянной температуры за ФКС. В дальнейшем, необходимо провести испытание и правильно подобрать и верифицировать математическую модель.

Список использованных источников:

1. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / под ред. В. А. Сосунова, В. М. Чепкина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Изд-во МАИ, 2003. — 693 с.

2. ANSYS.com: [справка]. — Текст: электронный: [сайт]. — URL: <https://ansyshelp.ansys.com/>

3. Термогазодинамический расчет и расчет характеристик авиационных ГТД / А. Б. Агульник, В. И. Бакулев, В. А. Голубев [и др.]; под ред. В. И. Бакулева. — Москва: Изд-во МАИ, 2002. — 257 с.

4. Термодинамика: в 2 ч. Ч. 1: Основной курс / В. П. Бурдаков, Б. В. Дзюбенко, С. Ю. Меснякин, Т. В. Михайлова. — Москва: Дрофа, 2009. — 479 с. — (Высшее образование) (Современный учебник)

Численное моделирование эмиссии вредных веществ при горении метановоздушной смеси в условиях камеры сгорания ГТД АЛ-31СТ

Суворов А.Е.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Молчанов А.М.

МАИ, Москва

По мере ужесточения экологической политики по ограничению эмиссии загрязняющих веществ все более важными задачами при проектировании газотурбинных двигателей становятся достижение топливной эффективности и уменьшение вредных выбросов, таких как оксиды азота (NOx) и углерода (CO).

Вычислительная гидродинамика (CFD) может помочь в понимании процессов горения и образования выбросов при значительно более низких затратах по сравнению с физическими экспериментами. Моделирование горения с помощью CFD является комплексной задачей, так как необходимо сочетать химическую кинетику с описанием гидродинамики и теплопереноса в моделируемой области. Из-за значительных вычислительных затрат, связанных с детальными механизмами горения, которые могут включать в себя сотни компонентов, трехмерные расчеты горения с подробной химической кинетикой в настоящее время требуют сокращения детальных схем. Надежность результатов во многом зависит от степени упрощения задачи и возможностей применяемых моделей.

Таким образом, процесс создания инструмента для предсказания эмиссии вредных веществ состоит из следующих основных этапов:

1. Создание скелетного механизма горения;

2. Постановка задачи численного моделирования: создание сеточной модели области, выбор и настройка подмоделей;

3. Верификации математической модели;

4. Обработки результатов и выдачи рекомендации по моделированию.

Разработанная модель применялась для расчета эмиссии токсичных веществ (NO и CO) в диапазоне рабочих режимов газотурбинной установки.

Проведённые расчеты показали, что модель позволяет качественно описывать выбросы CO и NOx. Анализ полей концентраций веществ показал, что основным источником образования оксидов азота является диффузионное пламя внутреннего контура горелочного устройства, в то время как CO образуется во фронте как диффузионного, так и предварительно перемешанного пламени внешнего контура, а значит при решении задач

расчета токсичных веществ в низкоэмиссионных камерах сгорания следует уделять внимание качеству вычислительной сетки как в окрестности пламени, так и во всем объеме горелочного устройства.

Список использованных источников:

1. Zettervall, N. (2021). Methodology for developing reduced reaction mechanisms, and their use in combustion simulations. Department of Physics, Lund University.
2. Gregory P. Smith, David M. Golden, Michael Frenklach, Nigel W. Moriarty, Boris Eiteneer, Mikhail Goldenberg, C. Thomas Bowman, Ronald K. Hanson, Soonho Song, William C. Gardiner, Jr., Vitali V. Lissianski, and Zhiwei Qin http://www.me.berkeley.edu/gri_mech/
3. ANSYS Fluent Theory Guide.

Разработка системы предупреждения ошибок при работе с капотами двигателя самолёта Sukhoi Superjet 100

Тарасов Е.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Комов А.А.

МГТУ ГА, Москва

Согласно исследованиям в области безопасности полетов, количество авиационных инцидентов с участием человеческого фактора непрерывно увеличивается, вытесняя, в процентном соотношении, инциденты по причине отказов и сбоев в работе авиационного оборудования. Данная тенденция несет в себе сразу несколько негативных последствий, начиная с угрозы безопасности жизни пассажиров и членов экипажа, находящихся на борту воздушного судна, и заканчивая большими финансовыми и имиджевыми ущербами для компании-эксплуатанта ВС и организации, производящей техническое обслуживание и ремонт.

В ходе анализа данных по авиационным инцидентам, причиной которых стало влияние человеческого фактора, было выяснено, что достаточно часто встречается ситуация, когда после проведения технического обслуживания на воздушном судне капоты двигателей не закрываются полностью, то есть, замки капотов не закрыты и капоты остаются в открытом положении, что приводит к их открытию и отрыву в процессе разбега по ВПП или набора высоты. Согласно официальным данным NTSB (National Transportation Safety Board), FAA (Federal Aviation Administration), Transport Canada и Росавиации, в мире с 1988 по 2021 год ВС типа Airbus A320 Family выполнили более 153 млн рейсов (около 9000 ВС находятся в эксплуатации на данный момент), при этом задокументировано как минимум 45 случаев отрыва капотов двигателей;

ВС типа Sukhoi Superjet 100 выполнили более 275 тысяч рейсов (200 ВС находятся в эксплуатации на данный момент), имеют в истории эксплуатации 2 случая отрыва капотов двигателей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что данная проблема, во-первых, не связана с конкретным типом ВС, аэропортом, условиями эксплуатации и уровнем подготовки технического персонала, а, во-вторых, наиболее актуальна для узкофюзеляжных ближне-среднемагистральных пассажирских самолетов с низким расположением двигателей, к которым можно отнести ВС семейства B737NG, A320 Family, Sukhoi Superjet 100, так как клиренс двигателей у данных ВС является минимальным, а замки капотов установлены в самой нижней точке. Отдельного упоминания заслуживает тот факт, что даже в прикрытом состоянии капоты под своим весом достаточно плотно встают на свои места, а замки в большинстве случаев не попадают в поле зрения, что в сумме при визуальном осмотре может быть ошибочно принято за закрытое положение. Для осуществления полноценной инспекции положения капотов и закрытого положения замков капотов, обслуживающему персоналу требуется полностью находиться под двигателем, что в условиях оперативного ТО может быть крайне затруднительно в связи с различными внешними условиями (нехватка времени, отвлечение внимания со стороны персонала других служб, отсутствие

необходимого оборудования, состояние перрона, погодные условия). Именно здесь проявляется влияние человеческого фактора.

Зарубежные концерны (Boeing, Airbus) для нового поколения вышеперечисленных ВС решили данную проблему путем ввода дополнительных средств индикации механического или электронного контроля закрытия замков капотов двигателей.

Таким образом, целью данной работы стала разработка комплексной системы индикации и контроля состояния капотов двигателей, капотов реверсивного устройства и панелей доступа двигателей именно воздушного судна Sukhoi Superjet 100.

Разработанная система несет в себе сразу две функции:

- Индикация положения элементов двигателя, наиболее часто используемых при наземном обслуживании (капоты двигателя, капоты реверса, лючок и крышка горловины масляного бака);

- Блокировка первоначальной раскрутки вала компрессора высокого давления при несоответствии текущей конфигурации двигателя той, которая считается безопасной для совершения взлета. Это не позволит произвести взлет ВС в случае, если текущая конфигурация двигателя несет угрозу безопасности жизни находящихся на борту людей или техническому состоянию воздушного судна.

Актуальность определяется сходством темы данной работы и вектором развития гражданской авиации, высокой степенью интеграции разработки с существующими системами воздушного судна и минимальным количеством доработок с точки зрения расположения элементов на воздушном судне, изменения существующих изделий, а также разработки руководств по техническому обслуживанию и эксплуатации.

Было составлено описание системы, ее назначение в целом и каждого отдельно взятого элемента, состав, принцип работы. Помимо этого, была составлена блок-схема работы системы, продумана логика ее взаимодействия с другими компонентами и системами воздушного судна, произведена подстройка индикации системы под принцип «темной кабины» и ее аналоговое дублирование непосредственно на двигателях.

Также был произведен расчет экономической целесообразности данной разработки, в результате которого были сделаны выводы о необходимости, рентабельности и потенциальных положительных эффектах разработанной системы в сфере технической и легкой эксплуатации воздушных судов типа Sukhoi Superjet 100.

Энергетический комплекс на жидком метане, объединенный с воздухоразделительной установкой и низкотемпературными силовыми установками

Тремкина О.В., Манакова О.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Угланов Д.А.

Самарский университет, Самара

Модернизированный энергетический комплекс на жидком метане, объединенный с воздухоразделительной установкой и низкотемпературными силовыми установками, работающими по открытому циклу Ренкина и обратному циклу Стирлинга, позволит значительно повысить эффективность и улучшить экологическую составляющую энергетический установок, обеспечивающих электроэнергией населенные пункты и другие объекты жизнедеятельности человека. Повышения эффективности можно достичь за счет увеличения количества дополнительных контуров, поскольку чем ниже температура выхлопных газов на выходе, тем меньше вреда для окружающей среды.

Схема комплекса состоит из следующих контуров: основной контур (газопоршневая установка), вспомогательная энергетическая установка (воздухоразделительная установка (ВРУ)), многоступенчатое расширение и паросиловые установки. В качестве основного рабочего тела используется жидкий метан, в ВРУ, работающих по открытому циклу Ренкина — аргон и кислород, во вспомогательной энергетической установке, работающей по обратному циклу Стирлинга используется аргон (хладагент R740).

Следует отметить, что дополнительную работу можно получить благодаря процессу многоступенчатого расширения, так как регазифицированный в теплообменниках метан находится в трубках под давлением 7 МПа. Для этого проведено исследование работы процесса многоступенчатого расширения криопродукта, в ходе которого была выявлена закономерность между суммарной работой каскада турбин и их количеством. При помощи полученных данных был сделан вывод, что максимальное количество энергии может быть получено с учетом гидравлических и тепловых потерь в промежуточных теплообменниках 3 или 4 каскадной системы.

В работе были проведено расчетное исследование энергетических характеристик паросиловых вспомогательных установок, работающих на криогенных рабочих телах, а также расчеты показателя влияния параметров теплообменных аппаратов на температуры рабочих тел. Общая удельная работа энергетического комплекса составила 1,91 МДж/кг, мощность — 32,8 МВт и термический КПД — 34%. Также был посчитан коэффициент, показывающий влияние теплообменных аппаратов на температуры рабочих тел, его величина составила 133,7 кДж/К.

Таким образом в работе была рассмотрена возможность применения полученных веществ в ВРУ (жидкий кислород и аргон) в качестве рабочих тел в дополнительных паросиловых установках.

Методы экспериментально-теоретического определения параметров материалов для оценки стойкости элементов конструкции ГТД

Урманов И.Д.

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

ОКБ им. А. Люльки, Москва

В эксплуатации возможны случаи попадания посторонних предметов (ПП) и птиц на вход двигателя и последующего повреждения рабочих элементов компрессора. В результате значительных повреждений существуют риски обрыва рабочих лопаток и поражения высокоскоростными фрагментами разрушенной лопатки корпусов двигателя. Из-за возможных катастрофических последствий отказа ГТД и высокой стоимости двигателя риски разрушения стремятся минимизировать. Требованиями Авиационных Правил (АП) предусмотрены исследования особых случаев нагруженной конструкции двигателя с использованием специальных стендовых испытаний. Уменьшение повреждений рабочих лопаток и в случае их обрыва локализация высокоэнергетических фрагментов разрушенных элементов внутри тракта двигателя в соответствии с требованиями АП повышают безопасность конструкции ГТД. Таким образом, с целью создания безопасной конструкции двигателя возникает ряд задач по оценке стойкости рабочих лопаток при попадании ПП и локализации корпусами ГТД высокоскоростных фрагментов. Для повышения надежности оценки безопасности конструкции ГТД эффективной схемой решения задач является совместное использование экспериментальных и численных методов. Для этого был разработан специальный метод расчета на основе численного моделирования с использованием результатов экспериментальных исследований. Объектом исследования являются свойства материала, необходимые для калибровки моделей материалов при конечно-элементном расчете, обеспечивающей надежность результатов численного моделирования.

Базовые испытания включали в себя исследования механических свойств наиболее распространенного корпусного материала ВТ20 в зависимости от сортамента материала с учетом анизотропии механических свойств и асимметрии при растяжении/сжатии, определились эффекты скорости деформации и температуры. Высокоскоростные и высокотемпературные испытания образцов титанового сплава ВТ20 выполнялись в лаборатории физических основ прочности ИМСС УРО РАН г. Пермь и в ОГМет ЛМЗ г. Лыткарино. Также на базе ИМСС УРО РАН была испытана серия образцов концентраторами. В лаборатории Экспериментальной механики ЮУрГУ были выполнены

баллистические испытания пластин BT20 с разной толщиной и сортаментом. Параметризация свойств титанового BT20 и калибровка моделей материала выполнялись на технической и вычислительной базе ОКБ им. А. Люльки г. Москва с помощью программного комплекса LS-DYNA с использованием теоретических достижений в области повреждаемости материалов.

В зависимости от степени детали конечно-элементной модели при решении большинства инженерных задач существующая доступность упругих свойств материалов и простое вычисление линейного отклика материала, а также отсутствие необратимых повреждений материала при упругом деформировании позволяет достичь высокой надежности расчетной оценки по результатам упругого анализа. Описание пластического деформирования осложняется более значимым влиянием эффекта скорости деформации, температуры, анизотропии, остаточных напряжений и других факторов. Необратимое нарушение молекулярных связей при начале пластического течения приводит к повреждениям материала. Это затрудняет расчетную оценку процессов, которые требуют моделирования поведения систем с учетом пластического деформирования.

Для моделирования поведения материалов в условиях динамического нагружения, когда уровень напряжений выше предела текучести, используются численные коды подобные LS-DYNA и ABAQUS. Для описания пластического деформирования и разрушения при действии динамического воздействия часто применяется аналитическая модель Джонсона-Кука. Эта модель материала учитывает влияние на упрочнение эффекта скорости и разогрева материала при пластическом деформировании.

Разрушение материала оценивается по сдвиговому критерию, а трёхосность напряжённого состояния используется в качестве характеристики разрушения.

Модель разрушения учитывает историю повреждения каждого элемента.

Разрушение происходит, когда повреждаемость достигает единицы.

Параметры модели материала определяются на основе экспериментальных данных. Теоретические зависимости в аналитической модели Джонсона-Кука также экспериментально обоснованы, они формулируются посредством аппроксимации по экспериментальным данным. Для соответствующего описания моделей пластического деформирования и разрушения требуются разнообразные испытания образцов материала.

Модель MAT224, представленная в программе LS-DYNA, известная как табулированная модель Джонсона-Кука, по сравнению с аналитической является более универсальной за счёт использования табличного или произвольного способа задания кривых деформирования на различных уровнях скорости деформации и температуры. Разрушение определяется в виде табличной зависимости максимальной эквивалентной пластической деформации от двух переменных напряжённого состояния как трёхосность напряжённого состояния и вид напряжённого состояния.

Исследование способов обеспечения запасов газодинамической устойчивости на пониженных оборотах компрессора

Харитонов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

В настоящее время одной из важных задач в мировом и российском газотурбинном двигателестроении является повышение энергетической эффективности двигателей, их надежности и эксплуатационных свойств. Энергетическая эффективность и работоспособность двигателей должны обеспечиваться не только на номинальном режиме работы, но и при повышенных и пониженных режимах работы (приведенной частоте вращения ротора двигателя). Одним из значимых параметров на этих режимах работы является значение запасов газодинамической устойчивости (ГДУ) компрессора.

Особое внимание уделяют запасам устойчивой работы компрессора на пониженных режимах работы. Необходимость их обеспечения обусловлена как стартом газотурбинного двигателя и выходом на номинальный режим работы, так и требованием работы двигателя

при повышенных температурах. На пониженных режимах работы первые ступени (группы ступеней) компрессора являются более загруженными относительно выходной группы ступеней в сравнении с загрузкой ступеней компрессора на номинальном режиме работы двигателя. При этом регулирование компрессора должно проходить с минимально возможным рассогласованием отдельных ступеней на пониженных режимах.

Недобор запасов ГДУ на пониженных режимах работы может привести к перепроектированию всего компрессора, в первую очередь входной группы ступеней. Для сокращения времени и стоимости доводки лопаточных машин в современное время для прогнозирования значений запасов ГДУ применяются средства вычислительной гидродинамики (CFD) для моделирования рабочих процессов лопаточных машин. Средства CFD-моделирования позволяют с высокой точностью описать рабочие процессы, выполнить их детальный анализ и определить запасы ГДУ компрессора при условии использования верифицированных численных моделей.

Целью данной работы является повышение запасов ГДУ компрессора на пониженных режимах работы при отсутствии изменений геометрии газодинамического тракта компрессора.

Для достижения поставленной цели была поставлена задача сместить рабочую точку характеристики в область, удовлетворяющую требованиям по значениям запасов ГДУ.

Численный расчёт характеристик компрессора был выполнен с использованием программного комплекса NUMECA FINE/Turbo в трёхмерной постановке.

Модель 16-ступенчатого компрессора состояла из чередующихся доменов рабочих колес и доменов направляющих аппаратов. В исследуемом компрессоре имелись отборы рабочего тела из тракта за пятой, восьмой, десятой и тринадцатой ступенями.

В качестве граничных условий на входе в компрессор были заданы значения полных давлений и температур в виде радиальных эпюр. На выходе из компрессора задавалось статическое давление с учётом радиальной неравномерности потока. В местах отборов воздуха из тракта компрессора задавалось значение соответствующего массового расхода воздуха в соответствии с экспериментальными данными.

На номинальном режиме работы компрессора расход через перепускной клапан за пятой ступенью (АПК5) был равен 0,7% от расхода на входе в компрессор, за десятой ступенью (АПК10) — 1,372% от расхода на входе в компрессор.

Расчет при пониженной приведенной частоте вращения ротора 91% от номинального показал недобор запасов ГДУ компрессора величиной 8%. Было принято решение увеличить расход через АПК5 (за пятой ступенью). Максимальный расход через АПК5 равный 3,33% от расхода на входе в компрессор обеспечил запасы ГДУ 3,0%. При этом характеристика входного (1-6 ступени) и выходного (7-14 ступени) блоков компрессора смещается в область большего расхода. Дальнейшее увеличение расхода через АПК5 не оказывало влияние на запасы ГДУ. Анализ рабочего процесса показал, что на этих режимах срыв уже происходил на лопатках 6-10 ступеней. Увеличение расхода через АПК10 до 6% позволило получить запасы ГДУ равные 9,6%. Характеристики на данном режиме сместились в область больших КПД и больших расходов по сравнению с базовым режимом и с вариантом открытия только АПК5. Дальнейшее увеличение расхода через АПК10 было ограничено тем, что в месте отбора скорость потока приблизилась к числу Маха равному 1. Дальнейшее увеличение отбора в этом случае возможно было бы осуществить только при изменении геометрии корпуса компрессора, что не соответствует поставленной цели.

Таким образом, в данной работе был определен максимально возможный запас ГДУ компрессора на пониженной приведенной частоте вращения ротора 91% при отсутствии изменений геометрии газодинамического тракта компрессора за счёт перепуска воздуха за 5 и 10 ступенями. Дальнейшее направление работы связано с учётом перепуска воздуха в термодинамической модели на мощностные характеристики компрессора в составе ГТУ.

Список использованных источников:

1. Koch, C.C. Stalling Pressure Rise Capability of Axial Flow Compressor Stages [Text] / C.C. Koch // Journal of Engineering Published Power. — 1981. -P. 645-656.
2. NUMECA International: сайт. — URL: <https://www.numeca.com> (дата обращения: 25.12.2021).

Исследование влияния состава модельного топлива на выбросы загрязняющих веществ в ГТД

Чигищев В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубрилин И.А.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

На сегодняшний день одной из важнейших задач расчётных исследований в области проектирования газотурбинных двигателей (ГТД) является выбор модели керосина. Реальное топливо по типу авиационного керосина представляет собой сложные смеси различных химических компонентов, количество которых может достигать до нескольких сотен. Подробное численное моделирование горения керосина по-прежнему недоступно, в силу ограничения по вычислительным и временным ресурсам. Во многих работах используются однокомпонентные модели керосина. Однако, в составе авиационного керосина, такого как ТС-1, нет одного доминантного компонента, поэтому такой подход к моделированию топлива неизбежно ведёт к существенным расхождениям в химических и/или физических свойствах с реальным топливом. Наиболее распространённым предложением решить эту проблему является использование суррогатного топлива. Суррогатное топливо должно быть смесью ограниченного числа компонентов, способных имитировать заданные физические и/или химические свойства целевого реального топлива.

В настоящей работе была проведена серия расчётов горения в модельной камере сгорания (КС) с использованием в качестве модельных топлив условной молекулы керосина C₁₂H₂₃, n-декана C₁₀H₂₂ и суррогата SU4, разработанного специалистами Самарского университета. По результатам расчётов сравнивались основные характеристики КС ($\eta_{\text{г}}$, $\sigma_{\text{КС}}$, T*Г), поля распределения полной температуры и величины выбросов CO₂, CO, H₂O, H₂, O₂, N₂ и NO. Для $\sigma_{\text{КС}}$ были получены относительные расхождения в пределах 0,01%. Качественно поле распределения полной температуры одинаково для всех модельных топлив, а по T*Г получены расхождения вплоть до 170 К. Величины выбросов веществ, полученных расчётно при использовании в качестве модельных топлив C₁₂H₂₃ и SU4 сравнивались также и с экспериментальными данными для керосина ТС-1, а при использовании n-декана — с экспериментальными данными для n-декана. Для n-декана и SU4 получено качественное совпадение расчётных и экспериментальных зависимостей величин выбросов от режима работы КС. Кроме того, были проанализированы расхождения по физическим и химическим свойствам рассмотренных модельных топлив относительно свойств реального керосина ТС-1. На основании проведённых исследований суррогат SU4 был выбран в качестве наиболее подходящего из рассмотренных модельного топлива — суррогата керосина ТС-1 — для моделирования образования загрязняющих веществ.

Современное состояние проблемы проектирования регулируемых сопловых аппаратов осевых турбин

Шеметовец А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеренко В.Г.

МАИ, Москва

В целом ряде областей применения газотурбинных двигателей летательных аппаратов и промышленных газотурбинных установок целесообразно применять изменение проходной площади соплового аппарата турбин турбокомпрессора и силовых турбин привода. В так называемый «жаркий» день мощность или тяга турбокомпрессорных силовых установок падает, из-за чего их приходится переразмеривать, изготавливая с большими весовыми и габаритными размерами, или использовать существенно более высокие температуры газа перед турбиной.

Известны серийно выпускаемые иностранные ГТУ с изменяемой геометрией соплового аппарата турбины в процессе эксплуатации, по крайней мере, силовой неохлаждаемой турбины.

В США с 2003 года в рамках программы VAATE (Versatile Affordable Advanced Turbine Engines) началось определение конфигурации и отработка технологий создания унифицированных газогенераторов, на основе которых могут быть созданы двигатели для ЛА различного назначения. При этом были созданы демонстрационные двигатели, подтверждающие эффективность разработанных технологий. Особое место в программе VAATE занял проект ADVENT (Adaptive Versatile Engine Technology) — разработка унифицированного адаптивного двигателя, обеспечивающего высокую топливную эффективность и высокий уровень характеристик в широком диапазоне высоты и скорости полета. В частности, в проекте рассматривались высокотемпературные турбины с регулируемым сопловыми аппаратами, обеспечивающие высокую эффективность в широком диапазоне изменения расхода газа и мощности.

Таким образом, регулируемый сопловой аппарат дает возможность изменять мощность ГТД при неизменной температуре газа перед турбиной и использовать при их эксплуатации переменные режимы по двум законам: постоянства начальной высокой температуры газа перед турбиной и постоянства числа оборотов ротора ГТД.

Наиболее сложной задачей является обеспечение требований по массе и габаритам узла поворота одновременно с минимизацией радиальных зазоров между торцами поворотных лопаток и их корпусом, а также сохранение минимальных величин этих зазоров в рабочих условиях. Это требование должно легко обеспечиваться при сборке, в условиях цеха, обеспечивая высокую технологичность, однако при проектировании неизбежны трудности, а именно: необходимость согласовать взаимные перемещения уплотняемых поверхностей лопаток и корпусов, образующих проточную часть, от действия термических расширений и газовых сил, возникающих при работе силовой установки.

Тема РСА была известна и ранее, что отражается в множестве запатентованных решений. Однако, в современных отечественных турбинах эти наработки (в области осевых турбин) применены не были, что ухудшило их (турбин и, соответственно, ГТУ) конкурентоспособность. Поиск наиболее выгодного конструктивного решения всех вышеперечисленных проблем позволит ощутимо повысить эффективность газотурбинных установок.

Инженерное моделирование горения топливных композиций (водород+воздух) и (метан+воздух)

Шилова А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бульбович Р.В.

ПНИПУ, Пермь

В настоящее время огромный интерес вызывает использование водородосодержащих топлив в газотурбинной технике. В связи с этим возникают следующие основные проблемы, которые требуют своего разрешения: обеспечение устойчивого горения водородосодержащих топлив в горелках и камерах сгорания (КС) различного назначения и разработка методологии конвертирования имеющихся газотурбинных энергоустановок под водородосодержащие топлива.

Основными особенностями горения водорода являются: высокая скорость горения, сложность организации качественной газо-воздушной смеси (ГВС), возможные проскоки и срывы пламени. Изучение этих особенностей горения крайне важно, так как именно эти факторы являются определяющими при принятии технических решений по созданию энергоустановок на водородосодержащих топливах.

Основной проблемой при реализации горения высоководородосодержащих топлив является обеспечение устойчивого положения пламени, так как нормальная скорость горения топливной композиции (водород+воздух) в 6 раз превышает скорость горения топливной композиции (метан+воздух). Известно, что устойчивое положение пламени наблюдается в определенном диапазоне соотношения между миделевой скоростью ГВС и скоростью турбулентного горения [1, 2]. Для обеспечения требуемого соотношения

скоростей в условиях интенсивного турбулентного горения (водород+воздух) требуются большие скорости ГВС. Плотность ГВС в КС стандартных газотурбинных энергоустановок в основном определяется плотностью воздуха, содержание которого в ГВС составляет 94-96%. Поэтому при прочих равных условиях устойчивое горение высоководородосодержащих топлив возможно в КС и горелках с меньшим диаметров по сравнению с углеводородными топливами.

С использованием инженерной методики моделирования внутрикамерных процессов [2, 3] получены газодинамические характеристики горения топливных композиций (метан+воздух) и (водород+воздух) и проведен их сравнительный анализ для КС с диаметрами (0,05-0,15) м. Анализируемы ниже результаты были получены давление в КС равном 2,5 МПа и температуре газа на входе в турбину, равной 1500 К. Температура ГВС определялась по уравнению энергетического баланса [4]. Миделевая скорость ГВС при заданном диаметре КС определялась по уравнению расхода [4]. При определении нормальной скорости горения учитывались температура ГВС, давление в КС и коэффициент избытка воздуха. При определении скорости турбулентного горения использованы рекомендации [1, 2] с учетом турбулентности газового потока и автотурбулизации пламени.

Указанная температура на входе в турбину достигается при коэффициенте избытка воздуха равным 3,3 для топливной композиции (водород+воздух) и равным 2, 6 для топливной композиции (метан+воздух).

Получено, что соотношение миделевых скоростей ГВС и турбулентного горения в топливной композиции (метан+воздух) в 3-6 раза выше по сравнению с топливной композицией (водород+воздух). Следовательно, при горении композиции (метан+воздух) пламя располагается на некотором расстоянии от форсуночной головки. А при горении композиции (водород+воздух) пламя располагается в непосредственной близости или даже примыкает к форсуночной головке.

Список использованных источников:

1. Шилова А.А. Газодинамика устойчивого горения в камере сгорания газотурбинной установки с внешним подогревом компонентов // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. — 2021. — № 65. — С. 92–104.
2. Мингазов Б.Г. Внутрикамерные процессы и автоматизированная доводка камер сгорания ГТД. — Казань, 2000. — 168 с.
3. Шилова А.А., Бачев Н.Л., Матюнин О.О. Универсальная камера сгорания для утилизации разнородных по составу и теплопроизводительности нефтяных газов // Проблемы региональной энергетики. — 2021. — № 1 (49). — С. 61–72.
4. Бачев Н.Л., Шилова А.А., Матюнин О.О., Бетинская О.А. Исследование характеристик низкотемпературного бедного горения в энергоустановках с внешним подогревом компонентов // Проблемы региональной энергетики. — 2021. — № 2 (50). — С. 127–140.

Влияние расположения шнека относительно спирального отвода

Шоронов С.В., Ромашко Р.В.

МАИ, Москва

Получение максимального напора и КПД осевого насоса является важнейшей целью проектирования и оптимизации конструкции насоса. На поведение напорной характеристики оказывает влияние множество факторов, например, геометрические параметры колеса: наружный диаметр шнека и диаметр втулки, шаг шнека, густота решетки, число лопаток и другие. Влияние многих из них достаточно полно изучено многими исследователями.

Объектом исследования в данной работе является шнек (осевое колесо) и отвод, выполненный в виде радиального безлопаточного диффузора со спиральным сборником. Для изучения энергетических характеристик шнек устанавливается на различном удалении от входа в безлопаточный диффузор:

- Осевое колесо задвинуто на всю длину безлопаточного диффузора (в данном случае выход из колеса радиальный);

- Осевое колесо задвинуто до середины длины безлопаточного диффузора (выход из колеса является осерадиальным);
- Осевое колесо расположено на входе в безлопаточный диффузор (выход из колеса осевой);
- Осевое колесо отодвинуто на расстояние одной ширины безлопаточного диффузора.

Основные параметры шнека: $Q/n = 2$, л/ч/об-мин, $D_{ш} = 57$ мм, $d_{вт} = 27,5$ мм, $KD_{ш} = 6,95$.

В рамках исследования были проведены нестационарные расчёты методом численного моделирования в программном комплексе ANSYS CFX. Расчетная сетка строилась средствами ANSYS Mesh, итоговая размерность составила $\approx 4,5$ млн элементов. Вблизи стенок построен призматический слой с величиной первого элемента 0,05 мм, скоростью роста 1,1 и числом элементов равным 10.

В работе получены напорные, мощностные и гидравлического КПД характеристики исследуемого осевого колеса. Проведен анализ полученных результатов и определены оптимальные положения осевого колеса относительно спирального сборника. Дальнейшие работы стоит проводить в сторону изучения кавитации и влияния на центробежное колесо и его характеристики.

Моделирование рабочего процесса соплового аппарата

осевой малоразмерной турбины

Щербань А.И., Харитонов А.А.

Научный руководитель — Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

Все более широкое применение в турбомашиностроении находят турбины, характеризующиеся малыми объемными расходами рабочего тела в сочетании с высокими перепадами энтальпий. Турбины такого класса принято называть малоразмерными. В процессе их доводки и оптимизации возникает необходимость численного моделирования рабочих процессов в них с помощью методов вычислительной гидрогазодинамики. Вместе с тем, в отличие от полноразмерных турбин ГТД, в литературе встречается мало информации по разработке численных моделей рабочего процесса малоразмерных турбин. Поэтому цель данной работы — численное моделирование рабочего процесса соплового аппарата осевой малоразмерной турбины.

Объектом исследования является рабочий процесс в лопатках соплового аппарата (СА) осевой малоразмерной турбины (ОМТ), для которой были получены экспериментальные данные на кафедре теории двигателей летательных аппаратов имени В. П. Лукачева Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

Геометрия проточной части была построена в программном комплексе Siemens NX 8,5 на основе исследуемых профилей СА и рабочих чертежей установки, используемой в эксперименте. Геометрическая модель учитывала наличие перекрыш на периферии и втулке, а также наличие осевого зазора, значения которых брались из экспериментальных данных. Структурированная гексагональная сетка была построена в программном комплексе Numesa AutoGrid5, сеточная модель содержала 3,2 млн. элементов, значение параметра $u+$ расчетной сетки составляет 1.

Расчет проводился с помощью модели турбулентности Spalart-Allmaras. В качестве граничных условий на входе задавались полное давление и температура, на выходе — статическое давление $p = 101325$ Па. В ходе расчетов изменялось значение полного давления на входе в СА ОМТ для обеспечения требуемого режима работы СА.

По результатам моделирования в сечении на выходе из СА выполнялось построение зависимости коэффициента скорости СА $\psi_{са}$ от изэнтропического числа Маха в сечении на выходе из СА $M_{из}$. Обработка полученных в результате моделирования данных выполнялась по методике обработки результатов эксперимента.

Было выполнено сравнение полученных в результате численного моделирования характеристик с экспериментальными данными. Зависимость коэффициента скорости СА от изоэнтропического числа Маха, полученная в результате численного моделирования, качественно совпала с экспериментальной зависимостью. Максимальное расхождение составило 1,5% (0,0137), минимальное расхождение — 0,18% (0,0016).

Расчётные распределения коэффициента скорости СА от изоэнтропического числа Маха повторяют экспериментальное распределение. Максимальное расхождение с экспериментальными данными наблюдается в областях больших вихрей и не превышает 1,5%. Для дальнейших исследований было решено рассмотреть влияние настроек численной модели на характеристики СА ОМТ.

Применение тарельчатого сопла для жидкостных ракетных двигателей верхних ступеней ракет-носителей

Эзугбая Г.Д., Маслов Д.В., Горшков А.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

На данный момент для запуска космических летательных аппаратов (КЛА) используются жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) с круглым соплом (соплом Лаваля). При проектировании ракетного двигателя добиваются получения высокого значения пустотного удельного импульса и минимальных габаритов. Повышению пустотного удельного импульса способствует увеличение геометрической степени расширения сопла, однако при этом будут увеличиваться габариты, а с увеличением габаритов растёт и масса всего КЛА. Перспективной разработкой является создание ЖРД с кольцевым соплом. Этот тип ЖРД позволяет несколько сократить линейные размеры двигателя при тех же термодинамических и газодинамических характеристиках, что и у ЖРД с круглым соплом. Кроме того, эти двигатели обладают свойством высотной компенсации, что позволяет добиваться расчётного режима. Это авторегулирование при наличии наружного давления достигается благодаря тому, что скачок уплотнения входит внутрь по стенке сопла, что позволяет уменьшать потери из-за перерасширения. В нашей стране такой разработкой является РД-0126 — беззагогенераторный кислородно-водородный ЖРД с кольцевой камерой сгорания и тарельчатым соплом, созданный в КБХА (г. Воронеж).

В данной работе проведено численное моделирование течения продуктов сгорания кислородно-водородного топлива в камере сгорания с тарельчатым соплом. Моделирование необходимо для анализа того, как будет вести себя течение продуктов сгорания, распространяющееся вдоль камеры сгорания с тарельчатым соплом.

Формирование облика СУ для сверхзвукового бизнес-джета

Элешова В.М.

Научный руководитель — Горбунов А.А.

МАИ, Москва

Исследования в области создания сверхзвуковых бизнес-джетов актуальны, так как всегда будет спрос на передвижение на большие расстояния за короткий срок. Но стоит отметить, что этот спрос распространяется на достаточно ограниченный круг лиц, например, официальных лиц государственных учреждений и коммерческих организаций. Из-за этого возникает необходимость создания бизнес-джетов с небольшой пассажироместимостью.

Проведя анализ истории создания и эксплуатации сверхзвуковых пассажирских самолетов Ту-144 и Конкорд, а также исследований по созданию новейших СПС за рубежом, можно сформулировать вывод о том, что основными проблемами являются нерентабельность и требования ИКАО. Большой расход топлива на одно пассажирское место или единицу груза, невозможность эксплуатации над населенными пунктами со сверхзвуковой скоростью из-за наличия ударной волны.

При определении необходимых характеристик силовой установки необходимо сформулировать основные требования к ЛА подобного типа в современных реалиях. Один из главных вопросов — сверхзвуковая крейсерская скорость. Есть несколько мнений. Первое, что необходимо проектировать самолет и силовую установку на скорость $M=2,3$, что соответствует крейсерской скорости Ту-144. При этом необходимо внедрять сложные решения в аэродинамике ЛА, т.к. существуют противоречивые требования к компоновке самолета на до- и сверхзвуковые скорости. Второе — скорости близкие к $M=1,5-1,7$. При этом выигрыш в скорости от дозвуковых будет не так заметен.

Первоочередной задачей при проектировании СПС является выбор СУ, к которой предъявляются противоречивые требования. Поэтому при создании двигателя необходимо идти на компромиссные решения, выполняя в первую очередь такие требования как:

- Низкая шумность (85дБА)
- Обеспечение взлетной тяги согласно ТТХ ЛА на протяжении всего ресурса
- Обеспечение надежной работы СУ и стабильности полетных режимов
- Хорошая приемистость
- Минимальные стоимость, масса и габариты при заданной тяге
- Обеспечение минимально допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
- Возможность сверхзвукового полета на бесфорсажном режиме

В работе проведен анализ требований к СУ для СПС, сформирован их список и рассмотрены возможные варианты СУ.

Создание стенда для анализа реальных характеристик малоразмерных воздушно-реактивных двигателей

Уденков В.Э., Лебитков В.К., Балакшина Д.В.

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

Для проведения экспериментальных исследований работы малоразмерного воздушно-реактивного двигателя в составе беспилотного летательного аппарата, а также снятия необходимых характеристик в ходе полета на различных режимах работы было предложено сделать летающую лабораторию на базе БПЛА. Для оценки взаимодействия и правильности снятия характеристик решено создать наземный стенд, который в последующем будет интегрирован в БПЛА.

Для корректного регистрирования данных необходимо подобрать соответствующие датчики, позволяющие снимать требуемые характеристики с требуемой точностью в заданном диапазоне изменения. Также, существенными факторами являются габариты и масса датчиков, и способ их крепления, так как после проведения испытаний вся система измерения будет интегрирована в БПЛА для создания летающей лаборатории.

Для составления и анализа высотной и дроссельной характеристики силовой установки, необходимо сопоставить их с параметрами полета. Несмотря на то, что изначально планируется создание наземного стационарного стенда, этот набор измерительной аппаратуры необходимо интегрировать сразу для отладки работы всего комплекса в целом.

Опираясь на поставленные задачи, был определен набор требуемого оборудования и электрических компонентов для создания стенда, предназначенного для снятия характеристик мВРД.

Полученные данные, записанные на внешний носитель, необходимо использовать для дальнейшего исследования силовой установки и выяснения действительных характеристик СУ, выдаваемых в ходе реального полета или наземных (стендовых) испытаний.

Для оценки высотной характеристики необходимо получить данные об объемном расходе топлива, который поступает в силовую установку на всех режимах ее работы. Для этого в разрез топливной магистрали устанавливается объемный расходомер МОЮ МЛ-НЗО6К [1]. Данный датчик устанавливается для последующей интеграции данного измерительного оборудования в беспилотный летательный аппарат с целью создания летающей лаборатории.

Все оборудование стенда закреплено на пластине, которая служит основанием данного стенда. На основании стенда закреплено оборудование топливообеспечения, которое включает в себя топливный бак, расходный бак и топливный насос. Магистраль топливообеспечения не показаны на модели. Также на основании закреплены два аккумулятора, один служит для питания блока управления двигателем, насоса и двигателя, второй служит для обеспечения электроснабжения блока записи и хранения данных и датчиков стендового оборудования. На основании установлены блок регистрации и хранения данных и система крепления и измерения тяги.

Все измерительное оборудование и созданные вспомогательные системы пригодны для установки в беспилотный летательный аппарат для создания летающей лаборатории для измерения параметров МВРД в ходе полета. Данный наземный стенд после испытаний и отработки алгоритмов работы будет демонтирован с основания и установлен в беспилотный летательный аппарат для измерения указанных выше характеристик.

Список использованных источников:

1. Датчик расхода MOJO MJ-HZ06K [Электронный ресурс]. URL: <http://mojo-sensor.com/store/index.php/flowmeter/instubation/mj-hz06k-flow-sensor.html> (дата обращения — 17.02.2021).

Секция №2.2 Электроракетные двигатели и энергетические системы

Математическая модель релаксации электрических зарядов в радиационно-заряженном диэлектрике под действием низкотемпературной плазмы электроракетного двигателя

Валиуллин В.В.

Научный руководитель — д.т.н. Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Радиационная зарядка космических аппаратов магнитосферной плазмой порождает электризацию диэлектрических материалов, что является основной причиной отказа высокоорбитальных спутников [1].

Радиационная зарядка диэлектрика происходит накоплением неравновесных зарядов на энергетических ловушках в дислокациях кристаллической решетки. Глубина проникновения неравновесных электронов в диэлектрик оценивается десятками мкм при средней энергии первичных электронов около десятков кэВ. Появляется квазипостоянное электрическое поле при поляризации диэлектрика внешним воздействием. Такое состояние называется электретным [2].

Электретным состоянием диэлектрика возможно управлять воздействием на него потоками низкотемпературной плазмы. Высокий отрицательный потенциал радиационно-заряженного диэлектрика вытягивает положительные ионы низкотемпературной плазмы и частично или полностью компенсирует накопленный заряд материала и снижает электрическое поле поверхности. Положительно заряженные ионы плазмы проникают в поверхностный слой диэлектрика на глубину порядка нескольких нм и провоцируют ионно-электронную эмиссию с поверхности, что означает генерацию неравновесных дырок в этом слое. Поскольку приповерхностный слой дырок усиливает электрическое поле между заряженными слоями, неизвестно по какому механизму происходит компенсация накопленного заряда — либо по механизму увеличения напряженности электрического поля до критических значений (порядка 108 В/м) и возникновением пробоя диэлектрика, либо постепенной релаксацией заряда за счет увеличения радиационной электропроводности диэлектрика.

Целью данной работы является построение математической модели релаксации электрического заряда в радиационно-заряженных диэлектриках под действием низкотемпературной плазмы и оценка вероятности возникновения пробоя диэлектрика.

Задачами являются:

- Построение математической модели релаксации накопленного заряда в радиационно-заряженном диэлектрике низкотемпературной плазмой;
- Разработка и верификация программы численного расчета релаксации;
- Проведение расчетов, анализ результатов.

Разработка математической модели релаксации в полной постановке является сложной задачей, требующей учета множества взаимосогласованных процессов. Поэтому ограничимся простой моделью «плоского конденсатора», позволяющий получить основные представления о механизмах протекающих процессов при релаксации заряда.

Модель взаимодействия низкотемпературной плазмы с заряженной диэлектрической поверхностью рассмотрим в приближении плоского зонда Ленгмюра, работающего в режиме высокого потенциала в изотермической плазме [3].

Построение модели процессов, происходящих в объеме диэлектрика, основывалось на модели Фиттинга [4] и на работах, посвященных процессам релаксации захваченных зарядов на ловушках [5, 6]. В модели учтены токи захвата заряда на ловушках, токи рекомбинации зарядов между собой, токи высвобождения носителей зарядов по механизму Пула-Френкеля,

токи электропроводности и ток генерации вторичных дырок в приповерхностном слое при ионно-электронной эмиссии с поверхности.

Результаты расчета по данной модели показали:

1) Отсутствие электрического пробоя диэлектрика в момент появления низкотемпературной плазмы в окрестности радиационно-заряженного диэлектрика.

2) Потенциал поверхности снижается практически до нулевого значения. Однако на длительное время сохраняется напряженность электрического поля и заряды в приповерхностном слое диэлектрика.

Практическая значимость данной работы состоит в исследовании механизмов процесса релаксации накопленного заряда в радиационно-заряженном диэлектрике и разработке методики управления электретным состоянием диэлектрика. Перспективами дальнейших научных разработок является экспериментальное подтверждение обнаруженных эффектов.

Список использованных источников:

1. Gubby R., Evans J. Space environment effects and satellite design. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2002. 64(16): 1723-1733.

2. Лимаренко Н.А., Мочалова Е.Н., Галиханов М.Ф. и др. Исследование диэлектрических свойств электретов на основе эпоксидных полимеров. Вестник Казанского техн-го университета, 2013. 16(2): 126-128

3. Козлов О.В. Электрический зонд в плазме. Атомиздат, Москва, 1969. с 11-59

4. Touzin M., Goeuriot D., Guerret-Piecourt C. et al. Electron beam charging of insulators: A self-consistent flight-drift model. J. Appl. Phys., 2006. 99(11): 114110.

5. Александров О.В. Влияние ловушек в диоксиде кремния на пробой МОП-структур. Физика и техника полупроводников, 2017. 51(8): 1105-1109.

6. Твердохлебов С.И., Тухфатуллин Т.А. Критическая (взрывная) электронная эмиссия из диэлектриков, индуцированная инжекцией плотного пучка электронов. Известия Томского политехн-го университета, 2000. 300(3): 41-47

Высокочастотный ионный двигатель с прямоточной конфигурацией разрядной камеры

Гордеев С.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хартов С.А.

МАИ, Москва

В космической отрасли существуют задачи, для решения которых целесообразно снижать высоту орбиты космических аппаратов (КА). Однако, при снижении высоты орбиты срок активного существования КА снижается вследствие наличия силы аэродинамического сопротивления верхних слоев атмосферы. Для решения этой проблемы целесообразно использовать реактивные двигатели малой тяги, работающие стационарно или включающиеся периодически. При высоте орбиты ниже 250 км срок активного существования КА, в этом случае, оказывается ограничен запасом рабочего тела (РТ) для двигателя. Решением может быть переход к прямоточной схеме электроракетного двигателя, при которой газы остаточной атмосферы собираются специальным устройством и используются в качестве рабочего тела для двигателя.

Для отработки технологии создания таких двигателей необходимо обеспечить в стендовых условиях набегающий поток атмосферных газов, соответствующий по уровню скорости и концентрации частиц в потоке условиям орбитального полета КА [1]. На сегодняшний день создание такого потока сопряжено с рядом технологических трудностей.

В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования высокочастотного ионного двигателя (ВЧИД) с прямоточной конфигурацией разрядной камеры. Создан лабораторный образец прямоточного ВЧИД и проведены его экспериментальные исследования при подаче рабочего тела (в настоящей работе использовался азот) в область устройства забора атмосферных газов (УЗАГ). Такой подход

оправдан, поскольку при правильном проектировании входной части УЗАГ более 90% частиц набегающего потока попадет внутрь, но часть из них вылетит обратно, не дойдя до ионизационной камеры [2]. При подаче рабочего тела в область УЗАГ часть частиц, поступивших от стендовой системы подачи рабочего тела, также вылетит через входную часть УЗАГ и не дойдет до ионизационной камеры. Таким образом, на основании результатов такого эксперимента можно в первом приближении судить о параметрах и характеристиках прямоточного ВЧИД.

В настоящей работе не удалось полностью решить проблему удержания плазмы внутри разрядной камеры, в связи с чем, полученные на сегодняшний день характеристики хуже ожидаемых значений, полученных на основании расчетных оценок [3]. Однако, была достигнута работоспособность образца в широком диапазоне расходов рабочего тела и уровней ВЧ мощности.

Список использованных источников:

1. Gordeev S.V., Filatyev A.S., Khartov S.A., Popov G.A., Suvorov M.O. The concept of a ramjet electric propulsion for a low-orbit spacecraft // IAA/AAS SCITECH FORUM 2019 on Space Flight Mechanics and Space Structures and Materials, ADVANCES IN THE ASTRONAUTICAL SCIENCES, IAA-AAS-SciTech2019-027 AAS 19-967. 2019. Vol. 174. pp. 245-256.

2. Ерофеев А.И., Суворов М.О., Никифоров А.П., Сырин С.А., Попов Г.А., Хартов С. А. Разработка воздушного прямоточного электрореактивного двигателя для компенсации аэродинамического торможения низкоорбитальных космических аппаратов // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина, № 3, 2016. С. 104-110.

3. Гордеев С.В., Канев С.В., Мельников А.В., Хартов С.А. Балансовая математическая модель высокочастотного ионного двигателя с прямоточной конфигурацией разрядной камеры // Сб. тез. 20-й международной конференции «Авиация и Космонавтика». Москва. 2021. С. 99-100.

Изучение метода интенсификации процесса транспортировки в канале электрического ракетного двигателя магниторезонансного класса

Грабовский И.И.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Гурьянов А.И.

РГТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Разработан метод интенсификации процесса транспортировки в канале электрического ракетного двигателя магниторезонансного класса. Проведен анализ эффективности предложенной методики с применением численных и аналитических методов расчета. Получены рекомендации к проектированию двигателей магниторезонансного класса.

Анализируя проблемы электрических ракетных двигателей (ЭРД) таких как: проблемы активного функционирования корректирующей двигательной установки (КДУ) в зависимости от запаса топлива, проблемы предела тяги двигателей, проблемы наработки на отказ в связи с выходом из строя электродов [1-2], была предложена модель магниторезонансного плазменного двигателя. Модель разрешает противоречие между геометрическим ростом установки и/или электрического потенциала, за счёт применения магнитных полей и превращения двигателя не в линейный ускоритель, а в циклический. На основе магниторезонансного ускорения рабочего тела построена модель магниторезонансного плазменного двигателя (МРПД) [3].

Для испытания работоспособности модели МРПД была создана опытная конструкция двигателя. Ввиду сложности с испытаниями изделий ракетно-космической отрасли, на стадии проектирования опытного образца, были заложены запасы по обеспечению устойчивости в канале транспортировки двигателя. Увеличение запаса устойчивости достигалось повышением интенсивности охлаждения катушек постоянного электромагнита. Однако это потребовало усложнения системы прокачки теплоносителя через охлаждающий контур. Экспериментальная проверка на стенде разработанной методики расчета,

применяемой для повышения интенсификации теплообмена, подтвердила сходжение аналитических и численных расчетов с экспериментом. Однако на испытаниях опытного образца МРПД расчетные показатели достигнуты небыли. Расчетное значение тока в канале двигателя не наблюдалось[4].

Анализ данных с проведенных экспериментов показал, что причиной ухудшения способности канала к транспортировке рабочего тела являлось загрязнение канала остаточным газом. Натекание газа произошло из системы прокачки теплоносителя.

Экспериментальное исследование показало, что запасы в системе охлаждения избыточные и существует возможность разгрузить систему, упростив подачу теплоносителя в контур и изменив вид теплоносителя. Таким образом, возможно увеличить чистоту канала за счет незначительного подъема рабочей температуры катушки. На основе предложенных решений был разработан модифицированный расчет катушки постоянного электромагнита с воздушной системой охлаждения при превышении температуры катушки на 85 градусов. При этом катушка габаритно уменьшилась в размерах, так как был изменен способ укладки витков, а уменьшение диаметра провода и увеличение ампер-витков позволило снизить и потребляемую мощность.

Внесенные изменения в расчет на основе экспериментальных исследований позволяют сформулировать ряд рекомендаций к проектированию двигателей магниторезонансного класса и интенсифицируют процессы переноса рабочего тела через канал таких двигателей.

Список использованных источников:

1. Kim V., Kozubsky K. N., Murashko V.M., Semenkin A.V. //Proc. Of the 30th Int. Electric Propulsion Conf. Florence. Italy, 2007. IEPC-2007-142.

2. Белан Н.В., Ким В.П., Тихонов В.Б., Оранский А.И. Стационарные плазменные двигатели. Харьков: ХАИ, 1989. 315с.

3. Грабовский И.И., Гурьянов А.И., «Изучение особенностей элек-трического ракетного двигателя магниторезонансного класса». Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLVII Гагаринские чтения 2021. — М.: Издательство «Перо», 2021. — Мб. [Электронное издание]. с 205-206.

4. Грабовский И.И., Гурьянов А.И., «Изучение особенностей проек-тирования теплообменного аппарата для катушки постоянного электромаг-нита магниторезонансного плазменного двигателя».Тезисы докладов XXIII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством акад. РАН А. И. Леонтьева (24-28 мая 2021 г., г. Екатеринбург). — М.: Издательский дом МЭИ, 2021, — 362 с. с 314-315.

Моделирование температурных полей в ионном источнике

Демченко Д.С., Купреева А.Ю., Пейсахович О.Д.

МАИ, Москва

Предлагается расчетная модель теплофизических процессов, протекающих при работе высокочастотных ионных источников (ВЧИИ). Источники подобной схемы могут использоваться для увода объектов космического мусора ионным пучком. В модели используются аналитические выражения для ряда компонент тепловых потоков, поступающих из плазмы разряда на поверхности в источнике, отличающиеся от других принятых в известных расчетных моделях [1-3].

Основные отличия предлагаемой модели от аналогичных расчетных моделей касаются распределений лучистых тепловых потоков по поверхностям в источнике. Введен дополнительный лучистый поток, возникающий при рекомбинации ионов и электронов на внутренних поверхностях газоразрядной камеры (ГРК) и эмиссионного электрода (ЭЭ). В действительности, образующиеся в результате рекомбинации фотоны распределяются по полусфере с распределением близким к изотропному, в то время как в известных моделях энергия, выделяемая при рекомбинации, поглощается целиком в точке поверхности, вблизи которой произошла рекомбинация. Образующийся лучистый поток поглощается поверхностями ГРК, ЭЭ и ускоряющего электрода (УЭ) естественно с учетом коэффициентов отражения от материала поверхности ГРК и ЭЭ в области УФ излучения,

поскольку рекомбинационное излучение более чем на 2/3 состоит из квантов света УФ диапазона [6,7]. Однако, часть образующихся фотонов неизбежно выходят через отверстия в ионно-оптической системе (ИОС). Таким образом, часть теплового потока, а именно лучистая его составляющая выходит из источника ионов, что не принималось во внимание в предшествующих моделях.

В случае использования ВЧИИ с полусферической ГРК и в приближении косинусоидальной индикатрисы рекомбинационного излучения возможно получение аналитического решения для плотностей потоков мощности, исходящих и поглощаемых поверхностями ГРК и ЭЭ, которое приведено в [4,5]. В данной работе расчеты проводились по той же методике.

Другое существенное отличие данной модели получается естественным образом из-за того, что часть возникающего лучистого потока рекомбинационного излучения неизбежно попадает на поверхность ускоряющего электрода через отверстия в ИОС, изменяя его тепловой баланс, как показали проведенные расчеты.

Еще одно отличие данной модели связано с методикой расчета распределения по поверхностям ГРК и обоих электродов ИОС лучистого потока, возникающего при снятии возбуждения атомов и ионов. Во всех известных моделях принята равномерная по поверхностям плотность данного потока. Однако, Расчеты плотности данного потока мощности, выполненные при приближении о 0-мерности плазмы, выявил заметный разброс значений потока по поверхностям. Для электродов ИОС плотность падает от центра к краю более чем в 2 раза. На поверхности ГРК уменьшение плотность потока от вершины к основанию уменьшается наполовину.

Также по более обоснованной методике рассчитаны составляющие лучистых тепловых потоков в элементарной ячейке ИОС. Определены доли от входящего в ячейку лучистого потока, поглощаемые эмиссионным и ускоряющим электродами ИОС, выходящие наружу из источника, а также возвращающиеся обратно в ГРК. Доли потоков рассчитаны с учетом коэффициентов отражения от поверхности материала УЭ и ЭЭ.

По сравнению с принятыми соотношениями применение данной методики существенно увеличивает величину теплового потока, поступающего на УЭ (на 70%). Это обстоятельство следует учитывать в расчетных тепловых моделях ионных источников с перфорированными электродами.

С применением предлагаемой методики наиболее существенным образом увеличилась величина теплового потока, поступающего на УЭ (на 70%) по сравнению с принятыми соотношениями. Это обстоятельство следует учитывать в расчетных тепловых моделях ионных источников с перфорированными электродами.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского Научного Фонда в соответствии с Соглашением №22-29-01006

Список использованных источников:

1. Van Noord, J. L., Thermal modeling of an ion thruster, Diss. University of Michigan (1999).
2. Dobkevicius, M., Feili, D., A coupled performance and thermal model for radio-frequency gridded ion thrusters, The European Physical Journal D, V. 70, №. 11., p. 227 (2016).
3. Gartner W., Lotz B., Meyer B.K., 3D Thermal Simulation of a μ N-RIT, IEPC-2013-298, 33rd International Electric Propulsion Conference, 6 p (2013).
4. Abgaryan V.K., Gidaspov V.Yu., Nadiradze A.B., Semenov A.A. Ion–Electron Recombination and Heat Fluxes in High-Frequency Ion Thrusters, Technical physics letters 45(2), p.123-125 (2019)
5. Abgaryan V.K., Kruglov K.I., Thermal model of RF ion thrusters and ion sources, Journal of surface investigation: x-ray, synchrotron and neutron techniques V. 9. N. 6. P. 1137-1143 (2015)
6. Polyanskiy M. N. // "Refractive index database" <https://refractiveindex.info>. Accessed on 2018-04-23.
7. French R.H., Mullejans H., Jones D.J. // J. Am. Ceram. Soc. V. 81. N. 10. P. 2549-2557 (1998)

Разработка космического эксперимента по определению параметров струи стационарного плазменного двигателя

Дудунов А.А.

Научный руководитель — Надирадзе А.Б.

МАИ, Москва

Результативность и безопасность полетов космического аппарата (КА) зависит от многих факторов, например, от работы стационарного плазменного двигателя (СПД). Данный тип двигателей успешно используется для управления движением КА различного назначения. Это могут быть спутники связи, космические станции, транспортные модули и т.д. В настоящее время СПД создается на базе ускорителя с замкнутым дрейфом электронов и имеет высокую скорость истечения рабочего тела [8, с. 5]. Высокие скорости истечения частиц и их ионизированное состояние приводят к тому, что струя СПД может взаимодействовать с материалами внешних поверхностей КА и оказывать на них негативное воздействие.

Для предотвращения и прогнозирования негативных эффектов нужна достоверная и оперативная информация об основных параметрах плазменной струи СПД. Она может быть получена экспериментально в лабораторных или натуральных (в космическом пространстве) условиях с помощью различных датчиков, либо может быть рассчитана с помощью математических моделей различной степени сложности и точности.

Исходя из сложившейся практики, для определения энергоспектра и плотности тока плазменной струи СПД обычно используют плоский зонд с дополнительным электродом (зонд Фарадея) и многосеточный энергоанализатор. Однако такие датчики нецелесообразно и крайне проблематично устанавливать на большом расстоянии от двигателя. Это обусловлено тем, что они имеют относительно большие размеры и массу, что ограничивает их количество на КА. В связи с этим нужен датчик существенно меньшего размера и массы, для установки его на дальних участках солнечной батареи. Такие датчики должны позволить увидеть дополнительную расходимость и несимметричность струи, а также влияние на ее форму магнитного поля Земли.

Цель работы: разработка космического эксперимента по определению параметров дальней зоны струи стационарного плазменного двигателя.

Для реализации космического эксперимента предлагается использовать датчик эрозии, принцип действия которого основан на изменении сопротивления тонкой пленки материала при его распылении ионами струи СПД.

Задачи исследования:

1. Оценить возможность использования датчика эрозии.
2. Разработать методику определения параметров струи СПД по данным с датчиков эрозии.
3. Определить порядок проведения космического эксперимента.

В ходе решения первой задачи было определено, что датчик эрозии можно использовать для определения параметров струи СПД на расстоянии от двигателя до 50 метров, при толщине пленки около 10 нм и времени срабатывания датчика 50-100 ч. Габариты датчика 5x5 мм и его масса 0,5 г позволяют устанавливать его в различных точках КА, удаленных от двигателя.

Также была разработана методика определения плотности тока по данным с датчиков эрозии и разработан порядок подготовки и проведения космического эксперимента.

Список использованных источников:

1. Гуцин В.Н. Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 2003. — 272 с.
2. Маскаева, Л. Н. Технология тонких пленок и покрытий: учеб. пособие / Л. Н. Маскаева, Е. А. Федорова, В. Ф. Марков; [под общ. ред. Л. Н. Маскаевой]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 236 с.
3. Модель космоса: Научно-информационное издание: В 2 т. / Под ред. Панасюка М. И., Новикова Л. С. — Т. 2: Воздействие космической среды на материал и оборудование космических аппаратов. — М.: КДУ, 2007. — 1144 с.

4. Надирадзе А.Б., Панасова Г.В., Рахматуллин Р.Р., Смирнов В.А. Деградация терморегулирующих покрытий космических аппаратов при осаждении на них тонких пленок золота. — Текст: электронный // Физика и химия обработки материалов. 2019. — № 1. — С. 36–42. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37069743>. — Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. — 8 с.

5. Надирадзе А.Б., Хартов С.А. Взаимодействие ЭРДУ с КА. Струи электроракетных двигателей: учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2020. — 95 с.

6. Несмеянов Ан. Н. Давление пара химических элементов — М.: Изд-во Академия наук СССР, 1961. — 397 с.

7. Новицкий Н. Н. Свойства металлических пленок и наноструктур, полученных методом ионно-лучевого распыления: специальность 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Новицкий Николай Николаевич; Институт физики твердого тела и полупроводников Национальной академии наук Беларуси. — Минск, 2003. — Место защиты: Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси. — Текст: непосредственный. — 21 с.

8. Хартов С.А. Расчёт элементов двигательной установки со стационарным плазменным двигателем: учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. — 84 с.

9. Чопра К., Дас С. Тонкопленочные солнечные элементы: Пер. с англ. с сокращениями. — М.: Мир, 1986. — 435 с.

Анализ влияния величины зазора в шлицевом соединении на нагрузочные характеристики, форму контакта и распределение давления методами КЭ

Николаев И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Леонтьев М.К.

МАИ, Москва

Шлицевые соединения получили широкое распространение в конструкции современных ГТД благодаря высокому коэффициенту полезного действия, возможности передачи большого крутящего момента и высокой усталостной прочности. Являясь нагруженным узлом, данное соединение может оказывать влияние на динамическое поведение системы при различных условиях его эксплуатации — смазка, величина зазоров, величина перекоса. В связи с этим, важной задачей при проектировании шлицевых соединений является оценка их жёсткостной характеристики, распределение контактирующих пар зубьев, распределения давления в контакте.

Одним из основных факторов, влияющих на жёсткость и нагрузочные характеристики шлицев, является величина зазора. Подобные исследования проводятся во многих работах [1, 2, 3, 4], показывая нелинейные эффекты, возникающие в соединении из-за учёта зазора.

В данной работе авторы проводят сравнение нагрузочных характеристик шлицевого соединения с учётом бокового зазора и без с использованием МКЭ. Нагружение модели с зазором проводится ступенчато, приводя в контакт поверхности на первом шаге и прикладывая усилия на втором. Авторами представлены результаты в виде сравнения зубьев, находящихся в контакте, распределение давления по шлицам, нагрузочных характеристик, величину деформаций шлицев.

Список использованных источников:

1. Francesca Cura, Andrea Mura, Michele Gravina, Load distribution in spline coupling teeth with parallel offset misalignment // Journal of mechanical engineering science, 227 (10), 2195 — 2205 p.

2. Francesca Cura, Andrea Mura, Analysis of a load application point in spline coupling teeth // Journal of Zhejiang University-SCIENCE A, 2014, 15(4), 302-308 p.

3. Vincenzo Cuffaro, Francesca Cura, Andrea Mura, Analysis of the pressure distribution in spline couplings // Journal of mechanical engineering science, 226 (11), 2852 — 2859 p.

4. C. H. Wink, M. Nakandakar, Influence of gear loads on spline couplings // Power Transmission Engineering, 2014, 42 — 49 p.

Применение электромагнитных сил взаимодействия в создании орбитальных разгонных блоков

Тютюнников М.С.

МАИ, Москва

Настоящая работа, посвященная применению электромагнитных взаимодействий в создании космических двигательных установок, продиктована новыми реалиями современной космонавтики. Многие физические принципы, до сих пор являвшиеся фундаментальными в создании космической техники, постепенно исчерпывают свой потенциал, что показывает необходимость в переосмыслении целого ряда подходов к конструкции современных космических аппаратов. В указанных условиях в авангард развития космической науки выходят уже достаточно изученные, с точки зрения фундаментальной физики, но еще не нашедшие применения в космонавтике, физические процессы, к которым относятся явления электромагнитной природы, еще не раскрывшие свой потенциал применительно к созданию космической техники, несмотря на достаточную степень изученности.

Ключевым тезисом настоящей работы является возможность использования электромагнитных сил отталкивания для придания тяги космическим аппаратам, движение которых будет осуществляться за счет последовательного отделения ступеней посредством взаимодействующих сверхпроводящих катушек. В работе обсуждаются вопросы проектирования электромагнитных импульсных двигательных установок космических аппаратов, состоящих из нескольких блоков, отталкивание которых произойдет при протекании в электромагнитных катушках разнонаправленных токов. Отмечается возможность проведения указанной операции в несколько этапов с некоторыми промежутками времени импульсным методом, постепенно отделяя ступени блока и разгоняя космический аппарат до необходимой скорости.

В работе ставится цель придания как можно большего ускорения космическому аппарату за счет электромагнитных взаимодействий, требующего достижения значительной силы отталкивания между катушками и создания магнитных полей высокой напряженности, что можно осуществить посредством изготовления витков проводника из сверхпроводящих материалов. При этом высказывается тезис о том, что в условиях вакуума и ограниченных возможностей для охлаждения катушек, в конструкции двигательной установки следует использовать высокотемпературные сверхпроводящие материалы, имеющие нулевое сопротивление и требующие значительно меньших мощностей для работы. В работе анализируются способы увеличения критической индукции магнитных полей сверхпроводников, являющейся фактором разрушения сверхпроводимости и ограничивающей возникновение высоких сил отталкивания, необходимых для увеличения тяги электромагнитных импульсных двигателей. В этой связи увеличение критической магнитной индукции можно достичь с помощью совместного использования высоко- и низкотемпературных сверхпроводников в конструкции импульсных двигательных установок разгонных блоков, что существенно повысит напряженность магнитных полей.

В работе ставится задача учета процесса потекосцепления полей электромагнитов, являющегося одним из ключевых явлений в проектировании электромагнитных установок. Высказывается тезис о том, что среды с нелинейной зависимостью потекосцепления от величины создаваемого тока, к которым относятся ферромагнетики и аморфные металлы, демонстрирующие повышение магнитной проницаемости с увеличением напряженности магнитных полей, способны значительно увеличить возникающие между катушками силы взаимодействия при использовании указанных материалов в конструкции двигательных установок космических аппаратов.

Таким образом, использование электромагнитных сил отталкивания имеет достаточный потенциал для становления одним из наиболее перспективных направлений в космическом двигателестроении. С развитием электромагнитных технологий появится возможность конструкции сверхпроводящих электромагнитов с высокой критической индукцией, позволяющих значительно повысить тягу электромагнитных энергетических установок. В целом, создание импульсных электромагнитных двигателей откроет возможность для разгона космических аппаратов до высоких скоростей и исследования дальнего космоса.

Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика

Секция №3.1 Управление движением, навигация и бортовые системы

Адаптивное управление беспилотными мобильными устройствами

Агафонов Д.М., Ермилов Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Королев В.А.
МАИ, Москва

В настоящее время при решении задач экстремальной, военной, гражданской и сельскохозяйственной и др. робототехники, для оперативного дистанционного получения видео и фото-информации из зон, опасных для человека (места пожаров, техногенных катастроф и др.), удалённой инспекции промышленного оборудования, профессиональной видео- и фотосъёмки и т.п. используют беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) и наземные подвижные мобильные агрегаты.

При выполнении поставленных задач эти устройства или группы устройств могут являться техногенной компонентой сложных открытых природно-техногенных структур, например, агротехноценозов. Возможно функционирование групп устройств совместно в условиях стохастических постоянно меняющихся внешних воздействий и технологических операций.

Для решения поставленной задачи применена среда MatLab. На примерах обхода препятствий, выбора наилучшей траектории движения мобильным устройством рассматривается применение методов «нечёткой» логики и нейросетевого программирования для возможности «приспособления» режимов работы и управлений ими беспилотных подвижных мобильных устройств к условиям функционирования.

Типовая структура модели на основе нечеткого логического вывода (нечеткая модель) включает:

- Фаззификатор, преобразующий фиксированный вектор влияющих факторов X в вектор нечетких множеств, необходимых для выполнения нечеткого логического вывода;
- Нечеткая база знаний, содержащая информацию о зависимости $Y=f(X)$ в виде лингвистических правил типа «ЕСЛИ — ТО»;
- Машина нечеткого логического вывода, которая на основе правил базы знаний определяет значение выходной переменной в виде нечеткого множества \bar{Y} , соответствующего нечетким значениям входных переменных;
- Дефаззификатор, преобразующий выходное нечеткое множество \bar{Y} в четкое число Y .

Определены входные и выходные лингвистические переменные, составлены простые правила, состоящие из двух условий, а затем сложные правила. В качестве системы «нечёткого» вывода использован контроллер Мамдани. Нечеткий логический вывод — это аппроксимация зависимости «входы-выход» на основе лингвистических высказываний типа «ЕСЛИ-ТО» и операции над нечеткими множествами.

Имитационное моделирование инерциально-оптического пилотажно-навигационного комплекса

Антонов К.А.

Научный руководитель — Савкин А.В.
МАИ, Москва

При автономном полёте беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) основной задачей пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) является автоматическое позиционирование. В качестве главных средств определения параметров ориентации и навигации используются,

как правило, бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Однако такие системы имеют недостаток — накопление ошибок с течением времени[1]. Одним из вариантов коррекции является внедрение оптико-электронных систем (ОЭС), с дальнейшим комплексированием всех имеющихся измерений параметров движения.

На кафедре 305 МАИ были разработаны алгоритмы комплексной обработки информации (КОИ) БИНС и ОЭС, основанные на расширенном фильтре Калмана, на базе жестко связанной схемы комплексирования. В статье [2] представлена разработанная методика комплексирования систем и математические модели ошибок измерений БИНС и ОЭС. При математическом моделировании синтезированных алгоритмов комплексной обработки информации зависимость погрешности определения координат от пройденного БПЛА пути составила: 0.02% для ИНС навигационного класса. Однако при математическом моделировании невозможно проверить корректную работу ОЭС в связи с необходимостью учета множества факторов при моделировании оптических измерений. Для решения этой проблемы было проведено имитационное 3D-моделирование.

Для 3D-моделирования была создана модель БПЛА в экосистеме Robot Operating System. При создании окружения был использован 3D-симулятор Gazebo simulator. Также для симуляции ОЭС был разработан алгоритм, который связывает координаты особых точек на изображении с координатами на поверхности земли, в заданной декартовой системе координат. Нахождение особых точек на изображении происходит за счет алгоритмов детекторов и дескрипторов, реализованных с помощью методов компьютерного зрения.

В результате работы были рассмотрены концепции построения КОИ на базе жестко связанной системы комплексирования. Предложены модели погрешностей измерителей, входящих в ПНК. Произведено имитационное 3D-моделирование ПНК с использованием ОЭС. Разработаны алгоритмы получения данных с изображения, полученного в результате моделирования, и дальнейшего их использования в алгоритмах КОИ.

Список использованных 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. Н.Н. Долженков, Д.А. Антонов, А.В. Савкин, Д.М. Дрягин. Метод автономной навигации на базе инерциальных и оптико-электронных измерений для беспилотных летательных аппаратов различных классов. Полет. Общероссийский научно-технический журнал. — 2020. — № 12. — С. 26-35.

Прочностной анализ подвески колесного робота

Бобров Д.А., Юманов А.К., Барциц А.А.

Научный руководитель — Горбовский Д.И.

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

В нашем исследовании мы предприняли попытку изучить различные виды подвесок, чтобы определить наиболее оптимальную по стоимости и технологичности для колесного робота.

Метод изучения — моделирование и дальнейшая симуляция нагрузки.

В процессе исследования мы смоделировали подвеску МакФерсон. Для этого были использованы возможности программного комплекса SolidWorks. Дальнейшая работа проводилась с использованием интегрированного приложения SolidWorks Simulation, с помощью которого заданы точки крепления и область смещения, имитирующая нагрузку при движении. Также важной частью является задание контакта деталей без проникновения. Так как именно таким образом происходит взаимодействие деталей в реальной жизни. Следующий пункт в нашем исследовании — запуск процесса создания полигональной модели сборки для ее анализа. Завершающим действием является процесс симуляции. Результатом работы программы стало получение графиков и визуализация напряжений в сборке.

Подводя итог, подвеска МакФерсон является наиболее оптимальным решением для колесного робота. В результате проведенного исследования, подвеска показала себя достаточно надежной и простой в сборке. Минусом такой подвески можно считать эффект «качающейся свечки», но надо учитывать, что его воздействие на работу колесного робота не является существенным. Плюсами являются технологичность и меньшая по сравнению с остальными типами подвесок стоимость создания. Другие виды подвесок хоть и дают большую плавность хода, но большая сложность сборки делает их менее выгодными по сравнению с МакФерсоном.

Реализация алгоритмов навигации шагающего робота внутри помещения

Бойко А.Ю., Доронина П.Д., Грагерт В.Д.

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

Движение робототехнических комплексов в условиях пересеченной местности является актуальной задачей, потому как гладкие и плоские поверхности в окружающем мире встречаются редко. Для решения данной задачи эффективно применяются шагающие роботы, показательным примером является робот-собака Spot от компании Boston Dynamics, который применяется для инспекции производственных и строительных работ, для операции в опасных для человека зонах, а также в индустрии развлечений.

В рамках проекта была поставлена задача разработки прототипа четырехногого шагающего робота для сопровождения лиц с ограниченными возможностями. В настоящей статье будут рассмотрены основные аспекты реализации алгоритмов навигации шагающего робота при сопровождении людей внутри помещений, в частности алгоритмов с применением методов одновременной локализации и построения карт SLAM (simultaneous localization and mapping).

Алгоритмы SLAM — навигации можно разделить на несколько типов: Feature-based, который использует легкоразличимые внешние предметы и основан на расширенном фильтре Калмана, Graph-based, базирующийся на теории графов, Grid-based, делящий местность сеткой с точками, где свободное пространство, а где есть препятствие, Topological, который ориентируется не на метрические данные, а на графо-подобное описание пространства, а также Semantic, связывающий семантические концепции с внешними объектами. Ряд методов SLAM навигации уже реализован в следующих пакетах Robot Operating System: GMapper, Cartographer и Rtabmapping.

Сенсорная система робота состоит из камеры, двух ультразвуковых датчиков и БИНС — модуля, поэтому было решено использовать такой метод SLAM как Rtabmap. Его суть заключается в следующем: постоянная обработка, выделение особенностей и сравнение изображений. Если новые данные с определенной точностью совпадают с ранее полученными, что вычисляется на основе коэффициента соответствия, то робот считает, что он находится в уже исследованной местности и при необходимости корректирует показания одометрии. Преимуществом Rtabmap является широкий набор сенсоров, с которыми он может работать.

Выбранный метод навигации будет реализован в прототипе устройства, разработанного в СКБ «Мехатроника и робототехника» при БГТУ «ВОЕНМЕХ».

Микро-опто-электромеханический преобразователь ускорения на основе оптического туннельного эффекта

Васецкий С.О., Аунг Чан Ньейн

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бусурин В.И.

МАИ, Москва

В настоящее время МЭМС-преобразователи ускорения широко используются в системах управления летательных аппаратов. Применение современных МЭМС-преобразователей ускорения на летательных аппаратах позволяет снизить массогабаритные характеристики, уровень энергопотребления и снизить стоимость систем навигации и управления.

В преобразователе ускорения использован чувствительный элемент (ЧЭ) балочного типа с обратной связью, реализованной с помощью пьезоэлементов. Для измерения ускорения можно использовать микро-опто-электромеханический преобразователь ускорения, который работает на основе эффекта оптического туннелирования (ОТЭ). Известно, что для электромагнитной волны, распространяющейся в определенной среде, присутствие посторонней среды будет ощущаться не только при механическом контакте, но уже тогда, когда среды приблизятся друг к другу на расстояние порядка длины волны.

Величина зазора определяется начальным зазором и прогибом ЧЭ, пропорциональным величине ускорения. Воздействие ускорения на ЧЭ преобразователя ускорений может оценить с помощью отражательной способности модулируемой границы сред, которая является отношением мощности отраженного излучения к мощности падающего. Значение отражательной способности зависит от зазора между ЧЭ и призмой, длины волны источника излучения и угла падения излучения.

Рабочий зазор между ЧЭ и призмой определяет оптическую мощность, достигающую фотоприемника. По приближенной модели можно осуществить расчет зазора в точке контакта, соответствующей пересечению центрального луча источника излучения с гипотенузой гранью призмы. Для получения более точного результата получена интегральная оценка отраженной оптической мощности с учетом переменности зазора в области оптического пятна эллиптической формы при изгибе ЧЭ под действием ускорения. Увеличение длины волны источника излучения приводит к уменьшению значения отражательной способности, и функция преобразования становится более линейной. Если угол падения оптического излучения уменьшается, то это приводит к уменьшению отражательной способности и нелинейности функции преобразования.

Список использованных источников:

1. Бусурин В.И., Коробков К.А., Шлеенкин Л.А. Метод «грубо-точного» считывания для преобразователя ускорения с адаптируемым оптическим модулем // Датчики и Системы. 2020. № 8. С. 27–34. DOI: 10.25728/datsys.2020.8.4.

Разработка рекомендаций по совершенствованию систем навигации в зоне ответственности Петропавловск-Камчатского РЦ

Деньгуб Т.Ю.

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

СПбГУ ГА, Санкт-Петербург

Введение

В Петропавловск-Камчатском РЦ обеспечивается не полное покрытие воздушных трасс. Данная проблема связана с наличием гористой местности.

Цель работы заключается в разработке рекомендаций в части систем навигации, для обеспечения сплошного покрытия всего полуострова, путем внедрения альтернативного дальномерного оборудования DME/DME для замены существующей ГНСС.

1. Принцип действия DME.

DME — это импульсная навигационная система, работающая в диапазоне частот 960-1213 МГц. Принцип DME заключается в измерении общего времени распространения собственного радиосигнала от самолета до транспондера и обратно. После приема и обнаружения импульсов запроса приемответчик регенерирует и повторно передает после фиксированной общей временной задержки.

2. Обоснование использования DME/DME в Петропавловск-Камчатском районном центре.

DME предоставляет пилотам информацию о расстоянии между самолетом и наземной станцией и используется на всех этапах полета. Сигналы, которые передаются между наземным радиомаяком DME и ВС, позволяют точно определять свое расстояние до радиомаяка. DME используется либо на маршруте либо в аэропорту. Это одно из основных навигационных средств в системе воздушных трасс.

Поскольку на полуострове не обеспечивается полное сплошное покрытие всех участков местности, целесообразно установить оборудование DME на различных участках с наблюдением всех требований и тем самым добиться перекрытия всех воздушных трасс.

Широкое использование дальномерного оборудования обеспечивается операциями на основе зональной навигации (RNAV).

Существует несколько навигационных спецификаций: RNAV1, RNAV 2, RNAV 5. Средства DME/DME полностью могут обеспечивать полеты с использованием навигации, основанной на характеристиках, на основе приведенных выше спецификаций.

В настоящее время DME/DME способно обеспечивать полное резервирование всех функциональных возможностей глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) для всех видов применения RNAV, а также может являться резервным средством для применения навигационных спецификаций RNP.

Альтернатива требуется для поддержания позиционирования, навигации и наблюдения вместо устаревшей GNSS.

Позиционирование DME/DME является одним из средств навигации по местности (RNAV), которое позволяет выбирать предпочтительные и прямые курсы в зоне обслуживания.

Следует полагаться на RNAV с требуемыми навигационными характеристиками для удовлетворения будущих требований к пропускной способности и эффективности воздушного движения, поскольку RNAV обеспечивает более близкое расстояние между воздушными судами и гибкие процедуры полета.

Чтобы воспользоваться навигацией с требуемыми навигационными характеристиками в основном используется глобальная навигационная спутниковая система. Однако данная служба подвержена прерываниям в результате антропогенных и атмосферных воздействий.

Если сбой ГНСС произойдет в течение значительного времени, управление воздушным движением будет серьезно нарушено. Именно по этой причине инициированная программа, направленная на предоставление альтернативной службы определения местоположения, навигации и синхронизации, которая будет постоянно предоставлять возможности RNAV во время сбоя ГНСС.

Оборудование DME стало неотъемлемой частью авиационной навигации.

Средство будет необходимо, чтобы играть важную роль для обеспечения безопасной и эффективной работы, даже если GNSS станет недоступной. Одним из вариантов является пассивное ранжирование.

Пассивное ранжирование привлекательно тем, что обладает неограниченной пропускной способностью и относительно простой архитектурой. Это может быть достигнуто с использованием существующих сигналов и систем в пределах национального воздушного пространства.

Заключение

Оборудование для измерения расстояния, DME, играет решающую роль в нынешней и будущей авиационной навигации. DME обладает хорошей производительностью, широким международным охватом, проверенной десятилетиями надежностью и режимами сбоя, отличными от спутниковых навигационных систем. Эти характеристики подтверждают потенциал DME в области текущей и будущей навигации и синхронизации авиационного позиционирования.

Список использованных источников:

1. Приложение 10. Авиационная электросвязь. Том I. Радионавигационные средства, ИКАО 2018.

2. Радиотехническое обеспечение полетов ВС и АЭС/С. А. Кудряков, В. К. Кульчицкий, Н. В. Поваренкин: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2021. — 299 с. — (Высшее образование: Специалист). — ISBN 978-5-16-016820-3. — DOI 10.12737/1242223.

3. Радиотехническое обеспечение полетов ВС и АЭС/С. А. Кудряков, В. К. Кульчицкий, Н. В. Поваренкин. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ГА, 2019. — 167 с. — ISBN 978-5-6041020-5-3.

4. Рубцов, Е. А. Авиационные радиоэлектронные системы и комплексы, и основы их применения: Учебное пособие / Е. А. Рубцов, О. М. Шикавко, В. В. Пономарев. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2019. — 141 с.

Гравиметрический способ измерения высоты

Дзущев С.С.

Научный руководитель — Волков Д.А.

МАИ, Москва

В настоящее время к авионике, в частности к чувствительным элементам и измерительным комплексам предъявляются всё более жесткие требования. Из глобального аэронавигационного плана ICAO на 2016-2030 гг. следует, что наибольшее внимание должно уделяться системам обеспечения полёта по характеристикам (PBN) и комплексам, предназначенным для точного измерения высоты (ГАНП ICAO 2016-2030, стр. 21).

В настоящее время существует четыре способа измерения высоты: барометрический, радиотехнический, инерциальный, спутниковый.

Барометрический высотомер измеряет относительную высоту полёта относительно некоторого уровня с фиксированным давлением. Такой подход связан с достаточно большим количеством погрешностей, которые необходимо учитывать, но он широко используется из-за своей простоты и удобства использования [1].

Радиотехнический способ основан на свойстве отражения радиоволн от различных поверхностей, что даёт представление об истинной высоте полёта самолёта. Радиовысотомеры могут работать только в пределах своей рабочей зоны, то есть либо на малой высоте, либо на средней, либо на большой. Универсального радиовысотомера пока не существует [2-3].

Инерционный способ основан на двойном интегрировании показаний акселерометров. Высота, измеренная таким образом, будет относительной, так как необходимо задать начальные условия, которые и будут точкой отсчёта высоты и скорости её набора. Также минусом таких систем является накапливающаяся вследствие интегрирования ошибка, которую необходимо постоянно корректировать [4].

Спутниковый способ измерения высоты (ГНСС) основан на измерении расстояния до нескольких (4-6) вещающих спутников. При таком способе измерения определяется, как правило, высота над уровнем моря [5].

Каждый из представленных методов измерения высоты обладает рядом недостатков.

Для обеспечения более качественного процесса измерения высоты полёта предлагается новый подход, основанный на измерении гравитационного поля Земли в данной точке и внесении соответствующих поправок для определения истинной высоты полёта.

В настоящее время существует достаточно большое количество приборов, позволяющих точно измерить силу тяжести в данной точке пространства [6]. Известно, что гравитационная сила уменьшается по мере удаления центров масс объектов друг от друга [7]. В случае, когда известна широта и долгота, над которой пролетает ЛА, можно получить значение ускорения свободного падения на данной широте и долготе на уровне моря [8]. Таким образом, мы можем определить радиус Земли в данной точке и произвести необходимые вычисления с целью определения истинной высоты полёта.

В докладе описан учёт погрешностей (шумов измерений) и соответствующие необходимые вычеты:

1. Поправка на рельеф — связана с тем, что неровности Земли создают дополнительное гравитационное поле в определённой местности;
2. Поправка, связанная со вращением Земли вокруг своей оси, вызывающей изменение измерения силы тяжести в данной точке;
3. Вычет, связанный с ускорением ЛА: действие сил инерции будет вносить дополнительные отклонения гравиметра.

Впоследствии, будет внесён учёт погрешностей, возникающих под воздействием гравитационных волн Луны и Солнца. Преимущества такого способа будут заключаться в автономности, сверхвысокой точности, помехозащищённости, независимости от места измерения. В дальнейшем планируется разработать прибор, основанный на этом принципе, позволяющий точно определять положение летательного аппарата в космическом пространстве.

Список использованных источников:

1. Барометрический высотомер. [Электронный ресурс]: Авиационные приборы и системы, Ульяновское конструкторское бюро приборостроения. Курс лекций. URL: <https://studfile.net/preview/2154958/page:9/> (дата обращения: 21.02.2022)
2. Методы измерения высоты. [Электронный ресурс]: Эксплуатация ИВК, Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет. Курс лекций. URL: <https://studfile.net/preview/2203632/page:14/> (дата обращения: 21.02.2022)
3. Радиовысотомер. [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиовысотомер> (дата обращения: 21.02.2022)
4. Инерциальная навигация. [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Инерциальная_навигация (дата обращения: 21.02.2022)
5. Спутниковая система навигации. [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая_система_нав. (дата обращения: 21.02.2022)
6. Гравиметр. [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гравиметр> (дата обращения: 21.02.2022)
7. Гравитация. [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гравитация> (дата обращения: 21.02.2022)
8. Карта гравитационного поля Земли. [Электронный ресурс]: Хабр — URL: <https://habr.com/ru/post/97749/> (дата обращения: 21.02.2022)

Методика испытаний системы улучшения устойчивости и управляемости самолёта Ил-112В на комплексном стенде управления КСУ-112В

Долгин М.А.

Научный руководитель — Хорев Т.С.

МАИ, Москва

Во избежание катастроф и чрезвычайных ситуаций во время реальных полетов самолета необходимо иметь возможность для проведения испытаний самолетных систем до его подъема в воздух. Осуществить это возможно с использованием различных стендов, способных имитировать поведение самолета в полете при различных задаваемых условиях в нормальных и откатных режимах, а также во время аварийных ситуаций.

Стенд КСУ-112В разработан с целью сокращения объемов и увеличения безопасности лётных испытаний. Предназначение стенда состоит в автономной отработке системы управления самолетом, проверке функциональных задач систем автоматического управления с взаимодействующим самолетным оборудованием в рабочих и откатных режимах, а также в оценке характеристик устойчивости и управляемости. Стенд КСУ представляет из себя каркас, который позволяет смонтировать элементы управления полноразмерными, то есть имитирующим размеры самолета в натуральную величину, с установленными на нем элементами объекта испытаний.

Система автоматического управления полетом и тягой (СУПТ) самолета Ил-112В, отработка которой должна осуществляться на стенде, предназначена для выполнения вычислительных операций по обработке входных сигналов от взаимодействующих систем прицельно-навигационного пилотажного комплекса (ПрНПК) и общесамолетного оборудования (ОСО) с целью формирования и выдачи различных управляющих сигналов, а также кодовых информационных сигналов в комплексную систему электронной индикации и сигнализации самолета.

СУПТ во взаимодействии с системами ПрНПК и системами ОСО, в заданных условиях эксплуатации самолета Ил-112В, в том числе при отказе одного из его двигателей, обеспечивает реализацию следующих функций:

- Автопилота и директорного управления;
- Автомата тяги;

- Системы улучшения устойчивости/управляемости (СУУ);
- Контроля состояния собственных комплектующих изделий и исправности взаимодействующих систем и устройств с выдачей соответствующей кодовой информации в бортовые средства отображения информации, технического обслуживания и регистрации параметров полёта.

Конкретному рассмотрению подлежит система улучшения устойчивости и управляемости самолета Ил-112В, задачами которой являются изменение коэффициента передаточного отношения в механической проводке управления, управление демпфером рыскания, компенсации чрезмерных изменений угловых положений самолёта при отказе/отключении одного из двигателей и подключение пружинного догрузателя в канале управления рулем высоты, так как ее полный функционал в рамках стенда полноценно не реализован.

Целью данной работы является проведение анализа функциональных возможностей СУУ в составе комплексного стенда самолета Ил-112В, а также постановка задачи разработки управляющего модельного блока, который позволит в дальнейшем обеспечить работоспособность данной системы на стенде с возможностью проведения различных испытаний при заданных условиях эксперимента.

Навигационный комплекс аэропортового транспортного средства

Донченко И.В.

Научный руководитель — Кузнецов И.М.

МАИ, Москва

Появление беспилотного транспорта (БТ), способного передвигаться самостоятельно благодаря бортовым системам и датчикам, а также специальному программному обеспечению (СПО), обрабатывающему поступающую от них информацию, во многом стало возможно благодаря интенсивному развитию робототехники за последние десятилетия. СПО отвечает за работоспособность всех систем такого вида транспорта и обеспечивает решение целого ряда задач — от определения координат местоположения и направления движения БТ до диспетчеризации в транспортном потоке.

Логистика и перевозка грузов является одной из немаловажных областей применения роботизированных систем. Немалая доля на решение подобных задач выпадает в частности на авиационный транспорт. Автоматические транспортные средства, способные работать на территории аэропорта способны повысить как надежность выполнения таких задач, так и снизить их стоимость и трудозатраты.

Задачи маршрутизации, управления и контроля аэропортовых транспортных средств призваны долгое время были решать такие системы как SMGCS (система контроля и управления наземным движением), однако ввиду постоянно возрастающей интенсивности полетов, и как следствие роста требований к обеспечению параметров надежности таких систем появились усовершенствованные А-SMGCS [1]. Визуальный контроль, необходимый для совершения маневров по территории аэродрома в рамках концепции реализации такого рода систем становится менее необходимым, а их применение нивелирует зависимость транспортного средства от способностей пилота, водителя или органа управления его осуществлять [2].

Можно выделить три основных сегмента, структурно входящих в состав таких систем — наземный, бортовой и база данных (БД). Единая шина данных является ядром структуры, в которую поступает информация от систем связи и управления, бортовых систем, навигационных БД, топографических или иных карт местности. Реализация перечисленного функционала возможна за счет применения соответствующего установленным требованиям в части точности навигационного комплекса (НК) в составе бортового сегмента.

При этом ядром такого НК должна выступить автономная система, решающая задачи навигации и ориентации. Наиболее часто решение таких задач возлагается на бесплатформенную инерциальную навигационную систему (БИНС), обладающую рядом достоинств и преимуществ. Однако также широко известен факт роста погрешностей

показаний БИНС со временем. В этой связи в рамках НК, как правило, необходимо осуществлять коррекцию ее показаний при помощи других систем, в частности, во многих приложениях используются измерения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). НК на основе этих двух систем способен решать широкий круг задач рассматриваемого класса. Другими возможными средствами коррекции показаний БИНС наземных средств являются магнитный компас, бортовой одометр, реализованный на базе различных физических принципов, и построенная на его основе система счисления пути.

Объектом исследования в рамках доклада является НК аэропортового транспортного средства. Предложены математические модели его подсистем, создан программно-алгоритмический комплекс для исследования его свойств, разработана методика исследований и проведено полноценное имитационное и полунатурное моделирования с целью получения основных характеристик функционирования такого НК в условиях, приближенных к реальным.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

Список использованных источников:

1. Doc 9830 AN/452 ICAO. Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual.
2. Кузнецов, И. М. Навигационный комплекс аэропортового транспортного средства / И. М. Кузнецов, А. Н. Пронькин, К. К. Веремеенко // Труды МАИ. — 2011. — № 47. — С. 14.

Принципы построения систем технического зрения

Ермилов Д.А., Агафонов Д.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Башилов А.М.

МАИ, Москва

Одной из важнейших составляющих прогрессивного развития современной техносферы является широкое применение систем машинного зрения и компьютерного видеонаблюдения в разных сферах деятельности человека.

Базовыми принципами построения данных систем являются:

- Принцип фиксации движения — акцентирование внимания оператора на изменениях в наблюдаемой зоне (освобождает исполнителя от утомительной работы, повышает вероятность обнаружения важного события);
- Принцип отслеживания мобильного объекта — используются поворотные модули, оснащёнными программами наведения и автоматического сопровождения объектов и фиксации события;
- Принцип обнаружения интересующего объекта по морфологическим признакам — считываются и анализируются индивидуальные данные объекта: форма, размер, площадь, периметр, ориентация, цвет, однородность поверхностей, дефекты, текстура, фон и др.;
- Принцип видеопередачи информации от нескольких параллельно наблюдаемых объектов — видеонаблюдение осуществляют дистанционно методами современных телекоммуникационных и сетевых технологий;
- Принцип модульности структур систем видеонаблюдения — ядро и функциональные компоненты системы ориентированы на узкоспециализированные задачи контроль, управления и согласования действий групп объектов;
- Принцип многоуровневого моделирования работы видеонаблюдения — учёт приоритетов управления подуровней системы;
- Принцип открытой архитектуры — функционал наращивания функций системы.

В реализациях конкретных систем машинного зрения и компьютерного видеонаблюдения используются модули ввода, обработки, визуализации видеоинформации. В ходе их функционирования выполняют считывание и выявления параметров данных видеокамер и дальномеров. Далее выявляют рабочую область контроля, наиболее информативные реперы в выбранной области, исключают рассмотрение лишней информации. Используя специальные фильтры, например, зелёного цвета и RGB (HVS), уменьшают объёмы массива

рабочего изображения. Для ликвидации шумов в изображении используют медианную фильтрация изображения с сохранением резких перепадов яркости. Далее, с помощью фильтров бинаризируют изображения и выделяют объекты, функционирующие в нестандартных режимах и для них формируют сигнал корректирующего управления.

Обоснование необходимости создания единой цифровой платформы обмена данными со всеми участниками, задействованными в ИВП

Иванова П.И.

Научный руководитель — к.т.н. Печенежский В.К.

МГТУ ГА, Москва

В настоящее время при возникновении нестандартных ситуаций таких как: неблагоприятные атмосферные условия, при проведении особых событий (олимпиад, универсиад, мировых чемпионатов, крупных политических, экономических и культурных форумов и др.) необходимо выполнить цепочку согласований, которые требуют затраты временных ресурсов, как правило информирование происходит по сети АФТН. Запас времени недостаточен для принятия совместного решения с учетом интересов пользователей воздушного пространства, и интересы пользователей нивелируются, что приводит к экономическим убыткам. Любое ИВП начинается с заявки, в виде плана полета воздушного судна, либо информации о проведении учений, стрельб и других мероприятий, требующих введений ограничений на использование воздушного пространства. Основным инструментом для распределения воздушного пространства по времени, месту и высоте между всеми пользователями воздушного пространства и предотвращения перегрузок и конфликтных ситуаций является планирование полетов. На данный момент отсутствует единый, унифицированный способ подачи заявки на ИВП. Проведенный анализ показывает, что каждый участник ИВП использует собственную цифровую платформу, что затрудняет решение вопроса единого подхода при решении задач планирования. Отсюда и возникает потребность создания единой цифровой платформы, разработки новых методик и алгоритмов анализа плановой информации, пользователями которой должны стать все участники процесса. Для подачи заявок, получения пользователями воздушного пространства актуальной, в режиме реального времени аэронавигационной и метеорологической информации, информацию об ограничениях в воздушном, и обеспечение прямого доступа к нормативным документам, получение оперативного ответа и внесения корректировок. Данная платформа должна предоставлять доступ, как на русском языке так и на английском для иностранных пользователей. В свою очередь это позволит решить задачи связанные с: увеличением уровня быстродействия, точностью расчетов, полнотой анализа, повышением уровня автоматизации функций. По сей день является невозможным принятие оперативного совместного решения, с учетом интересов всех пользователей воздушного пространства. В эру цифровизации мы имеем возможность найти решение оперативно, буквально за пару минут, но для этого необходимо обладать актуальной информацией.

Список использованных источников:

1. Приказ Минтранса РФ от 16 января 2012 г. N 6 "Об утверждении Федеральных авиационных правил "Организация планирования использования воздушного пространства Российской Федерации".
2. Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 N 138 (ред. от 02.12.2020) "Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации".
3. Разработка системы планирования и подачи планов полетов [электронный ресурс] URL: <https://gkovd.ru/activities/fp-ivp/flight-plan/> (дата обращения 16.02.2022)

Система стабилизации для малого космического аппарата на основе двигателей-маховиков

Кададова А.В.

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

Системы стабилизации космических аппаратов (КА) в основном делят на две группы: на пассивные и на активные. К пассивным системам относятся: стабилизация вращением, гравитационная стабилизация, аэродинамическая и другие. К активным относятся: маховичная система, гиросдины, ракетные двигатели и т.д.

На малых КА стараются применять более дешёвые — пассивные системы, не требующие энергии и большого количества места. Однако, выбор метода стабилизации всецело зависит от поставленных задач КА, например, для наноспутников в формате «CubeSat» существует целый ряд задач, требующих применения маховичных систем. Но для наноспутников применения такого варианты стабилизации жестко ограничиваются массогабаритными параметрами и требованиями к электропитанию.

Использовать маховичные системы для стабилизации КА было предложено еще в 1902 г. Циолковским К.Э.

Принцип действия маховичных систем основан на законе сохранения момента количества движения. Другими словами, для поворота КА вокруг оси вращения маховика необходимо изменить или поддержать достаточную скорость вращения данного маховика в противоположном направлении. Подобные маневрирования могут расходовать большое количество электроэнергии, запасы которой можно возобновить при помощи солнечных батарей. Однако, у каждого двигателя-маховика (ДМ) есть своя предельная скорость вращения. ДМ представляет собой электродвигатель, у которого инерционная нагрузка маховик используется для управления угловым положением КА.

Одноосная маховичная система состоит из ДМ, который обладает одной степенью свободы движения, связанной с его вращением вокруг оси симметрии. Наличие нескольких маховиков может обеспечивать управление по нескольким осям. Маховики обладают большой точностью. Управляющий момент, создаваемый ДМ, не зависит от места его установки на космическом аппарате.

Основной недостаток маховиков является «насыщение», ситуация при которой ДМ достигает своего предельного значения по скорости и требует разгрузки внешним моментом с противоположным знаком. Прочими недостатками являются зависимость массы маховика от массы КА, необходимость уместить несколько маховиков в малые габариты, выход из строя при длительном использовании в связи с износом, но для КА с небольшим сроком службы этот недостаток не критичен.

Устанавливая три ДМ и соблюдая параллельность осей роторов с центральными осями КА, можно обеспечить трехосную ориентацию и стабилизацию аппарата в целом. На практике, для увеличения надежности устанавливают четыре маховика. При подобной системе с четырьмя одинаковыми ДМ, оси вращения которых расположены параллельно боковым ребрам правильной четырехгранной пирамиды, можно обеспечить саморезервирование системы и добиться большего момента, чем максимальный момент одного ДМ.

В работе проведены расчеты для нахождения расположения и габаритов ДМ системы стабилизации наноспутника в формате CubeSat 3U, состоящей из четырех ДМ. Расчет проводится с допущением, что центр масс находится в центре второго юнита спутника, для двух случаев:

- 1) относительно центра масс;
- 2) относительно геометрического центра в крайнем юните.

При расчёте используются допущения, что масса спутника равна 4 кг и равномерно распределена по всему объёму КА, полный кинетический момент спутника — сумма кинетических моментов несущего тела и маховиков — равен нулю.

В результате найдены углы α и β для обоих случаев, где α — угол между осью k -ого маховика и осью Z , направленной из центра масс КА вдоль стороны, состоящей из трех

юнитов; β — угол между проекцией k -ого маховика на плоскость основания правильной пирамиды XU и осью X , XU, YZ — является декартовой системой координат. Данные углы позволяют определить в пространстве оси вращения всех ДМ. Также проведено моделирование с выбранными двигателями и найдены максимально допустимые размеры маховиков. Далее планируется провести расчет моментов инерции маховиков, для разных конфигураций из различных материалов для возможности обеспечения удовлетворительной угловой скорости вращения КА и требований по массе, разработать систему управления для выбранных двигателей.

Список использованных источников:

1. Игнатов А.И. дис: Исследование режимов вращательного движения искусственного спутника Земли для проведения экспериментов в области микрогравитации канд. физико-математических наук.: 01.02.01. — ГКНПЦ имени М. В. Хруничева, Москва, 2012 — 131 с.

2. Как опереться на пустоту? [Электронный ресурс] / Филипп Терехов Электрон. дан. URL: <https://habr.com/ru/post/379823/> (дата обращения: 01.03.2022).

Идентификация погрешностей бесплатформенной инерциальной навигационной системы в полёте по показаниям от спутниковой системы навигации

Клюхин А.С.¹

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.²

1) JSC CSRI of Automatics and Hydraulics, 2) МАИ, Москва

Одной из центральных бортовых навигационных систем (НС) подавляющего большинства современных летательных аппаратов (ЛА) является инерциальная навигационная система (ИНС) [1]. Такое широкое применение ИНС в авиационной практике связано с ее уникальными свойствами автономности, информативности, высокой скорости выдачи параметров навигации и ориентации [2]. Вместе с тем, хорошо известен ее недостаток: неограниченный рост со временем ее ошибок в определении параметров движения ЛА при автономной работе [3]. Скорость нарастания этих ошибок определяется погрешностями ее датчиков-гироскопов и акселерометров, а также ошибками начальных условий ее работы. Для устранения накапливающихся ошибок ИНС используется ее коррекция от различных НС иной физической природы, в частности, с развитием спутниковых навигационных систем (СНС) именно они стали одним из основных средств коррекции, что определяется их глобальностью применения, высокой степенью доступности сигналов и высокой точностью при нормальных условиях работы, под которыми понимается отсутствие помех для приема навигационных сигналов спутников. Такие помехи могут быть естественными, например, при повышенной активности Солнца и возмущениях в атмосфере Земли, так и искусственными, вызванными наличием электромагнитных полей от работы других радиотехнических систем или преднамеренным созданием помех для сигналов спутников [1]. Сочетание ИНС и СНС в едином комплексе в настоящее время является типовым решением для многих приложений.

В докладе рассматривается вариант построения навигационного комплекса ЛА на основе бесплатформенной ИНС (БИНС) и бортовой СНС [1, 2]. Основной целью доклада является исследование возможной точности коррекции БИНС и идентификации погрешностей ее гироскопов и акселерометров. В задачу коррекции БИНС входит определение ее ошибок в определении координат, проекций относительных скоростей и параметров ориентации. Задача идентификации понимается как получение оценок инструментальных ошибок датчиков БИНС, причем рассматриваются постоянные ошибки этих датчиков, ошибки их масштабных коэффициентов, углы перекоса при установке датчиков на корпусе ЛА. Основным инструментом идентификации погрешностей выбран алгоритм оптимального фильтра Калмана (ОФК), записанный в дискретной форме Джозефа для обеспечения лучшей вычислительной устойчивости [4]. При перечисленных компонентах ошибок вектор состояния исследуемой НС имеет размерность 18, и при этом

рассматривается возможность получения шести измерений: три по разности координат между показаниями БИНС и СНС и три по разности проекций их скоростей. В докладе приводится структура системы, математические модели ее подсистем и основные алгоритмы идентификации погрешностей.

Исследование точности велось методами имитационного моделирования по авторским программам, обеспечивающим моделирование движения ЛА на сложных динамических траекториях: правильный вираж, полет с переменным креном, выполнение пилотажной фигуры «горка». Выбор достаточно сложных маневров ЛА при работе режимов идентификации погрешностей обусловлен желанием оценить влияние сложной динамики ЛА на характеристики алгоритма идентификации — скорости сходимости оценок и установившегося уровня остаточных погрешностей в оценках.

Результаты имитационного моделирования в докладе представлены графически и основные параметры сведены в таблицы. При этом оценено как влияние траектории на характер оценивания, так и зависимость точности и времени оценивания от режима работы СНС. В целом, как и следовало ожидать, время сходимости оценок погрешностей датчиков существенно зависит от вида маневра и режима работы СНС.

Проведенное исследование позволило не только оценить потребное время на идентификацию погрешностей датчиков, но и сформировать универсальное программное обеспечение, пригодное для исследования точности коррекции и идентификации инструментальных ошибок ИНС для широкого круга исследовательских задач.

Список использованных источников:

1. Веремеенко К.К. и др. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. / Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009 — 556 с. — ISBN: 978-5-9221-1168-3.
2. 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.
3. 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.
4. Ривкин С.С. и др. Статистическая оптимизация навигационных систем. — Л., Судостроение, 1976.

Авиационные многофункциональные индикаторы: принципы действия, технические возможности, области применения

Кожевников Д.А.

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

МАИ, Москва

Для снижения психологической нагрузки на экипаж при управлении полетом авиационных летательных аппаратов (ЛА) и осуществления информационной поддержки его действий, а следовательно — повышения безопасности полетов, одним из важнейших факторов является организация информационно-управляющего поля (ИУП) кабины, основная часть которого строится с помощью электронных многофункциональных индикаторов (МФИ), так как более 90% всей полетной информации летчик воспринимает посредством зрительной системы.

В настоящее время принцип действия большинства серийно выпускаемых авиационных МФИ основан на модуляции света, проходящего через слой жидкокристаллического вещества; их часто называют жидкокристаллическими индикаторами (ЖКИ).

На многих отечественных ЛА применены ЖКИ разработки АО Ульяновское конструкторское бюро приборостроения. Эти приборы построены по модульному принципу и включают следующие конструктивно-функциональные модули: модуль ввода-вывода, модуль приема метеоинформации, модуль приема телевизионного видеосигнала, модуль

графического процессора, жидкокристаллический модуль, модуль контроллера экрана, модуль управления нагревателями, модуль питания индикатора и модуль генератора символов.

Генератор символов (ГС) — это специализированная БЦВМ, служащая для непосредственного построения изображения на экране МФИ. Он соединен со всеми функциональными подсистемами комплекса бортового оборудования ЛА, собирая и обрабатывая их информацию, создавая и обновляя на её основе формат изображения на экране индикатора.

Для формирования символов ГС должен иметь возможность изображать ряд графических элементов, называемых графическими примитивами. Обычный формат изображения разделяют на следующие основные графические примитивы: векторы, дуги, тексты (цифры и буквы), контурные и залитые эллипсы, прямоугольники и другие.

В докладе рассматриваются типовая структурная схема построения МФИ; анализируются процессы взаимодействия его функциональных элементов; описываются технические возможности МФИ, реализующие информационные режимы построения комплексной системы электронной индикации и сигнализации, являющиеся основой ИУП; излагаются основные преобразования входного видеосигнала; приводятся технические характеристики серийно выпускаемых МФИ.

Использование системы искусственного интеллекта для обеспечения безопасности полётов на маршруте полёта

Маркова Е.Ю., Шабунина Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Фаворский К.Г.

МАИ, Москва

Для обеспечения безопасности полётов самолётов Гражданской авиации необходимо исключить попадание молний в самолёт, находящийся на маршруте полёта, так как это может привести к человеческим жертвам или материальным и экономическим потерям. В работе [1] эта задача решается путём установки источников-измерителей напряжённости электрического поля (ИНЭП) в близлежащем районе аэродрома. Датчики измерения напряжённости можно установить по всему маршруту, но такое решение не может быть реализовано по экономическим соображениям. Предлагается установить датчик вектора напряжённости H на самолёте, и с помощью его определить напряжённость, эквипотенциальную плоскость напряжённости вблизи самолёта, вычислить градиент поля. Пилот по этим показателям может выбрать маршрут в обход зон с высокой напряжённостью. Проблема такого решения заключается в конструкции датчика вектора H для тела не сферической поверхности. Вектор H можно вычислить по показателям множества отдельных ИНЭП, установленных в различных точках поверхности самолёта. Для реализации пересчёта показаний множества ИНЭП предлагается привлечь систему искусственного интеллекта (ИИ). Но для системы ИИ требуется наличие базы данных и базы знаний, которые заполняются на этапе проектирования и испытаний, путём установки датчика вектора H [2]. Датчик вектора H может исказить аэродинамические показатели ЛА, но на испытательных полётах можно определить соответствие между тремя ортами вектора H и показаниями множества ИНЭП, которое будет храниться в базе данных системы ИИ. Экспертные полёты ЛА с датчиками должны быть проведены для каждого типа одного из ЛА и база данных перенесена на другие самолёты этого типа, осуществляющие полёт без датчика вектора H , величина которого будет вычислена системой ИИ по показаниям множества ИНЭП, установленных на каждом ЛА. Выбор маршрута в пространстве с малой электростатической напряжённостью снизит вероятность попадания молний в самолёт, особенно при полётах на местных авиалиниях, проходящих на малой высоте.

Список использованных источников:

1. Фаворский К.Г., Фаворский Е.К., Савенко Е. Ю. Возможности исследования электрической напряжённости в воздушном пространстве полётов летательных аппаратов. Известия ТулГУ серия технические науки №12 2021 г.
2. Лебедев Г.Н. Интеллектуальные системы управления и их обучение с помощью методов оптимизации. Москва. Издательство МАИ 2002 г.

Модель микромеханического модально-локализованного акселерометра с чувствительным элементом в виде балки с начальной погибью

Можгова Н.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лукин А.В.

СПбПУ, Санкт-Петербург

Всё большее распространение в современной индустрии нано-микроэлектромеханических систем (Н/МЭМС) находит использование существенно нелинейных характеристик проектируемых механических архитектур и принципов генерации колебаний, а также коллективных динамических свойств подвижных элементов устройств, что позволяет на порядки повысить точность и стабильность измерений для широкого класса датчиков физических величин. Интенсивное развитие получают исследования и прикладные разработки в области применения особенностей модального взаимодействия в нелинейных и слабосвязанных колебательных системах с двумя и более степенями свободы.

Настоящее исследование посвящено математическому моделированию предложенной новой архитектуры микроэлектромеханического модально-локализованного датчика ускорений с чувствительным элементом в виде заземленной с двух концов микробалки с начальной погибью, выполненной по форме первой несимметричной моды свободных колебаний. Насколько известно авторам работы, микробалки с начальной погибью до настоящего момента не рассматривались как элементы перспективных резонансных (модально-локализованных) сенсоров переносных ускорений — акселерометров или гравиметров. В работе показано, что при определенных условиях в колебательной системе могут быть обеспечены условия для эффективного обмена энергией между симметричной и несимметричной формами колебаний чувствительного элемента. Данный эффект может быть положен в основу разработки нового подкласса высокоточных резонансных датчиков с амплитудным съемом выходного сигнала.

В качестве чувствительного элемента акселерометра выступает начально изогнутая балка, заземленная с двух сторон, которая находится в поле действия одного неподвижного электрода возбуждения колебаний и двух неподвижных электродов съема колебаний. Электрическое напряжение, сообщенное концам балки, позволяет менять собственные частоты чувствительного элемента и настраиваться на рабочий режим. Подвижная масса упруго прикреплена к микробалке с помощью системы подвесов. Внешнее ускорение приводит массу в движение и возникает распорное усилие, действующее на микробалку. Рабочий режим возбуждается центральным электродом и представляет собой колебания по третьей (второй симметричной) собственной форме балки. При наличии внешнего ускорения распорное усилие изменяет значения собственных частот балки и при правильном выборе параметров системы наблюдается эффект близости частот между второй (первой несимметричной) и третьей (второй симметричной) формами колебаний чувствительного элемента. Происходит обмен энергией между указанными формами и колебания по второй собственной форме детектируются боковыми электродами.

Подход к построению алгоритма начальной выставки инерциальных навигационных систем

Наумченко В.П.

МАИ, Москва

Одна из особенностей применения инерциальных навигационных систем (ИНС) заключается в необходимости наличия информации о начальных координатах, скоростях и углах ориентации. Эта задача может быть решена различными способами, среди которых выделяют автономную выставку, трансферную выставку по базовой ИНС и выставку при помощи корректирующих устройств, например, по спутниковой навигационной системе. Реализовать последние два способа не всегда возможно по ряду причин, к которым могут относиться ограничения по массе и габаритам или наличия помех. В таком случае необходимо прибегать к первому способу, причем следует уделять особое внимание определению начальных углов ориентации в связи с необходимостью построения базовой системы координат (инерциальной, географической и др.) на борту объекта с высокой точностью. Существующие методы автономной выставки хорошо изучены и широко описываются в технической литературе [1-2] и основываются либо на измерении не менее двух неколлинеарных векторов — вектора ускорения свободного падения и вектора угловой скорости вращения Земли для БИНС, либо на физическом приведении платформы в плоскости горизонта и истинного меридиана для платформенных ИНС и БИНС на подвижном поворотном основании.

В рамках настоящей работы рассматривается алгоритм определения начальных углов ориентации ИНС платформенного класса и БИНС на поворотном основании с применением аппарата статистической многофакторной оптимизации. Ранее был рассмотрен подход построения алгоритма гирокомпасирования на базе методов одномерной безусловной оптимизации [3]. Однако этапу гирокомпасирования предшествует этап горизонтирования, когда платформа стремится совместить оси приборной системы координат (по которым ориентированы оси чувствительности (ОЧ) датчиков) с осями базовой, что при значительном начальном рассогласовании базовой и приборной систем координат неизбежно увеличит время совмещения соответствующих осей. Кроме того, большое рассогласование вызовет рост управляющего сигнала на механизм стабилизации платформы, что ухудшит динамику переходного процесса — приведет к перерегулированию, колебательному характеру переходного процесса и увеличению времени выставки.

С целью снижения времени выставки, повышения точности и динамических характеристик системы можно проводить этапы горизонтирования и гирокомпасирования параллельно, решая задачу пространственной оптимизации положений ОЧ датчиков. Измеряя проекции ускорения свободного падения на ОЧ акселерометров и угловой скорости вращения Земли на ОЧ гироскопов, строится алгоритм на базе методов статистической многофакторной оптимизации, который формирует управляющие сигналы на механизм стабилизации платформы для ее приведения в положение, удовлетворяющее условию оптимальности алгоритма. Под критерием оптимальности может пониматься минимизация показаний горизонтальных акселерометров и максимизация показаний гироскопа, измеряющего горизонтальную составляющую. Аналитически алгоритм может представлять из себя систему конечных или дифференциальных уравнений с набором решений, удовлетворяющих критерию оптимальности.

Достоинством рассматриваемого алгоритма является возможность применения широкого арсенала методов оптимизации — методы классического анализа, множители Лагранжа, динамическое программирование, принцип максимума, линейное и нелинейное программирование.

Основная сложность реализации алгоритма состоит в необходимости решения оптимизационной задачи в условиях измерительных шумов и возмущений. К основным возмущающим факторам, в первую очередь, следует отнести колебания объекта, возникающие, например, вследствие работы двигательной установки; собственные шумы измерительных датчиков. Их количественные характеристики должны включаться в вектор

ограничений при решении оптимизационной задачи. В самом простом случае вектор состояния будет включать углы ориентации ИНС — курс, тангаж и крен, но для увеличения точности решаемой задачи имеет смысл расширения вектора состояния угловыми скоростями и ускорениями.

Такой подход открывает широкие возможности для определения начальной ориентации ИНС, позволяя на основе множества оптимизационных методов формировать облик алгоритма выставки, удовлетворяющего требуемым критериям качества.

Выражаю благодарность главному специалисту НИИ ПМ им. академика В.И. Кузнецова Илюшину П.А. и начальнику отделения Соловьёву А.В. за содействие в написании работы.

Список использованных источников:

1. Липтон А. Выставка инерциальных систем на подвижном основании, главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1971, 168 с.

2. Ривкин С.С., Ивановский Р.И., Костров А.В. Статистическая оптимизация навигационных систем. — М.: Судостроение, 1976

3. Наумченко В.П. Построение алгоритма гирокомпасирования на основе методов одномерной безусловной оптимизации при помощи гирокомпаса аналитического типа с ДУС // XLVII Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения — 2021». Москва. Сборник тезисов докладов, — М.: МАИ, 2020. С. 230 — 231

Программно-алгоритмический комплекс для исследования свойств навигационных систем с использованием авиасимулятора

Порохин В.А.

Научный руководитель — Кузнецов И.М.

МАИ, Москва

При исследованиях свойств навигационных систем важную роль играют испытания и тестирование. Современные подходы к испытаниям имеют определённые проблемы, например, дороговизна производства образцов навигационных систем и невозможность получения идеальных значений траекторных параметров.

Для решения обозначенных проблем предлагается подход, связанный с использованием авиасимуляторов — средств моделирования полёта летательного аппарата.

В качестве ядра программного комплекса имитационного моделирования предлагается использовать реалистичный авиасимулятор FlightGear с открытым исходным кодом, изначально созданный для использования в научно-исследовательских проектах.

Авиасимулятор FlightGear имеет возможность для записи и чтения внутренних переменных симуляции. Для осуществления чтения/записи необходимо определить файл протокола и настроить ключи командной строки при запуске авиасимулятора.

Ядром комплекса имитационного моделирования является запущенный авиасимулятор, осуществляющий взаимодействие с системой чтения/записи параметров. Система чтения/записи выводит из авиасимулятора идеальные значения траекторных параметров, которые подаются на входы блока пересчёта показаний датчиков для получения идеальных значений показаний инерциальных датчиков и навигационного приёмника. Затем, полученные параметры передаются соответственно на входы блока формирования показаний датчиков. Эту часть программного комплекса предлагается реализовать в виде графического интерфейса, позволяющего пользователю в удобной форме задать классы используемых в инерциальных системах чувствительных элементов (ЧЭ), систематические погрешности, а также погрешности глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Полученные показания подаются на входы блоков, реализующих алгоритм бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) [1, 2] и алгоритм решения навигационной задачи.

На основе векторов траекторных параметров, полученных от алгоритмов БИНС и ГНСС, предлагается получить оценку вектора состояния, используя алгоритм оптимального фильтра Калмана.

Предлагаемый программный комплекс имитационного моделирования позволяет исследовать точность и целостность оценки вектора состояния в зависимости от заданных значений систематических погрешностей инерциальных датчиков и погрешностей ГНСС.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

Список использованных источников:

1. Помыкаев И.И., Селезнев В.П., Дмитроченко Л.А.. Навигационные приборы и системы: Учебное пособие для вузов. — М.: Машиностроение, 1983.

2. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии. Под ред. Б.С. Алёшина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. ISBN 5-9221-0735-6.

Разработки в области робототехнических комплексов военного и специального назначения

Сало А.П., Смирнов И.А., Гаврилук В.А.

Научный руководитель — Горбовский Д.И.

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

Все роботы, предназначенные для использования в бою, как правило, многофункциональны. Их можно разделить по основной сфере использования: ударные, информационные и боевого обеспечения.

Задача данной статьи — провести патентный поиск, направленный на выявление тенденций развития современной робототехники в области создания военных и специализированных роботов.

На данный момент на вооружении российской армии сейчас имеется 6 роботов военного и специального назначения: Кобра-1600, Уран-6, Уран-10, Уран-9, РД-РХР, КНР.

Роботизированный комплекс «Кобра-1600» используется для визуального обнаружения, поиска и предварительного осмотра подозрительных объектов с помощью телекамер, сам робот весит 62 кг и имеет гусеничную платформу, которая развивает скорость 3 км/ч.

Уран-6 — робототехнический комплекс разминирования, предназначенный для городских, горных и мелколесистых участков территории, развиваемая скорость — 5 км/ч.

Уран-10 — многофункциональный телеуправляемый комплекс также для целей разминирования, имеет гусеничный движитель.

РД-РХР и КНР — мобильные гусеничные робототехнические комплексы, предназначенные для ведения радиационной и химической разведки. Максимальная скорость по шоссе — 3,6 км/ч.

«Уран-9» — робот, выполняющий множество функций, управляется дистанционно, предназначен для поддержки боевых действий. Робот имеет гусеничную платформу и вооружен пушкой 2А72, спаренным пулеметом, противотанковыми ракетами «Атака» и огнеметом «Шмель-М». Макс. скорость 35 км/ч, максимальная дальность от пункта управления — до 3 км.

Вывод: на вооружении нет роботов, которые имели бы колеса и возможность быстро передвигаться, распознавать окружающую среду без помощи оператора, а также достаточную дальность связи одновременно.

Подходящие под запрос патенты: RU2473863C1 (Дистанционно управляемый колесный робот), RU2584766C1 (Робототехнический комплекс для дистанционной работы в военных условиях), RU158616U1 (Автономное мобильное робототехническое транспортное средство), RU2757095C1 (Боевой ударный радиоуправляемый комплекс).

Список использованных источников:

1. Список вооружения и военной техники сухопутных войск РФ [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_вооружения_и_военной_техники_Сухопутных_войск_Российской_Федерации (Дата обращения: 19.02.2022)

2. RoboTrends [Электронный ресурс]: Каталог наземных военных роботов различного назначения. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-nazemnyh-voennyh-robotov-razlichnogo-naznacheniya> (Дата обращения: 19.02.2022)

3. RoboTrends [Электронный ресурс]: Уран-9. URL: <https://robotrends.ru/robopedia/uran-9> (Дата обращения 20.02.2022)

4. Яндекс.Патенты [Электронный ресурс]: Дистанционно управляемый мобильный робот, видеокамера мобильного робота, звукоприемная система самонаведения мобильного робота, сферическая граната./ ООО «Яндекс» /Аркадий Волож, Илья Сегалович, Елена Колмановская и другие. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2473863C1_20130127 (Дата обращения 20.02.2022)

5. Патентный поиск, Поиск патентов и изобретений РФ и СССР [Электронный ресурс]: Боевой роботизированный мобильный комплекс. URL: <https://findpatent.ru/patent/258/2584766.html> (Дата обращения: 20.02.2022)

6. Яндекс.Патенты [Электронный ресурс]: Автономное мобильное робототехническое транспортное средство./ ООО «Яндекс» /Аркадий Волож, Илья Сегалович, Елена Колмановская и другие. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU158616U1_20160120 (Дата обращения 20.02.2022)

7. Яндекс.Патенты [Электронный ресурс]: Боевой ударный радиоуправляемый комплекс./ ООО «Яндекс» /Аркадий Волож, Илья Сегалович, Елена Колмановская и другие. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2757095C1_20211011 (Дата обращения 20.02.2022)

Исследование влияния колебаний жидкого наполнения топливных баков РБ на устойчивость и управляемость ОБ

Саранченкова Е.В.

Научный руководитель — Чикирев Е.В.

ПАО «РКК «Энергия», Королёв

Проблема стабилизации орбитального блока (ОБ), в состав которого входят космический аппарат (КА) и разгонный блок (РБ) с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД), при движении на активном участке полёта всё ещё актуальна, так как наличие жидкого топлива в баках вызывает возникновение поперечных колебаний ОБ с частотой, близкой к частоте собственных колебаний жидкости, что влечет за собой дополнительные возмущающие усилия на корпус ОБ. Поэтому проектирование автомата стабилизации в предположении, что ОБ — твёрдое тело, становится нецелесообразным, и следует предъявлять к его устройству дополнительные требования, которые способствовали бы обеспечению управляемости и устойчивости движения ОБ с учётом колебаний жидкого наполнения топливных баков РБ.

В ходе данной работы с помощью коэффициентного критерия показано, что фазовая стабилизация ОБ при помощи автомата стабилизации не может быть обеспечена на всём активном участке полёта при выведении полезного груза (ПГ) небольшой массы. Особенно это касается влияния колебаний жидкого наполнения бака окислителя. В работе предложен способ влияния на параметры колебаний жидкости в баке окислителя при помощи выбора оптимальной приведённой массы колебания жидкости в баке горючего. С применением метода Д-разбиения были определены коэффициенты усиления автомата стабилизации по линейному смещению, линейной скорости смещения, углу и угловой скорости и проведено математическое моделирование движения ОБ для различных значений приведённой массы колебания жидкости в баке горючего. По результатам моделирования получены оптимальные для обеспечения управляемости ОБ значения приведённой массы колебания жидкости в баке горючего.

Список использованных источников:

1. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов и кораблей. М.: Машиностроение, 1977. 468 с.

2. Колесников К.С. Жидкостная ракета как объект регулирования. М.: Машиностроение, 1969. 298 с.
3. Алексеев Л.И. Исследование влияния подвижности жидкости на движение и управляемость баллистических ракет. Дисс. канд. техн. наук, Москва, ОКБ № 1, 1960.
4. Абгарян К.А., Рапопорт И.М. Динамика ракет. М.: Машиностроение, 1969. 377 с.

Математическая модель задачи прокладки маршрута группы колёсных роботов методом потенциалов на недетерминированной местности и её решение

Смирнов И.А., Коротков А.Д., Волков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Яковенко Н.Г.

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

Формулировка задачи: описать математическую модель построения маршрута для группы из трех колесных роботов с учетом их массово-габаритных характеристик из точки А в точку Б по местности, включающей в себя распределенные проходимые и непроходимые препятствия, точечные непроходимые препятствия и проходимые и непроходимые препятствия сложной формы. Отметим, что в ходе решения задачи могут добавляться новые и изменять свое местонахождение уже нанесенные на карту препятствия.

Метод потенциалов заключается в описании карты местности и подвижных объектов на ней с помощью точечных зарядов разного потенциала.

Распределенные препятствия — обширные местности, характеризующиеся своей проходимостью и нет, например, водоем или болото для описываемых колесных роботов будут являться распределенными непроходимыми препятствиями, а луг с высокой травой — проходимым распределенным препятствием.

Непроходимыми точечными препятствиями будем называть препятствиями размерами меньше размера колесного робота, через которые невозможно пройти, например, валун или столб.

Препятствия сложной формы — проходимые или непроходимые области, задания которых в виду сложного контура будем задавать полигонами. Примером препятствий сложной формы может служить возвышенность с несколькими вершинами. В таком случае, части склона, с углом наклона меньше расчетного считаются проходимыми, а с углом больше расчетного — нет.

Моделирование робота с учетом его размеров производится набором точечных потенциалов, закладываемых в точки на корпусе, расстояния между которыми характеризуют его габариты. Например, расстояние между двумя точечными потенциалами, заложенными в правое и левое переднее колесо соответственно, соответствует ширине колесного робота. Помимо этого, заложим в геометрический центр колесной базы робота точку, не имеющую потенциала, именно от этой точки будет строиться вектор желаемого направления.

Точечное препятствие моделируется отрицательно заряженной точкой на плоскости карты, причем величина потенциала этой точки по показательному закону обратно пропорциональна расстоянию до этой точки.

Распределенное препятствие представляет собой сетку точечных препятствий с условием, что области отталкивания точечных препятствий должны на половину перекрывать друг друга.

Модель препятствия сложной формы представляет собой полигон, построенный по точкам в его углах. Также вводится некая точка внутри полигона, относительно которой полигон делится на сектора, в каждом из которых отталкивающий потенциал имеет свою величину и направлен от точки, построенной внутри полигона. Такая форма моделирования позволяет задавать обратно выпуклые препятствия таким образом, чтоб не происходило коллизий при прохождении подвижных точек, имеющих потенциал, в непосредственной близости от препятствия.

Алгоритм построения маршрута заключается в итерационной обработке влияний препятствий на заряженные точки, которые моделирует колесного робота, с последующим определением вектором желаемого направления. Отметим, что система управления колесами и рулевой редкой представляет собой «черный ящик», на вход которого поступает вектор желаемого направления и вектора равнодействующих сил для каждой «габаритной точки», а на выходе получается угловое и поступательное перемещение робота.

Ретрорефлекторные системы для космических комплексов

Фокина А.А.

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

АО «НПК «СПП», Москва

Целью работы является рассмотрение характеристик ретрорефлекторных систем для геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС, а также их возможных технологических решений. Назначением ретрорефлекторных систем является отражение лазерного излучения наземной квантово-оптической станции (КОС) в направлении фотоприемника КОС. В результате обработки результатов измерительных данных спутниковой дальнометрии решаются задачи по определению координат центра масс космических аппаратов, уточнения геоцентрических систем координат КОС и другие задачи спутниковой геодезии [1].

В первой части доклада рассмотрены пассивные спутники-цели для высокоточной лазерной дальнометрии, которые в большинстве представляют собой ретрорефлекторные сферические конструкции из металла, на поверхности которых установлены множество угловых отражателей (оптические трипель-призмы) [2]. Примером такого спутника может служить созданный в АО «НПК «СПП» и выведенный на орбиту в 2001 г. спутник «Ларец». За последние 40 лет для решения ряда фундаментальных и прикладных научных задач были созданы и выведены на орбиты более десяти спутников такого типа, например, «ЭТАЛОН-1», «ЭТАЛОН-2».

Во второй части доклада рассмотрен макет ретрорефлекторной панели из угловых отражателей для разрабатываемого в настоящее время высокоорбитального космического аппарата ГЛОНАСС (высота орбиты КА около 36000 км). Установка таких ретрорефлекторных панелей на спутники ГЛОНАСС позволяет решить задачу уточнения координат КА [3]. Данная задача не является тривиальной, так как по сравнению с основными ретрорефлекторными системами КА «Глонасс», расположенными на орбите, высота которой составляет 19000 км, необходимо повысить энергетику системы в 16 раз при ограничениях массы. Такие особенности конструкции, как небольшой размер угловых отражателей и их размещение, обеспечивают необходимые энергетические и точностные характеристики ретрорефлекторной панели для отражения света и регистрации сигнала фотоприемником КОС с учетом скоростной аберрации света.

Список использованных источников:

1. М.В. Барышников, М.В. Садовников, В.Д. Шаргородский — Лазерная спутниковая дальнометрия: новый этап развития // Электромагнитные волны и электронные системы. — 2014. — №8. — С. 11-17.
2. А.С. Акентьев, В.Д. Ненадович, А.Л. Соколов — Космические ретрорефлекторные системы // Светотехника. — 2017. — №4. — С. 19-23.
3. А.С. Акентьев, В.Д. Ненадович, М.А. Садовников, А.Л. Соколов, В.Д. Шаргородский — Анализ точностных и энергетических характеристик кольцевой ретрорефлекторной системы // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2018. — №2. — С. 37-44.

Алгоритмическое обеспечение оптико-электронной межсамолётной системы навигации

Чернышов М.А., Титов Д.Е.

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

ВУНЦ ВВС «ВВА», Москва

Неоспоримым фактом является то, что на сегодняшний день тактика группового применения БпЛА строим в различных видах и форматах строя вызывает к себе все больший интерес и способствует бурному развитию методов применения, а также прогрессу в сфере технических средств обеспечивающих данный режим полета. Ключевым средством, позволяющим реализовать данную идею является система межсамолетной навигации, от выбора которой во многом будет зависеть эффективность действий БпЛА при выполнении поставленных задач. Поэтому в ходе анализа существующих систем межсамолетной навигации и оценки их результативности в различных условиях и обстановке, рассмотрев все достоинства и недостатки, был предложен способ использования оптико-электронной-системы межсамолетной навигации.

Основным ее достоинством, особенно в сравнении с радиотехническими аналогами, является полная нечувствительность к средствам радиоэлектронной борьбы, что особенно актуально в современных военных конфликтах, учитывая высокие темпы развития этих средств. Также стоит отметить еще немаловажным достоинством высокая точность определения относительных координат, которая позволяет предупреждать столкновения между БпЛА, обеспечивать полет в различных конфигурациях строя, особенно, в сомкнутом, а также изменять их положение в зависимости от сложившейся ситуации. При всех перечисленных достоинствах оптико-электронной системы существует еще одна особенность. Работа в сложных метеорологических условиях может вызвать затруднения в работе системы, плохой видимостью из-за густого тумана, дождя, обильного снега. Решение данной проблемы, связано с выбором диапазона излучения, в котором работает система, с наилучшим окном прозрачности и работой в импульсном режиме.

Вычисление относительных координат выполняется по следующему алгоритму:

1. Обработка изображений ведомого БпЛА и определение координат изображений навигационных ИК-меток на фоточувствительной матрице цифровой фотокамеры ведомого БпЛА.

2. Вычисление координат ведомого относительно ведущего.

3. Вычисление отклонения текущих относительных координат от заданных.

Данный алгоритм реализован в программном обеспечении вычислителя Jetson с помощью следующих средств разработки:

1. Язык программирования C++.

2. Среда разработки CLion.

3. Система сборки Cmake.

4. Система контроля версий git.

5. Язык программирования TypeScript.

Общая структура программы, включает два основных модуля:

1. Модуль вычисления относительных координат ведомого БпЛА.

2. Модуль графического интерфейса оператора.

Рассмотрев все особенности использования оптико-электронной системы межсамолетной навигации, можно сделать следующий вывод: существенное повышение точности межсамолетной навигации, возможности предоставляемые для группового полета строя БпЛА, а также полная нечувствительность к средствам радиоэлектронной борьбы позиционируют данную систему как оптимальный выбор для решения данной задачи.

Список использованных источников:

1. Верба В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА. Монография. М.: Радиотехника, 2016. 512 с.

2. Молчалов А.С. Иконические системы воздушной разведки. Основы построения, оценка качества и их применение в комплексах с БЛА / Молчалов А.С., Абрамов Д.В. Волгоград: Панорама, 2017. С. 45-62.

3. Пат. 2626017 Российская Федерация, МПК51 G 01S 13/46. Способ навигации подвижного объекта [Текст] / Кудавев А.Н., Косенко А.А., Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Озеров Е.В., Лопаткин Д.В. (РФ); заявители и патентообладатели ВУНЦ ВВС «ВВА». №2016130484; заявл. 25.07.16 7 с.: ил.

Использование системы искусственного интеллекта для обеспечения безопасности взлёта и посадки в предгрозовой обстановке

Шабунина Е.В., Маркова Е.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Фаворский К.Г.

МАИ, Москва

Попадание молний в самолёты гражданской авиации может привести к трагедиям — гибели людей и поломке самолёта — или к материальным потерям, связанным с ремонтными работами или перестройкой оборудования ЛА. Молния попадает в самолёт каждые 2000-3000 часов полёта [1], наиболее часто молнии попадают во время взлёта и посадки самолёта. Для обеспечения безопасности и с целью исключения материальных потерь от ремонта при попадании молний в ЛА предлагается создать систему определения напряжённости электрического поля на участке полёта в ближайших окрестностях аэродрома с помощью измерителей напряжённости электрического поля, установленных на поверхности земли. В работе [1] для этой цели предложено оборудовать окрестности аэродрома датчиками электрической напряжённости, установленными на земле. В предлагаемой нами работе задачу определения напряжённости в воздушном пространстве по данным датчиков напряжённости на земле должна решать система искусственного интеллекта (ИИ). Основой системы ИИ является создание баз данных и баз знаний [2], без которых система не может дать экспертных заключений об опасности попадания молнии в ЛА.

Базы данных могут быть построены на основе экспериментальных и аналитических исследований. В работе [1] показано, что аналитические исследования ввиду сложности вычислительных процедур и отсутствия возможности разделения реакций измерителя напряжённости электрического поля (ИНЭП) от разных зарядов, находящихся в атмосфере, не могут дать аналитической зависимости для определения напряжённости в воздухе. В работе предложена методика определения напряжённости, базирующаяся на вероятностном подходе расположения зарядов в атмосфере. Экспериментальный подход строится на возможности расположения датчиков ИНЭП, установленных на поверхности земли и в воздушном пространстве (при отсутствии полетов ЛА) на основе аналитического и экспериментального подхода формируется база данных системы ИИ. Система ИИ по измеренным показаниям датчиков, установленных на поверхности земли, должна сделать экспертное заключение о возможности попадания молнии в ЛА и обосновать решение об отмене полётов.

Список использованных источников:

1. Фаворский К.Г., Фаворский Е.К., Савенко Е. Ю. Возможности исследования электрической напряжённости в воздушном пространстве полётов летательных аппаратов. Известия ТулГУ серия технические науки №12 2021 г.

2. Лебедев Г.Н. Интеллектуальные системы управления и их обучение с помощью методов оптимизации. Москва. Издательство МАИ 2002 г.

Обоснование выбора мотор-колёс для создания автоматизированного робота-платформера с высокой проходимостью

Юманов А.К., Барциц А.А., Бобров Д.А.

Научный руководитель — Горбовский Д.И.

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

Создание автоматизированного робота-платформера высокой проходимости включает в себя задачу создания ходовой части с необходимыми параметрами и выбора системы управления ходовой частью. Существующие системы управления классическими видами ходовых частей довольно сложны, а сами ходовые части сложны в техническом исполнении. Решить данную проблему помогают электроприводы, такие как мотор-колеса (Далее МК).

Мотор-колесо было изобретено в конце XIX века, а его преимущества и недостатки описаны в патенте Чарльза-Терикома в 1896 году [3].

В сущности, по своему устройству мотор-колесо представляет собой колесо с интегрированным бесколлекторным электродвигателем и системой торможения [1]. Существует два вида мотор-колес: МК прямого привода и редукторные МК. Несмотря на одинаковый принцип действия эти два типа МК сильно отличаются по своим характеристикам, главной из которых для нас является проходимость.

Данная работа заключается в знакомстве с устройством МК, обзоре их преимуществ и недостатков и обосновании их применения для создания роботов-платформеров высокой проходимости.

Принцип работы МК состоит в создании крутящего момента за счет возникновения вращающегося магнитного поля в зафиксированном статоре, который взаимодействует с постоянными магнитами. Статор напоминает своим видом многолучевую звездочку с обмоткой, а изготавливается из электротехнической стали. В момент подачи электрического импульса на обмотки статора становятся магнитами, которые взаимодействуют с постоянными магнитами на роторе. Момент активации магнитов в статоре происходит за счет датчиков Холла, которые определяют относительно положение ротора и статора. В результате регистрации магнитного поля датчики создают сигнал, попадающий на контроллер. По этому сигналу контроллер подает импульсы на обмотку. За данный цикл происходит один оборот ротора[2]. Различия в устройстве редукторного МК и МК прямого привода состоит в следующем: для МК прямого привода ротором является ось колеса с обмотками, а статором — втулка колеса с постоянными магнитами. Такая схема по своему существу является классическим трехфазным двигателем переменного тока. В свою очередь у редукторного МК передаточная система является планетарной, что сильно влияет на его компоновку.

Редукторные МК обладают следующими преимуществами: Высокие тяговые характеристики, малые габаритные размеры, высокая надежность, низкое энергопотребление, отсутствие сопротивления движению при выключенном двигателе, легкое и быстрое техническое обслуживание, низкий уровень шума и дешевизна. Для редукторных МК характерна низкая скорость передвижения по прямой траектории, сравнительно с МК прямого привода [4].

МК прямого привода обладают высокой скоростью передвижения по прямой траектории и сравнительно с редукторными МК намного долговечнее при длительном использовании. Однако для достижения необходимых параметров проходимости требуемая мощность МК прямого привода требуют значительной мощности. Так же габариты МК прямого типа в силу конструктивных особенностей намного больше, в сравнении для редукторных МК.

В сравнении с другими типами приводов мотор колеса смотрятся намного выгоднее за счет их дешевизны, простоты эксплуатации и технического обслуживания и простоты управления.

Для обеспечения высокой проходимости в моделях роботов-платформеров целесообразно использовать редукторные мотор-колеса ввиду их малых габаритных размеров, высоких тяговых характеристик, энергоэффективности и простоты управления.

Список использованных источников:

1. Ишлинский А.Ю. Политехнический словарь — 3-е издание, переработанное и дополненное // М.: Советская энциклопедия, 1989, 317 с.
2. Кудишин И.В. «Энциклопедия техника» // М.: Росмэн., 2011, 120 с.
3. История изобретения мотор-колеса [Электронный ресурс]- URL: <https://electropowerbikes.com/istoriya-izobreteniya-motor-kolesa/> (дата обращения 20.02.2022)
4. Редукторные мотор-колеса [Электронный ресурс]- URL: <https://www.electra.com.ua/otovarah/reduktornye-motor-kolesa.html> (дата обращения 20.02.2022)

Цифровой двойник на Unity

Юсупов Т.М.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

Системы мониторинга и управления роботизированных систем являются неотъемлемой части современного производства. Цифровой двойник виртуальный аналог реального объекта, его компьютерная модель, которая в своих ключевых характеристиках дублирует его и способна воспроизводить его состояния при разных условиях.

Данный проект ставит целью создание цифрового двойника для 4-х колёсной мобильной подвижной платформы, способной свободно передвигаться в любом направлении без поворота корпуса. Программа должна синхронизировать свою цифровую копию с физическим воплощением робота. Кроме того, в него должна быть вложена функция гибкого управления по сети со способностью самостоятельного восстановления в случае потери связи в устройством.

Программное воплощение опирается на игровой движок Unity, гибкую и масштабируемую среду, позволяющую с минимальными усилиями создать 3D-среду цифрового двойника.

Основные проблемы проекта, которые требуется решить:

1. Установление стабильного соединения с роботом с помощью BLE
2. Обработка встроенных сетевых исключений
3. Создание пресетов управления и положения
4. Синхронизация цифровой копии с физическим воплощением
5. Пост-рендер обработка

В ходе данного проекта был создан цифровой двойник, обеспечивающий дистанционное, самовосстанавливающееся управление платформой. Система копирует положение отдельных частей робота в реальном времени. Выработана система пресетов положения и движения колёс, позволяющая за минимальный срок скомбинировать любой маршрут или перестроить систему управления.

Секция №3.2 Вычислительные системы, сети и информационные технологии

Исследование и анализ методик и алгоритмов оптимальной укладки объектов на двумерной плоскости

Аникеев Е.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Для достижения оптимальной укладки объектов на двумерной плоскости первостепенной задачей является поиск и проработка оптимального алгоритма укладки. Так как задача оптимальной укладки относится в классу NP-полных задач, из чего следует, что наиболее точное решение задачи сводится к полному перебору всех возможных вариантов, что недопустимо в производстве из-за большого количества ресурсов, потребляемых при таком подходе. Поэтому существуют алгоритмы, позволяющие оптимизировать укладку, не затрачивая при этом недопустимое количество ресурсов и вычислительных мощностей.

Основная задача состоит в том, чтобы наиболее плотно расположить детали для вырезки на ограниченном в ширину полотне материала. Критерием оптимальности алгоритма, реализующего раскладку, будет служить остающееся свободное место на полотне. Другими словами, детали должны располагаться на полотне наиболее плотно, оставляя как можно меньше свободного пространства на полотне, а соответственно и неиспользованного материала.

При исследовании и анализе существующих алгоритмов важно понимать, что не существует единственно верного решения. Кроме того, разные алгоритмы помогают достичь наибольшей эффективности с деталями разной формы. Другими словами, для определенного набора деталей будут лучше подходить одни алгоритмы, для другого набора — другие.

В ходе работы было проведено исследование существующих алгоритмов и их анализ. В докладе приводятся достоинства и недостатки изученных алгоритмов. Также была произведена оценка эффективности рассмотренных алгоритмов, что позволило сделать выбор в пользу одного из них. Далее в ходе работы над выбранным алгоритмом планируется его модификация, улучшение и оптимизация под конкретные наборы деталей.

Разработка защищенного депозитария «Голосовая почта»

Башлыкова М.Н.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

С развитием сети Интернет все больше пользователей стали использовать различные приложения, как средства коммуникации и обмена информацией. Однако наряду с развитием и распространением сервисов для сбора, обработки и передачи информации, растет и вероятность нарушения безопасности, и, вследствие взлома или перехвата, может быть поставлена под угрозу целостность информации или может произойти кража или утечка данных, в том числе и содержащих информацию конфиденциального характера. Так, согласно отчету компании Positive Technologies [1], количество кибератак во II квартале 2021 года в сравнении с аналогичным периодом 2020 года увеличилось на 17%. Целенаправленными были 77% атак. Инциденты с частными лицами составили 12% от числа всех случаев кибератак.

Для возможности защиты данных, передаваемых и хранимых пользователем, разрабатывается модель специализированного защищенного депозитария (хранилища) для хранения клиентских данных, с возможностью проведения аутентификации пользователя хранилища не только стандартным способом по логину и паролю, но и с помощью токена, генерируемого системой и хранимого пользователем на съемном носителе. Токен

используется для аутентификации его владельца, обеспечивая возможность двухфакторной аутентификации, когда у пользователя запрашиваются аутентификационные данные двух разных типов, что обеспечивает двухслойную, а значит, более эффективную защиту от несанкционированного проникновения. Так по статистике от Microsoft многофакторная аутентификация позволяет блокировать 99,9% автоматизированных атак, причем речь идет не только об учетных записях Microsoft, но и любых других профилях, на любых веб-сайтах или онлайн-сервисах [2]. Также депозитарий будет являться стороной, которая может документально подтвердить факт принадлежности пользователю токена при возникающих спорах о владении. Для обеспечения дополнительной защиты депозитарий должен быть заблокирован от сетевого доступа, подобно хранилищу ценных бумаг, все взаимодействия с хранилищем должны осуществляться индивидуально, для этого необходимо реализовать перечень хранимых процедур, которые пользователь будет вызывать через консоль. При попытке взаимодействия пользователя с хранилищем, в обязательном параметре для хранимой процедуры необходимо указать значение токена для возможности дополнительной аутентификации пользователя, в случае передачи неверного значения токена выполнение процедуры будет остановлено.

В следствие разработки необходимо решить следующие задачи:

- Проектирование структуры хранилища данных;
- Регистрация новых пользователей;
- Организация процесса сбора и хранения пользовательских данных;
- Возможность двухфакторной аутентификации пользователя с помощью токена;
- Реализация хранимых процедур для возможности пользователя удаленно через консоль подключаться к хранилищу и взаимодействовать с депозитарием посредством функционала процедур.

Объектом данного исследования является обеспечение учета и контроля факта владения защищенным программным продуктом для передачи голосовой (звуковой) информации (Голосовая почта) в специализированной базе данных, а предметом является разработка депозитария «Голосовая почта» с возможностью сохранять и верифицировать информацию о пользовательском устройстве.

Список использованных источников:

1. Positive Technologies, Актуальные киберугрозы: II квартал 2021 года [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2021-q2/>
2. Microsoft, Microsoft: Двухфакторная аутентификация защищает от 99,9% взлома [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://xakep.ru/2019/08/28/microsoft-mfa/>

Семантический анализ команд интеллектуальному роботу

Беляшкин А.С.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Фомичев В.А.

МАИ, Москва

Проблема алгоритмизации взаимодействия на естественном языке (ЕЯ) с интеллектуальным роботом относится к числу тех научно-технических проблем, благодаря которым в последнее десятилетие значительно увеличилось внимание исследователей к проблеме автоматического извлечения компьютерной системой смысла из текста на ЕЯ.

Алгоритмами семантического парсинга (АСП) называют алгоритмы, преобразующие входной текст на естественном языке (ЕЯ-текст) в формальное структурированное представление смысла. Рассмотрим структуру и центральные идеи метода анализа текстов, лежавшего в основе разработанного В. А. Фомичевым мультилингвистического алгоритма семантического парсинга SemSynt1.

В работе предложен алгоритм семантического парсинга (анализа) предписаний, вопросов и сообщений SemSynt1rob. Он является композицией оригинальных алгоритмов BuildMatr1rob и BuildSem1rob. Отправной точкой для разработки послужил алгоритм

семантического пасинга SemSynt1 предложенный В.А. Фомичева в монографии, опубликованной в издательстве Шпрингер в 2010 г. Алгоритм BuildMatr1rob строит две системы одномерных и двумерных массивов, называемые соответственно семантическим остовом и семантической кроной входного ЕЯ-текста. Семантический остов входного текста является строково-числовой матрицей, в которой отражена информация только о семантических отношениях между глаголами из входного текста и зависимыми существительными и/или конструктами, зависящими от глагола во входном тексте.

Семантическая крона представляет собою набор из нескольких одномерных массивов, отражающих семантику прилагательных, чисел и количественных числительных, расположенных в тексте слева от глагола.

Алгоритм BuildSem1rob использует в качестве основных входных данных семантический остов и семантическую крону входного ЕЯ-текста. Его выходом является К-представление (КП) входного текста.

Алгоритм SemSynt1rob, являющийся композицией разработанных алгоритмов BuildMatr1rob и BuildSem1rob, реализован в программной среде PYTHON.

Пример. Пусть K1 — команда интеллектуальному транспортно-погрузочному роботу «Подтащи двухметровую металлическую балку к зеленому самосвалу». Тогда алгоритм SemSynt1rob преобразует команду K1 в КП вида.

Команда (#Оператор#, #Робот#, #сейчас#, перемещение1 * (Объект1, нек балка1 * (Материал, нек металл: x1)(Длина, 2/м): x2) (Место2, нек самосвал1 * (Цвет, зелен); x3))

Подходы к портации среды исполнения IEC 61499 на Kaspersky OS

Богомолов В.И.

Научный руководитель — Максимов А.Н.

МАИ, Москва

В настоящий момент в промышленности активно внедряется высокотехнологичная стратегия развития, называемая индустрией 4.0, которая предполагает активное внедрение информационных технологий в промышленное производство, а также масштабную автоматизацию бизнес процессов и использование систем искусственного интеллекта. Перспективным подходом к построению гибких систем управления для роботизированных систем, разрабатываемых для индустрии 4.0, является использование языков программирования стандарта IEC 61499.

IEC 61499 — это международный открытый стандарт распределенных систем управления и автоматизации, применяемый при построении гибких систем управления. Данный стандарт предполагает разработку алгоритмов управления в виде связанного графа функциональных блоков, реализующих алгоритм управления.

Существуют как проприетарные, так и открытые реализации среды исполнения IEC 61499. Среди реализаций среды исполнения IEC 61499 с открытым исходным кодом, одной из наиболее функциональных является среда Eclipse 4diac forte, а разработка алгоритма управления для этой среды производится в интегрированной среде разработки Eclipse 4diac IDE.

На сегодняшний день существует большая потребность в разработке защищенной реализации для среды исполнения IEC 61499. Представляется перспективным реализовать киберимунную систему управления путем портирования среды исполнения 4diac forte в операционную систему KasperskyOS.

KasperskyOS — это проприетарная, частично POSIX-совместимая микроядерная операционная система, разработку которой ведет компания «Лаборатория Касперского» с целью создания защищенной операционной системы, предназначенной для критически важных промышленных систем.

Доклад рассматривает вопросы портации среды исполнения 4diac forte на защищенную операционную систему KasperskyOS, в частности рассматривает вопросы реализации слоя портации, а так же проблемы, которые возникают в процессе адаптации Eclipse 4diac forte к работе в составе KasperskyOS.

Результатом работы является рассмотрение особенностей и сложностей процесса портиции среды исполнения 4diac forte на защищенную операционную систему KasperskyOS.

Список использованных источников:

1. Zoitl, A., Strasser, T., editors. Distributed control applications: guidelines, design patterns, and application examples with the IEC 61499. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group; 2016. ISBN 978-1-4822-5905-6.

2. KasperskyOS Community Edition 1.0. URL: <https://support.kaspersky.com/help/KCE/1.0/ru-RU/KasperskyOS-CE.pdf> (дата обращения: 05.03.2022).

Разработка универсальной гибридной системы интеллектуальной обработки данных на основе методов интеллектуального анализа данных с помощью нейросетей различных типов

Бубнов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Аверкин А.Н.

МАИ, Москва

Принцип работы нейронных сетей и моделей глубокого обучения включают в себя скрытые слои, это означает, что между данными на входе и результатом на выходе, есть несколько этапов математической обработки и принятия решений, так они демонстрируют большую эффективность, чем базовые алгоритмы машинного обучения. Внедрение подобных моделей в сферах с высоким уровнем ответственности за принятие решений, привело к созданию концепции Объяснимого искусственного интеллекта. В рамках этой концепции исследуются методы анализа и дополнение моделей искусственного интеллекта, которые позволят сделать логику работы, а также выходные данные алгоритмов более прозрачными и понятными для человека.

Ожидается, что объяснимый искусственный интеллект будет включать в себя три критерия: разложимость, алгоритмическую прозрачность и симулируемость.

Так разложимость предоставит возможность объяснить каждую из частей модели (входные и выходные данные, а также параметры), но громоздкие функции не соответствуют данному критерию.

Следующий критерий, алгоритмическая прозрачность представляет собой возможность пользователя понять процесс, по которому работает модель искусственного интеллекта, что в свою очередь позволит сделать любой заданный вывод из ее входных данных. Так, например линейная модель искусственного интеллекта считается прозрачной, так как ее поверхность ошибок объяснима и может быть рассмотрена, это предоставляет пользователю достаточно информации о модели, как она поведет себя в той или иной ситуации, которая может произойти. В свою очередь в глубоких архитектурах искусственного интеллекта это не так, из-за того, что поверхность ошибок часто бывает непрозрачной или ее нельзя полностью наблюдать, следовательно, решение модели нужно аппроксимировать с помощью оптимизации, такой как стохастический градиентный спуск или других.

Последний критерий, симулируемость определяет возможность пользователя проанализировать модель; сложность модели это одно из важных условий симулируемости. Так простые, но со слишком большим количеством правил системы, основанные на правилах не соответствуют этой характеристике, тогда как одиночная нейронная сеть попадает в нее.

Когнитивные карты позволяют решать задачи, в которых необходимо нахождение и оценивание влияния факторов ситуации, и получение влияний прогнозов развития ситуации. Нечеткая когнитивная карта — это орграф, вершины в котором — это концепты или ключевые факторы развития ситуации, а дуги — причинно-следственные связи между ними.

Полагаясь на теоретически исследования и компьютерное моделирование, которое было выполнено в 2019, можно ответственно сказать, что нечеткие нейро-сетевые модели представляют из себя полезный инструмент для оптимизации и планирования режимов

радиационного и гипертермического воздействия на опухолевые клетки. С другой стороны при увеличении объема экспериментальных данных для их обработки требуются более мощные сети глубокого обучения. Поэтому на их основе был разработан проект методики обработки экспериментальных данных на основе гибридных нейро-нечетких сетей и сетей глубокого обучения для больших массивов данных.

Результатом работы станет гибридная модель прогнозирования временных рядов на основе нейро-нечетких сетей и когнитивного моделирования.

Возможности использования беспилотных транспортных средств

Дорофеева Л.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Садковская Н.Е.

МАИ, Москва

В период цифровой трансформации, Интернет-торговли у людей возникает необходимость в эффективной организации грузовых потоков в глобальном, национальном и региональном масштабах. Сейчас происходят большие изменения в бизнес-моделях, затрагивающие производство товаров, поэтому необходимо преобразовывать и сферу транспортировки. Необходимо учитывать, что требования к гибкости, скорости и безопасности доставки товаров до потребителей повышаются с каждым годом.

При этом наиболее распространенными являются перевозки с использованием автомобилей. Особенно востребовано в сфере грузоперевозок. Так, уже сейчас можно выделить две основные тенденции в данном направлении: разработка беспилотных автомобилей и массовое распространение электромобилей.

Беспилотные автотранспортные средства (БАС) разрабатываются для легковых автомобилей, грузового транспорта, сельскохозяйственных машин и автомобильной техники военного назначения. Ведущими странами, занимающимися разработкой таких средств, являются США, Германия, Япония, Великобритания. Например, беспилотный грузовик TuSimple провел первый в мире рейс без присутствия человека в кабине транспорта. До этого данная компания совершала уже длительные поездки, но для страховки присутствовал человек в машине.

Хотя важной особенностью является то, что данный вид транспорта начинал разрабатываться для военных и оборонных заказов государств. Сейчас же беспилотники применяются в различных отраслях, в том числе и в логистике.

Беспилотный автомобиль — транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека. То есть самая важная особенность — водителю не нужно постоянно следить за дорогой, а при развитии этой технологии в будущем человеку даже не надо будет находиться в транспорте. Однако несмотря на то что данное определение подтверждает наличие водителя в беспилотном автомобиле, в реальности это не является необходимостью. Так как уже существующие автономные технологии могут выполнять все необходимые функции для безопасного перемещения транспортного средства из одного пункта в другой без присутствия водителя. По этой причине выделим ключевыми преимуществами использования беспилотных автомобилей:

1. Высокий уровень безопасности. Если смотреть по статистике примерно 90% аварий на дорогах происходят по вине водителя. Условия вождения могут постоянно изменяться (погода/помехи на дороге/животные и т.д.), водителю сложнее следить за всеми этими факторами, с данной проблемой быстрее справляются беспилотные транспортные средства, при этом более эффективнее и быстрее. Происходит обучение самого «автомобилья», используя машинное обучение при помощи технологий искусственного интеллекта (ИИ).

2. Низкий уровень воздействия на окружающую среду, т.е. уменьшается количества выхлопов, которые загрязняют природу.

3. Работа, связанная с логистикой и перевозкой грузов становится намного эффективнее и качественнее. Время доставки товаров увеличивается, так как можно производить перевозки грузов без перебоев.

4. Понижение финансовых расходов за счет более низкого потребления топлива и экономии на заработной плате водителей.

5. Неподверженность влиянию человеческого фактора (например, перерыв на сон, болезни и т.д.).

Среди существенных недостатков выделяются следующие:

1. Вопросы законодательной формы. На сегодняшний момент в мире не разработаны юридические обязанности, при которых рассматривались бы ситуации если произойдет ДТП при участии беспилотного автомобиля.

2. Дороговизна данного вида транспорта. При этом растет популярность беспилотного транспорта в разных сферах жизни общества. Доход от использования беспилотников в 2017 году составил \$84 млн, при этом продали 343 единицы этого транспорта.

Из выше сказанного, можно сделать вывод, что беспилотный транспорт набирает популярность особенно в сфере логистики. Компании нацелены на развитие данной отрасли, с каждым годом видны новые открытия и реализации данной инновации в жизни людей. Но не еще не все вопросы решены, особенно сфера ответственности в случае сбоя работы, также вопрос безопасности, ведь цель данного вида транспорта перевозка грузов, а не людей.

Мониторинг состояния турбовентиляторных двигателей и профилактическое обслуживание

Дюсекеев А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Платонов Е.Н.

МАИ, Москва

Целью этого проекта является разработка и обсуждение методологий и алгоритмов для мониторинга состояния и проведения профилактического обслуживания двигателей самолетов на основе информации, собранной датчиками, установленными по всему двигателю. Для этой цели проанализирован большой объем данных по моделированию турбовентиляторного двигателя в различных условиях полета и ухудшения характеристик различных компонентов двигателя. Если моделирование будет достаточно точным, можно построить математические модели, которые позволят авиакомпаниям выявлять и изолировать деградацию двигателей своих парков путем анализа данных в процессе эксплуатации. Благодаря этому можно избежать ненужных остановок для ТОиР (техническое обслуживание, ремонт и капитальный ремонт), предотвратить повышенный расход топлива из-за износа некоторых компонентов или даже серьезные аварии.

Сравниваются два подхода: множественная полиномиальная регрессия и нейронные сети. Идея этого проекта заключается в следующем: на основании временных рядов измерений, выбранного набора бортовых датчиков реального парка ТРД, предлагаемые методы машинного обучения должны максимально точно оценивать эволюцию параметров различных компонентов турбореактивных двигателей. Для этого необходим большой набор обучающих данных с известным состоянием работоспособности для каждого компонента. В настоящее время можно найти некоторые модели газовых турбин, которые могут воспроизвести поведение турбовентиляторных двигателей с достаточно высоким уровнем точности в различных условиях полета и ухудшения характеристик. Для выполнения этого проекта мы не располагаем реальными данными по работе двигателя. Тестовые наборы были сгенерированы в NASA с помощью системы «Commercial Modular Aero-Propulsion System Simulation».

Чтобы оценить точность каждой модели, будет рассчитан коэффициент детерминации, также известный как значение «R-квадрат», между реальными значениями деградации и значениями деградации, полученными каждой моделью для тестового набора. Значение R-квадрата для обучающего набора также будет рассчитано, но только как дополнительная информация. Помимо общего значения R-квадрата для общего набора параметров деградации тестового набора. Коэффициент детерминации так же используется для сравнения разных подходов.

Для прогнозирования состояния работоспособности небольшого парка ТРДД использовались три разные модели машинного обучения: множественная полиномиальная регрессия со степенями 2 и 3 и нейронные сети. Модель множественной полиномиальной регрессии дала в среднем очень хорошие результаты. Напротив, модель машинного обучения давала результаты, которые можно было бы считать приемлемыми, но не столь хорошими по сравнению с моделями множественной полиномиальной регрессии. Точность с точки зрения минимального квадрата ошибки хуже в случае модели нейронной сети. Кроме того, эволюция временного сюжета выглядит более зашумленной. Время обработки также выше, что является еще одним недостатком этого подхода. Зависимости между различными компонентами и параметрами ТРД являются сильно нелинейными. Тем не менее, можно отслеживать и прогнозировать состояние компонентов с высокой точностью, используя для модели множественной полиномиальной регрессии степени 3 показания встроенных датчиков. Перед использованием модели на практике необходимо провести симуляцию тестируемого ТРДД (с такими инструментами, как C-MAPSS) и создать большой набор данных с различными комбинациями изношенных компонентов и уровня деградации.

Цифровизация бизнес-процессов в сфере информационных технологий

Евдокимова П.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Прохорова И.С.

РУТ (МИИТ), Москва

В стремительно меняющемся мире цифровизация процессов является одной из основных составляющих трансформационного развития бизнеса, как отдельных предприятий, так и отраслей. Оптимизация бизнес-процессов с применением цифровых технологий позволяет компаниям увеличивать свою производительность и выходить на новый уровень взаимодействия с клиентами и заказчиками.

Впервые термин цифровой трансформации был использован в конце 90-х годов XX века, в этот период в России появились первые мобильные телефоны. Сейчас же интернет вещей стал неотъемлемой частью многих сфер нашей жизни. Однако в России этот термин менее распространен в сравнении с остальным миром, основная причина в недостатке открытой информации и скептическом отношении населения к умным технологиям.

Согласно данным Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации в рамках национальной цели по цифровой трансформации в 2018 году была запущена национальная программа «Цифровой экономики». Программа направлена на повышение доступности новых цифровых сервисов для улучшения комфорта и качества жизни граждан, снижения издержек, развития бизнеса и формирования конкуренции. Бюджет программы составил 1 052 млрд рублей, срок реализации — до 31 декабря 2024 года. За реализацию программы несут ответственность такие федеральные органы исполнительной власти как, Министерство экономического развития, Министерство цифрового развития и центры компетенций (ПАО «Ростелеком», ПАО «Сбербанк», Инновационный Центр «Сколково», Агентство стратегических инициатив, государственная компания «Ростех» и др.). Уже утверждены планы мероприятий по следующим направлениям развития: информационная безопасность, информационная инфраструктура, нормативное регулирование, формирование исследовательских компетенций и технологических заделов. Реализация национальной программы «Цифровая экономика» позволит достичь перечисленных глобальных показателей: цифровая зрелость ключевых отраслей экономики и социальной сферы, повышение доступности массовых социально-значимых услуг в электронном виде до 95%, обеспеченность 97% домохозяйств возможностью широкополосного доступа к информационно-телекоммуникационной и интернет-сети, четырехкратное увеличение вложений в отечественные решения в IT-сфере.

Переходя с уровня государства на уровень конкретной компании рассмотрим основные условия цифровой трансформации. Первое и главное — утвержденная стратегия, именно она позволит предприятию двигаться в нужном направлении и непрерывно внедрять новые технологии и разработки. Второе немаловажное условие — мотивация команды,

ответственной за трансформацию. Третье условие — последующая адаптация персонала к обновленным бизнес-процессам (проведение тренингов, мастер-классов). Заключительное положение, являющееся основой цифровизации, это использование качественных технологий и особого инструментария.

Для более конкретного понимания разберем направления, в которых цифровизация может улучшить показатели ИТ-компаний. Из ключевых направлений следует выделить структурированность в работе с большими массивами данных, использование облачных технологий для одновременного подключения нескольких проектных групп, повышение скорости и гибкости в принятии решений, рост продуктивности членов команды с помощью автоматизации операций, создание персонализированных готовых решений и расширение географии для взаимодействия с клиентами посредством интерфейса API. Предприятия, которые нацелены стать лидерами своей отрасли, рано или поздно столкнутся с вызовами современного общества и экономики, а преодолеть им это поможет digital-трансформация.

Список использованных источников:

1. Цифровая трансформация бизнеса // URL: <https://www.terrasoft.ru/page/digital-transformation/> (дата обращения: 02.02.2022)
2. Цифровая экономика РФ // URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 03.02.2022)
3. Что такое цифровизация и какие сферы жизни она затронет // URL: <https://center2m.ru/digitalization-technologies/> (дата обращения: 04.02.2022)

Исследование применения программных продуктов класса Service Desk в авиационной сфере

Игнатенко С.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Любое успешно функционирующее предприятие рано или поздно сталкивается с необходимостью расширения производства. Появляется необходимость внедрять новые технологии, позволяющие эффективно обслуживать клиентов и выполнять растущие объемы работ. Справиться с этими задачами позволяет внедрение нового комплексного программного обеспечения.

Пример такого комплексного софта — система Service Desk. Задача этого программного обеспечения — прием и обработка обращений пользователей и работников организации. После развертывания и настройки эта платформа способна полностью обеспечить своевременную обработку всех заявок и качественное их выполнение. Благодаря этому она получила широкое распространение и активно используется ИТ-службами различных предприятий.

Service Desk успешно выполняет задачи по обеспечению взаимодействия клиентов и различных служб, помогает решать широкий спектр технических вопросов. При правильном использовании и организации работы платформа способна стать единым центром обработки всевозможных запросов и обращений.

Например, обращения, связанные с техническими неполадками (сбой работы сети или телефонии, выход из строя оборудования или необходимость обновления программного обеспечения) перенаправляются в ИТ-службу. Система способна ежедневно обслуживать сотни таких обращений, поступающих от клиентов, сотрудников, пользователей.

Прием заявок и обращений в системе Service Desk может осуществляться разными способами: по электронной почте, по телефону, через личный кабинет, различные мессенджеры, чат на сайте, при помощи мобильного приложения. Обслуживание производится по единым алгоритмам независимо от выбранного способа подачи заявки.

К основным функциям Service Desk относятся:

- Единый регламент обработки заявок и их выполнения (SLA). Он определяет, какое подразделение оказывает ту или иную услугу, устанавливает график работ, последовательность и сроки их выполнения.

- Маршрутизация обращений, определение критериев их распределения в ту или иную службу или к нужному специалисту.

- Гибкая и оперативная система оповещений, назначение которой — своевременно сообщать о внесенных в заявку изменениях.

- Система учета выполнения работ службами поддержки

- Аналитический центр, отслеживающий работу Service Desk, собирающий и обрабатывающий статистику и формирующий отчеты.

Основной задачей Service Desk является сбор аналитической информации о функционировании ИТ-подразделений. В каждом случае в соответствии с конкретными условиями формируется список основного функционала, необходимого для развертывания системы, устанавливаются ее характеристики и сроки ее внедрения.

Один из примеров внедрения платформы Service Desk — развертывание системы на предприятиях «Объединенной двигателестроительной корпорации» (ОДК). Корпорация занимается разработкой, производством и обслуживанием авиационных двигателей. Внедрение системы Service Desk позволило автоматизировать работу служб и существенно повысить эффективность работы.

Помимо этого, новая модель управления позволила проводить оптимизацию работы служб. Уже на первом этапе внедрения системы специалисты Naumen Service Desk, занимавшиеся развертыванием системы, провели широкий комплекс первоочередных работ, который включал в себя несколько этапов, от анализа процессов и разработки проекта до настройки системы и ее запуска. В ходе этих работ производилась автоматизация ключевых процессов функционирования системы: управления, оформления запросов, формирования баз данных, фиксации возникновения проблем, изменения конфигурации, формирования каталога услуг. Внедрение системы Naumen Service Desk на предприятиях и в организациях создает условия для формирования прозрачной среды управления службами ИТ, обеспечения сквозной отчетности, оптимизации рабочих процессов.

Опыт развертывания Service Desk на предприятиях ОДК является весьма ценным для других предприятий авиационной сферы. При этом следует отметить, что Service Desk — стопроцентно отечественное решение, что значительно упрощает внедрение системы и ее обслуживание.

Список использованных источников:

1. Статья Российского информационно-аналитического агентства АвиаПорт.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aviaport.ru/news/2019/06/13/594425.html> (дата обращения: 29.01.2022).

2. Статья «КОРУС Консалтинг» — российской ИТ-компании [Электронный ресурс]. – URL: <https://korusconsulting.ru/press-center/publications/> (дата обращения: 01.02.2022).

3. Статья журнала «Крылья Родины» [Электронный ресурс]. – URL: <http://kr-media.ru/news/dvigatellostroienie/odk-vnedrila-naumen-service-desk-i-tirazhirovala-sistemu-na-vse-predpriyatiya-korporatsii/> (дата обращения: 01.02.2022).

4. Статья «ИнфраМенеджер» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.inframanager.ru/where-to-begin/migration/> (дата обращения: 02.02.2022).

5. Статья ITSM [Электронный ресурс]. – URL: <https://itsm365.ru/blog/articles/vnedrenie-service-desk/> (дата обращения: 02.02.2022).

Программирование нейронных сетей для распознавания объектов на изображениях как применение технологии проектного обучения в рамках дисциплины «Системы искусственного интеллекта»

Казначевский В.С.

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

МАИ, Москва

В настоящее время всё больше деталей человеческой жизни подвергаются автоматизации. Раньше многие дела человек без проблем выполнял сам, но с появлением новых технологий рутинный и тяжелый труд всё более успешно заменяется абсолютно безопасным трудом машинным. Если в 20 веке человек придумал примитивный способ автоматизации — конвейер, то сегодня практически каждый конвейер автоматизирован с помощью различных манипуляторов и их программного обеспечения. Но, несмотря на «ударные» темпы, автоматизация начинает сбавлять в скорости — слишком много видов работ требуют настоящего «человеческого» мышления: умения собрать информацию, обучиться и принять правильное решение. Именно в погоне за обучаемостью и появилась такая отрасль мира IT как машинное обучение и как её частый представитель — нейронные сети.

Несомненный плюс технологии нейронных сетей — невероятное количество возможностей применения, самой общественно полезной из них я посчитал распознавание изображений, так как оно может сыграть огромную роль в следующих областях. В видеонаблюдении известные современные системы распознавания преступников работают на нейронных сетях. В медицине «техническое» мнение нейронной сети лишней раз подтверждает гипотезу врача, или в случае ошибки часто может её предотвратить. В автомобильной отрасли подстраховка водителя современной системой камер с распознаванием объектов становится стандартом автомобилестроения.

Если человек попытается узнать о незнакомой ему технологии нейронных сетей из сети Интернет — чаще всего его встретит сложный для понимания материал «от специалистов и для специалистов», и, как следствие, влиться в эту отрасль будет очень тяжело. Повышение внимания к нейронным сетям в процессе обучения студентов IT специальностей благоприятно скажется на такой важной и перспективной отрасли. Поэтому в данной работе решается актуальная задача программирования нейронных сетей для распознавания объектов на изображениях в рамках технологии проектного обучения для дисциплины «Системы искусственного обучения». Технология проектного обучения подразумевает разработку каждым учащимся проекта, имеющего реальную практическую направленность, а также оформление и представление итогов выполненного проекта.

В ходе проектирования реализовано программное обеспечение и подготовлено электронное учебное пособие на тему «Программирование нейронных сетей для распознавания объектов на изображениях». Исходные коды программного продукта являются открытыми для изучения и модификации. В качестве среды программирования использовалась PyCharm, язык программирования — Python, используемые библиотеки — Numpy, Tensorflow, Keras и другие.

Структурно учебное пособие состоит из следующих разделов.

1. Основные понятия и определения. Здесь описываются используемые определения, термины «нейронные сети», их назначение, виды, программные средства для моделирования.
2. Цель и задачи использования нейронных сетей. Для чего необходима технология нейронных сетей, её практические возможности и перспективы.
3. Структура нейронных сетей. В разделе описывается от простого к сложному начиная со структуры простого нейрона и его возможности, функции активации и методы обучения.
4. Модельный пример. Формируется простая нейросеть, активируется, обучается, запускается.
5. Полносвязные и свёрточные нейросети. Приводится описание видов нейросетей, их отличия, рекомендации по использованию для различных сфер применения.

6. Моделирование свёрточной нейронной сети для распознавания объектов на изображениях. Программирование на языке Python, описание карты признаков, фильтра и глубины изображения.

7. Тестирование, оформление и представление результатов проектирования.

Итак, в результате выполнения проекта нейросети для распознавания объектов на изображениях, учащимися будут получены не только общие теоретические выкладки по данной тематике, но и навыки практического применения, программирования в среде PyChart, обучения и тестирования нейросетей, оформления и представления результатов моделирования для своего портфолио.

Умная система мониторинга состояния здоровья человека и первичного диагностирования

Коновалова Е.Д.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Садковская Н.Е.

МАИ, Москва

Внедрение систем искусственного интеллекта (ИИ) в медицине является одной из важнейших современных тенденций в мировом здравоохранении. Технологии искусственного интеллекта коренным образом меняют глобальную систему здравоохранения, позволяя нам радикально перепроектировать систему медицинской диагностики, разрабатывать новые лекарства и в целом повышать качество медицинских услуг при одновременном снижении затрат на медицинские клиники.

Задача:

Создать «умную» систему мониторинга и управления состоянием здоровья человека, а также первичной диагностики отклонений на основе искусственного интеллекта (ИИ).

Использование:

- На уровне проектирования: прогнозирование отклонений и заболеваний, выявление групп пациентов с высоким риском заболеваний на основе собранной искусственным интеллектом (ИИ) статистики, первичная постановка диагноза и организация профилактических мер.

- На уровне производства: автоматизация и оптимизация процессов в больницах, автоматизация и повышение точности диагностики, уменьшение риска человеческого фактора в диагностике.

- На уровне продвижения: управление ценообразованием, снижение рисков для пациентов.

- На уровне предоставления обслуживания: адаптация терапии и состава лекарств для каждого отдельного пациента.

Реализация:

«Умная» система мониторинга здоровья человека и первичного диагностирования с дальнейшим предоставлением рекомендаций будет опираться на базу данных, собранную по каждому пациенту. Это позволит непрерывно обучать и совершенствовать искусственный интеллект (ИИ) данной умной системы.

После того как клиент сдает анализ крови, каждый параметр сравнивается с базой данных. Результаты анализируются с участием ИИ, который помогает поставить первичный диагноз и сформировать рекомендации. Система советует, к каким врачам стоит обратиться и как скорректировать образ жизни, предлагает индивидуальную программу питания и тренировок, а также разрабатывает персонализированные витаминные комплексы.

В качестве примера диагностики по биохимическим параметрам рассмотрим выявление анемии у женщин. На скрытую анемию может указывать, в частности, содержание ферритина в крови менее 30 мкг/л, а также пониженное количество эритроцитов, гемоглобин и другие показатели. При этом уровень железа не обязательно снижен. Чтобы точно подсчитать, какие значения связаны с анемией, а какие — нет, используется машинное обучение.

Если уровень ферритина низкий и у пациентки нет других отклонений в анализах, система рекомендует дополнительный прием микроэлементов. Если же понижены другие критические показатели, алгоритм посоветует обратиться к врачу.

Техническое зрение в современных роботах

Коротков А.Д., Смирнов И.А., Волков А.А.

Научный руководитель — Горбовский Д.И.

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

Системы Технического зрения (СТЗ) или просто техническое зрение — теория построения машин способных распознавать, идентифицировать, различать и классифицировать объекты.

Роботы — некоторое автоматическое устройство (вовсе не обязательно формы человека), способное совершать механические операции, тем самым упрощая жизнь человека.

СТЗ заточены на выполнение задач узкого и специализированного направления, таких как подсчет различных объектов на ленте конвейера, чтение штрих-кодов, серийных номеров или поиск различных наружных дефектов, разведыванию территорий (в военной промышленности).

Системы технического и компьютерного зрения обычно проектируются для выполнения повторяющихся задач, циклических. Также СТЗ используется в обработке медиа-данных (распознавание фото и видео, умные системы видеонаблюдения), AR системы (дополненной реальности) и обработка сигналов.

Компьютерное зрение напрямую связано с понятием «искусственный интеллект» (ИИ). ИИ или машинное обучение (Machine Learning, ML) — развивающееся направление в науке и программировании занимающееся созданием, обучением и использованием одноимённого объекта.

Выбор инструмента для разработки.

Самым распространённым в сфере Машинного Обучения является язык Python, у него есть обширная библиотека OpenCV. Библиотека состоит из 16 модулей. Реализованы около 1000 алгоритмов.

При работе с СТЗ важным объектом работы является камера. Через нее происходит распознавание, поэтому она должна быть откалибрована по распознаваемым объектам и должна иметь особое расположение, чтобы считываемые данные были полезны.

Одними из основных этапов распознавания, описания и поиска графических образов является классификация по цвету и контурный анализ. Пару слов о каждом методе.

Классификация по цвету:

У каждого объекта есть свои параметры, одним из которых является цвет. С помощью него можно отбирать из имеющихся на изображении образов нужные объекты. Цвет в изображениях кодируется по пиксельно. Для кодирования могут использоваться разные цветовые модели: RGB, HSV или иные цветовые пространства. Ближе к человеческому восприятию HSV.

Контурный анализ:

Каждый объект имеет некоторую форму, суть данного метода заключается в том, чтобы вычленив из всего изображения нужный объект по границам его контура и работать уже непосредственно с ним самим. Также этот метод несет с собой ряд преимуществ, например можно сравнивать контуры для определения принадлежности данного объекта к некоторой группе объектов, а также таким образом сужается область рассмотрения изображения, уменьшается шум.

Получение контура реализуется путём вычитания из картинка фона и последующим наложении маски по определённому цвету преобладающему с краев контура.

При работе над распознаванием необходимо преобразование систем координат робота и камеры. Эта манипуляция реализуется с помощью матриц, преобразованием к однородной матрице для выявления связи между системами отсчета. В матрице будут фигурировать параметры сдвига, масштабирования, поворота и преобразования перспективы.

Подводя итоги, можно сказать следующее:

Несмотря на значительный прогресс в этой области, никакая система технического или компьютерного зрения на данный момент еще не может соревноваться на равных с некоторыми возможностями человеческого зрения такими как неприспособленность к изменению освещения и ухудшению изображения, изменению частот и т.д. Эти факторы при

обучении нейросети несут за собой еще тонны выборки для обучения модели с учётом имеющихся условий.

Но СТЗ опережает нас в «хладнокровности» (отсутствия так называемого человеческого фактора) и в постоянности работы (Конвейеры могут работать 24 часа в сутки, чего не может человек), военные роботы могут позволить, не подвергая опасности жизнь людей, разведывать территории, искать бомбы, пути эвакуации и многое другое.

Список использованных источников:

1. Статья «10 методов машинного обучения, которые должен знать каждый ученый» <http://textovod.com/unique/link?url=https%3A%2F%2Fwww.machinelearningmastery.ru%2F10-machine-learning-methods-that-every-data-scientist-should-know-3cc96e0eeeee9%2F&key=4e5d147cd85279c1bb5a66de2832e031>

2. Статья «Компьютерное зрение — Computer vision — Wikipedia.» https://wikijaa.ru/wiki/Computer_vision

3. Статья «Техническое зрение» <https://www.mallenom.ru/company/publications/319/>

4. Лекция «Техническое зрение» <https://portal.edu.asu.ru/mod/page/view.php?id=75699>

Применение нейросетевых алгоритмов поиска и сопоставления особых точек для автоматизации процесса калибровки оптической стереопары

Липатов А.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Вишняков Б.В.

МАИ, Москва

В настоящее время существует много методов определения расстояний до объектов или препятствий. Методы измерения можно разделить на активные, которые основаны на таком оборудовании как лазер, радар, лидар и т.п., и пассивные, которые лишь получают информацию об объекте, до которого требуется измерить расстояние. Среди пассивных методов наиболее популярен метод, основанный на использовании стереоскопического зрения — «стерео-зрения». В основе данного метода лежит принцип использования двух камер, закрепленных на одной неподвижной плоскости, и построения трехмерного математического описания одной сцены, наблюдаемой с нескольких ракурсов [1]. Таким образом, данный метод является привлекательным для различных областей автоматического и автоматизированного управления.

Перед работой стереопара камер проходит так называемую процедуру «калибровки», в процессе которой задаются или определяются автоматически ряд ключевых параметров, такие как, например, расстояние между камерами, фокусные расстояния камер, опорные расстояния на сцене и др. Математическое описание трехмерной сцены по изображениям, полученным с двух камер стереопары, основано на поиске и сопоставлении одинаковых точек сцены на этих изображениях, благодаря чему становится возможно посчитать трехмерные координаты физической точки на сцене, которая является образом данных точек [2].

Целью работы было автоматизировать и упростить процесс калибровки, используя современные алгоритмы машинного зрения для поиска и сопоставления особых точек. Для решения данной задачи был спроектирован и собран стенд, состоящий из пары камер, закрепленных на одной плоскости. Для проведения процесса калибровки был использован нормализованный восьмиточечный алгоритм [2], в качестве входных параметров были использованы точки, полученные после работы глубоких нейронных сетей для поиска и сопоставления особых точек на паре кадров. Был проведен ряд экспериментов, которые показали высокую точность и скорость работы представленного алгоритма, что позволяет использовать данный алгоритм для решения реальных задач.

Список использованных источников:

1. J. Mrovlje and D.Vranci, “Distance measuring based on stereoscopic pictures”, 9th International PhD Workshop on Systems and Control: Young Generation Viewpoint, Izola, Slovenia, Oct.1- 3, 2008

2. Hartley, R and Zisserman A. Multiple View Geometry in computer vision. Second ed. Cambridge: Cambridge UP, 2000, 2003. 246, 279-92.

3D-биопринтинг, как инновационный метод в трансплантологии

Мазуркевич Р.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Садковская Н.Е.

МАИ, Москва

В реалиях современной жизни постоянно происходит развитие как науки, так и техники, что в свою очередь приводит к совершению новых открытий, которые призваны помогать человеку в современной жизни.

Такой инновационной разработкой является 3D-биопринтинг. Данная технология специально разрабатывалась, для применения в трансплантологии.

Благодаря 3D-биопринтингу будет возможно создания:

1. Искусственного создания человеческой кожи;
2. Искусственного создания мягких тканей;
3. Искусственного создания внутренних органов;
4. Искусственного создания костей;
5. Искусственного создания хрящей;
6. Искусственного создания кровеносных сосудов.

Принцип работы 3D-биопринтинга

Современные принтеры, которые являются неотъемлемой частью рабочей и повседневной жизни, работают в плоскостях двух измерений. Текст и графический рисунок печатаются на плоской поверхности (чаще всего это бумага), для этого используются ось x (горизонтальная) и ось y (вертикальная). В свою очередь, 3D-принтеры используют дополнительное измерение — ось z (глубину). Печать осуществляется головками принтера, они могут перемещаться по любой траектории, как вверх и вниз, влево, вправо, так и вперед, назад. При нанесении используются не обычные чернила, а полимеры, металл, керамика и тп. Печать производится в несколько слоев, для создания целого, объемного предмета.

Для изготовления 3D-модели, необходимо иметь цифровую модель, которая создана с использованием ПО для моделирования. После производства компьютерной модели она загружается на принтер. После выбирается необходимый материал для создания объекта и помещается в принтер. На сопло подается нагретый материал, который и производит необходимую модель.

Биопринтеры работают точно также как и 3D-принтеры, но ключевым отличием является, то, что используется биоматериал, включающий в себя живые клетки, необходимые для образования многосложных структур, как кровеносные сосуды, ткани кожи, внутренние органы и др.

Для того, чтобы клетки (сердца, костей и тп.) не вызывали отторжения, их берут у пациента, выращивают до момента, пока объема не хватит для производства «био-чернил», которые будут, в последующем использоваться в принтере. Но такой подход не всегда возможен, поэтому для производства некоторых видов тканей необходимы стеловые клетки, которые могут преобразовываться в клетки любого вида в человеческом теле.

Посредством созданных компьютерных чертежей и моделей, сканирований и МРТ, проведенных у пациента, сопла принтера помещают в выбранное место. После производится печать органических объектов, слой за слоем накладывающегося друг на друга. Данная процедура занимает от нескольких часов, до нескольких дней.

Клетки сами не смогут соединиться, поэтому для их закрепления применяют органический или синтетический ключующий материал (чаще всего используют растворимый органический гель или коллагены каркас), который помогает им сформироваться и приобрести стабильность в нужной форме.

Анализ методов и моделей статистического прогнозирования данных с использованием алгоритмов машинного обучения

Мищич А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

В современном мире с развитием информационных технологий организации автоматизируют управляющие, операционные и поддерживающие бизнес-процессы, включая статистику для учёта показателей и перспектив ведения любой сферы деятельности. Предприятиям важно знать, какие статистические показатели будут расти вверх, а какие падать вниз. Именно по этой причине анализ данных и прогнозирование является важной составляющей деятельности любой организации.

Целью данной работы является разработка модуля прогнозирования данных для автоматизированной системы электронного документооборота с использованием алгоритмов машинного обучения, таких как линейная или логистическая регрессия, k-ближайших соседей и метод опорных векторов. Модуль должен быть разработан на языке программирования Python 3.9 с применением пакета Scikit-learn 1.0.2 для машинного обучения.

В настоящее время существует множество методов (метод экстраполяции, метод исторической аналогии, метод математической аналогии, фактографические методы и экспертные методы) для прогнозирования данных, именно методы прогнозирования позволяют найти меру влияния закономерности в данных. Сложность выбора наиболее эффективного метода прогнозирования заключается в определении относительно классификации методов прогнозирования характеристик каждого метода, перечня требований к ретроспективной информации и прогнозному фону.

В работе приведен сравнительный анализ методов прогнозирования данных, такие как: модели Брауна и Хольта, модель Хольта-Винтерса, SARIMA, которые применяются для описания временных рядов и реализуют прогноз с помощью математических моделей.

Для того, чтобы представить временной ряд в соответствующую модель требуется:

1. Проверить временной ряд на наличие пропусков.
2. Запустить детектор на выявление аномалий.
3. Декомпонировать временной ряд на основе тренда и сезонности.

Затем, скорректировав данные, которые будут пригодные для построения прогноза и применив алгоритмы машинного обучения к моделям, упомянутых выше, на основе вычислительных экспериментов было получено, что модель Хольта-Винтерса является одной из самых востребованных и качественных для прогнозирования повторяющихся показателей, которые включены в перечень основных статистических показателей организации.

Данное исследование позволило разработать модуль прогнозирования данных, использующее модель Хольта-Винтерса, то есть математическую модель, который может быть включен в любые сервисы, разработанные на REST архитектуре для прогноза сезонных данных.

Разрешение смысловой многозначности слов в художественных текстах

Мосейчук А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

У многих слов в русском языке имеется несколько значений. Например, словоформа «вид» имеет целое множество смыслов: внешность (видимый облик), местность, изображение природы, расчет (виды на будущее), подразделение в систематике (вид бабочек). В общении или при чтении люди редко замечают языковую неоднозначность. Это значит, что в языке имеются достаточно эффективные способы ее разрешения. Но для компьютерной лингвистики это неразрешенная проблема.

Задача разрешения смысловой многозначности (англ. word sense disambiguation, сокр. WSD) — открытая задача в компьютерной лингвистике, которая заключается в выборе смысла слова в зависимости от контекста. Решение WSD-задачи важно в таких областях, как: машинный перевод, информационный поиск, построение вопросно-ответных систем, и т.д. В общем виде задачу можно описать так: пусть w — некоторое многозначное слово, c — контекст этого слова, s — множество значений этого слова. Тогда задача заключается в построении отображения из множества пар (w, c) в множество s — множество значений этого слова.

Существует три основных группы методов решения WSD-задач. Методы, основанные на знаниях — наукоемкие методы. Они используют словари, тезаурусы, лексикографические базы данных, системы правил. Их проблема как раз в создании качественных словарей, тезаурусов. А создать подробную систему правил чрезвычайно трудозатратно. Методы обучения с учителем — одни из наиболее успешных подходов. Основаны на идее, что контекста достаточно для устранения неоднозначности. Требуют большого количества качественных ресурсов для обучения. Методы обучения без учителя — одна из наиболее сложных WSD-задач. Идея в том, что похожие смыслы слова встречаются в похожих контекстах. Большое преимущество таких методов — они не зависят от ресурсов, созданных вручную.

В данной работе рассматривается метод решения задачи разрешения смысловой многозначности художественного текста. Показано построение модели с использованием подхода обучения без учителя. Для проведения вычислений взят датасет btc-mc из RUSSE'2018. Датасет btc-mc содержит контексты из российского национального корпуса. Смыслы этого набора данных соответствуют смыслам онлайн-словаря GRAMOTA.RU (и эквивалентны смыслам Большого Толкового Словаря). Данные подготавливаются следующим образом: текст делится на токены, из которых, в свою очередь, получают векторные представления слов (англ. word embedding). Для получения векторного представления слов используется предобученная модель. Также из текста необходимо убрать знаки препинания, союзы, предлоги. Размерность данных уменьшается. Полученное множество векторных представлений слов разбивается на кластеры, которые представляют смыслы неоднозначных слов. Полученная модель оценивается. В качестве меры качества используется скорректированный индекс Рэнда (англ. adjusted Rand index, сокр. ARI).

Возможности интеллектуальных систем диагностики и доставки лекарств

Палий М.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Садковская Н.Е.

МАИ, Москва

Для повышения эффективности лечения разрабатывается технология автономного устройства, которое способно определять, в какой момент времени, куда и в каком количестве необходимо доставлять лекарственный препарат, при помощи специальных сенсоров, таких как датчик температуры, датчик уровня pH и др.

Подобные системы доставки лекарственных средств в основном применяются при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Именно данный вид заболеваний часто приводит к летальному исходу. По статистическим данным в крупных странах в некоторые года отметка людей, имеющих подборные заболевания достигала уровня 50-70 миллионов, огромная часть из которых приводила к смерти.

Системы доставки лекарственных препаратов — это результат усовершенствования традиционных лекарственных форм для обеспечения их функциональных характеристик. Системы доставки лекарственных средств разрабатываются для:

- Продление действия лекарственных веществ;
- Обеспечение максимального терапевтического эффекта;
- Дешевого и безопасного лечения пациентов;
- Ослабление побочных эффектов лекарств и снижение себестоимости препаратов за счет уменьшения дозы.

Сейчас все усилия ученых направлены на внедрение в капсулы механизмов, способных обеспечивать навигацию и локализацию устройств в тех областях, которые нуждаются в лечении. Этот фактор требует разработки новых систем позиционирования и перемещения. Решение данной проблемы позволит использовать интеллектуальные капсулы в качестве целевых систем доставки лекарств.

Решающее значение имеет выбор материалов, которые должны быть достаточно прочными и биосовместимыми. Капсулы могут покрываться пленками из биосовместимых материалов, которые остаются химически стабильными во время доставки лекарств и непроницаемыми для желудочных жидкостей, или изготавливаться из биоинертных полимеров. На данный момент подобные капсулы требуют технологического развития в следующих областях: микрообработка, микроактивация, сенсбилизация, локализация и телеоперация.

Препарат будет начинать свое действие по двум разным технологиям — высвобождаться из интеллектуальной капсулы пассивно, либо с помощью активных механизмов. В пассивных системах доставки лекарство высвобождается посредством различных физических (например, диффузии) или химических процессов, которые запускаются как реакция на определенные изменения условий окружающей среды, такие как температура, pH и т.д. Тогда момент начала действия препарата и высвобождение напрямую зависит от конкретных условий на целевом участке.

В активных системах высвобождение лекарственного средства из резервуара происходит, когда активируется определенный механизм. В настоящий момент ученые всего мира активно работают над адресной доставкой лекарств, которые будут достигать цели, не повреждая другие органы и не проявляя побочного действия на другие органы, а также соответствовать всем критериям функциональной работы, чтобы полностью внедрить ее в ближайшем будущем.

Задача детекции объектов в зоне риска травмирования пассажиров на железных дорогах

Пенькова К.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лунева С.Ю.

МАИ, Москва

Появление новых информационных технологий и развитие мощностей компьютерных систем, позволяющих реализовывать глубокое обучение (искусственный интеллект), послужило необходимой предпосылкой возникновения четвертой технологической революции. Одной из ее ключевых особенностей является организация киберфизических систем — гибрида технологий и физических процессов. Главная идея таких систем состоит в максимальной автоматизации, то есть частичном или полном исключении человека из производственных и бизнес-процессов. При решении широкого круга задач совершенствования управления неопенимую услугу оказывает технология искусственного интеллекта, область применения которого достаточно обширна.

Транспортная отрасль не является исключением. В настоящее время перед людьми всего мира стоит цель создания беспилотной транспортной системы, которая была бы достаточно безопасна для того, чтобы её можно было внедрить в общее пользование. Для обеспечения движения транспорта без участия человека необходимо снабдить его техническим зрением, которое тесно связано со способностью искусственного интеллекта самостоятельно получать знания в процессе работы. Таким образом, проблема распознавания образа оказалась в поле междисциплинарных исследований, а создание технических систем распознавания образа привлекает к себе всё большее внимание. По этой причине задача распознавания объектов не потеряла своей актуальности и является центральной в моей выпускной квалификационной работе магистра.

Цель работы состоит в решении задачи детекции объектов с использованием технологий машинного зрения для снижения риска травмирования пассажиров на железных дорогах.

Объектом данного исследования является процесс нахождения решения задачи распознавания объектов, а предметом — разработка и применение алгоритма решения с использованием методов искусственного интеллекта.

Поставленная задача состоит из следующих частей:

1. Получение необходимых теоретических знаний в области технологии искусственного интеллекта, а также изучение сфер применения технического зрения.
2. Сравнение существующих методов решения задачи распознавания образов, оценка их эффективности и простоты.
3. Разработка алгоритма с использованием предобученной нейронной сети для решения предложенной задачи.
4. Разработка программного обеспечения и тестирование алгоритма на примерах.

Для решения задачи была разработана программа на языке Python, использующая предобученную нейронную сеть YOLO. В качестве набора данных в программе используются изображения с камер вблизи платформ в зоне риска травмирования пассажиров, а также вдоль железнодорожных путей, которые и подаются на вход программы. В результате работы программы на выходе получаются изображения с обозначением обнаруженных объектов с выделением их с помощью ограничивающей рамки, а также значениями, означающими вероятность того, что ограничивающая рамка содержит в себе объект.

Используя методы искусственного интеллекта и математические расчеты, было найдено решение задачи детекции объектов в зоне риска травмирования пассажиров на железных дорогах.

Создание специализированной базы данных для добывающих станций нефтедобывающей компании

Плешков А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Сдобнов А.Г.

МАИ, Москва

Электронные базы данных упрощают работу с документами: позволяют максимально быстро находить необходимую информацию, сортировать ее по заданным параметрам, вносить изменения в базу, подготовить разнообразные отчеты, распечатать нужную информацию в любом количестве. Вследствие этого происходит сокращение времени на эти работы и повышение качества работы персонала организации на любом уровне.

В настоящее время качественный и быстрый доступ к необходимым данным представляется важнейшим критерием производительности управления организацией. Важной категорией являются системы обработки и систематизированного хранения информации. От них зависит эффективность работы любого предприятия.

Данная работа посвящена анализу, проектированию и реализации базы данных добывающих станций нефтедобывающей компании. Основными задачами для нефтедобывающей компании являются прием и учет, хранение данных с добывающих станций. Управление этими процессами носит регулярный характер. Результаты соответственно регистрируются в определенных документах. Поэтому этот процесс необходимо автоматизировать, что позволит хранить всю информацию в одной базе.

Реализованная база данных улучшает и упрощает рабочий процесс администрирования работы добывающей станции, учета и мониторинга добываемой нефти. Так как пользователем БД являются оператор центрального пульта нефтедобывающей компании, все это воздействует на производительность труда администратора, которому необходимо тратить меньше времени для поиска информации.

Для реализации данной базы данных был выбран СУБД MySQL под управление веб-приложения для администрирования СУБД phpMyAdmin. В качестве локального веб-сервера использовался XAMPP.

Разработанная БД позволяет осуществить следующее:

1. Учёт добываемой нефти.
2. Вывод данных о количестве добытой нефти на месторождении и бригад.
3. Подготовка отчётов для дирекции.
4. Управление режимами работы станции.

База данных содержит информацию о месторождения и добывающих станциях, режимах работы и состояниях системы, работниках и бригадах, задействованных на той или иной добывающей станции и содержит информацию о текущем показателе добычи нефти.

Главным результатом проведенной работы является создание базы данных под управлением СУБД MySQL, одного из наиболее популярных, функциональных и надёжных серверов баз данных в мире.

Разработанная БД имеет и экономическое значение. Она значительно увеличивает скорость доступа администратора к информации, уменьшает время поиска требуемой информации. Поэтому отпадает необходимость большой траты времени на подобные действия. Вследствие чего экономится время работников предприятия и повышается эффективность их труда.

Инструменты обработки для задач естественного языка

Подсвиров А.П.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюзникова Д.В.

МАИ, Москва

Автоматическое распознавание и классификация эмоций в тексте (анализ тональной окраски в тексте) — одна из важных задач обработки естественного языка. Пусть поиск эмоции и их классификация усложняются контекстом, порядком слов, а также возможно переносного его значения, результаты решения этой проблемы могут использоваться во множестве прикладных задач.

Целью данной работы является разработка программного комплекса для анализа эмоций русскоязычного текста и классификации их на 8 классов: грусть, доверие, злость, интерес, нейтральное, неудовольствие, радость, страх, удивление. Стоит учитывать, что существуют слова (набор слов), для которых нельзя определить однозначно, к какому классу их можно сопоставить. Поэтому для некоторых слов, словосочетаний правильно будет определить несколько классов эмоций.

Результатом данной работы является классификатор эмоций в русскоязычном тексте, обученный на основе размеченного по классам набора данных; сравнение его с другими мультиклассификаторами тональной окраски; обучение классификатора на разных наборах данных и анализ полученных результатов. Для получения размеченного корпуса была использована подборка текстов, для которых разрешена задача кореференции (например, сценарии по ролям). Их разметка осуществлялась экспертами вручную.

Разработанный классификатор может быть использован в задачах взаимодействии человека с компьютером — рекомендательные, поисковые, справочные системы; для обработки текста: для анализа тональности статей, художественных произведений, новостей, в блогах; для выявления отношения пользователей к событиям из разных сфер жизни в социальных сетях, комментариях.

Разработка игрового Android-приложения Clicker на платформе Unity

Пятов Н.А., Казначевский В.С.

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

СФ МАИ, Ступино

Во время летней практики мы задумались о практическом применении навыков консольного программирования на языке C# для создания полноценного проекта. Путём недолгих размышлений мы выбрали самый наглядный вид проекта — игровое приложение.

После решения о создании игры мы задалась вопросом выбора жанра. Жанр должен быть максимально практичным и нетребовательным к побочным действиям — разработке дизайна и структурно-графических элементов, делающим уклон на быстрый переход к непосредственно программированию самого «ядра» игры — скриптов действий и математических законов. Подходящим жанром для нас стал кликер, максимально нетребовательный к дизайнерским особенностям жанра.

Для разработки игрового приложения очень важна платформа. Необходимо определиться с тем, кому будет доступна игра и на каких устройствах. Так как мы выбрали язык C#, перед нами стоял выбор из windows forms, wpf (Windows Presentation Foundation) и межплатформенной среды разработки игр Unity. Оценив преимущества и недостатки каждой из платформ, мы выбрали Unity, так как она поддерживает все современные устройства, включая персональные компьютеры и мобильные телефоны, и так же она довольно проста в обучении, так как по ней много обучающего материала и полезной информации.

Для того чтобы разработка приложения принесла студентам IT-специальностей пользу, мы решили сделать приложение модульным, где каждая часть кода — модуль (функция) — отвечает за свою задачу. На данный момент существуют такие модули как: модуль игрового поля (основное место для геймплейной составляющей — разработки скриптов игровой направленности), модуль магазина (набор из различных меню для реализации скриптов купли-продажи улучшений и новых механик), модуль сохранений (любая игра должна уметь сохранять прогресс игрока при выходе — мы реализовали наиболее общий случай системы сохранения прогресса).

В итоге мы получили код игрового приложения содержащий такие алгоритмические функции как счётчик валюты, система вероятностей, покупка улучшений, а также различные таймеры и триггеры игровых событий. Всё приложение с исходным кодом выложено в открытый доступ и планируется для применения в обучении студентов работе с реальным проектом.

Обобщая сказанное, благодаря удобному проектированию структуры игра может легко быть доработана как разработчиком, так и последующими пользователями. Даже человек, изначально незнакомый с особенностями игрового программирования, сможет быстро усвоить написанный код и влиться в процесс разработки реального проекта.

Реализация системы управления робота доставщика на базе кибериммунной операционной системы KasperskyOS

Родин Ф.М., Малыш И.И., Куприянов И.А.

Научный руководитель — Исаев В.В.

МАИ, Москва

В 2021 году в Московском авиационном институте разработан робот на гусеничном шасси с дистанционным управлением и возможностью автоматического функционирования. Программная часть робота выполнена на базе операционной системы Ubuntu Server 16.04. Робот планируется использовать в сфере доставки грузов в труднодоступные места.

В последнее время, в связи с стремительным развитием технологий интернета вещей, в разы возрастает количество кибератак, направленных на такие устройства. Это ставит под угрозу их безопасность и стабильность работы. Так как ключевой задачей любого робота доставки является перемещение груза в заданную точку, кибератаки ставят под угрозу возможность выполнения данной задачи. Например, в 2015 году вредоносных ПО для интернет вещей насчитывалось 483, а уже в 2020 свыше 331 тысячи программ. Тем самым можно сделать вывод, что проектировать современное умное устройство без оглядки на кибербезопасность неразумно и неконкурентноспособно.

Для решения этих задач были проанализированы способы защиты устройств от кибератак, такие как использование сторонних программ-антивирусов, ограничение пула входящих адресов на уровне маршрутизаторов и использование кибериммунных систем.

Программы-антивирусы позволяют мониторить входящий трафик, анализировать файлы системы, вычислять угрозы и изолировать или удалять файлы. Из плюсов можно отметить использование удобных и привычных операционных систем и частые обновления, оперативно закрывающие новые уязвимости. Однако минусами является дополнительная нагрузка вычислительных мощностей системы, а с учетом ограниченной мощности портативных решений, например Raspberry Pi, эта нагрузка может оказаться критичной для непрерывной работы системы. Помимо этого, программа-антивирус не защищает всю операционную систему и не может влиять на файлы операционной системы, которые подвержены заражению в первую очередь.

Ограничение доступа к устройству позволит обеспечить защиту от внешнего воздействия стороннего пользователя к вашему устройству, что значительно увеличивает безопасность системы. Однако существуют другие проблемы данного решения. Первая и наиболее очевидная, что массовая DDoS может нарушить работу роутера и тем самым нарушить связь робота и пользователя. Кроме того, существуют такие ограничения, как добавление новых пользователей и т.п.

Третьим решением является использование кибериммунных систем. Такой подход обеспечивает защиту системы на уровне архитектуры и не позволяет вносить изменения в структуру системы. Минусом данного решения является ограниченность инструментов, реализованных на таких системах, что увеличивает трудоемкость реализации проектов.

Принято решение остановиться именно на третьем решении, так робот доставщик ограничен в плане вычислительных мощностей, а потеря связи с интернетом может привести к отказу модулей навигации и отслеживания, что недопустимо.

В связи со сложной политической обстановкой в мире в качестве такой кибериммунной системы выбрана отечественная операционная система KasperskyOS. Данная операционная система имеет множество уровней безопасности, исключается доступ выполняемых приложений к защищенным областям памяти с критически важными процессами и данными. Реализованные в операционной системе подходы и принципы позволяют минимизировать вероятность атак и эксплуатацию уязвимостей программного обеспечения.

Для начала на базе системы KasperskyOS принято решение реализовать управление тяговыми электродвигателями, считывание показаний измерительного оборудования и связь с оператором по сети для дистанционного управления роботом.

Список использованных источников:

1. Егоров В.В, Родин Ф.М., Малыш И.И. Разработка модульного дистанционно управляемого робота // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: сб. науч. тр. / под ред. Ю. Б. Гимпилевича. — Москва-Севастополь: Изд-ва: РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2021. — С. 177.

2. <https://vc.ru/kaspersky/265770-cto-ugrozhaet-promyshlennomu-internetu-veshchey-i-kak-ot-etogo-zashchititsya>

Разработка системы электронного хронометража

Силин Г.А.

Научный руководитель — Лельков К.С.

МАИ, Москва

В докладе приведены результаты разработки системы электронного хронометража, состоящей из стартового устройства, финишного устройства и программного обеспечения, предназначенного для отображения информации об измеренном времени на персональном компьютере в виде таблицы.

Аппаратное структура стартового и финишного устройства идентична, отличается только программное обеспечение микроконтроллеров в составе модулей. Каждое устройство включает в себя: плату NodeMCU на базе микроконтроллера ESP-8266 со встроенным Wi-Fi модулем для обеспечения беспроводной связи; лазерный датчик расстояния VL53L0X; аккумулятор; соединительные провода и контакты;. Лазерный дальномер осуществляет

непрерывные измерения расстояния от устройства до ближайшего препятствия. Когда спортсмен пересекает черту старта или финиша, расстояние измеренное лазерным дальномером изменяется, и микроконтроллер отправляет на ПК сигнал о срабатывании датчика по беспроводному Wi-Fi каналу.

Корпуса устройств были разработаны в системе автоматизированного проектирования Fusion 360 и распечатаны на 3D-принтере.

Программа на ПК реализует синхронизацию часов стартового и финишного устройств, расчёт временного интервала между срабатываниями модулей финиша и старта, а также отображение полученных измерений на графическом интерфейсе пользователя. Результаты отображаются в удобном для пользователя виде в порядке, в котором спортсмены пробежали дистанцию.

В дальнейшем планируется разработать программное обеспечение для мобильных устройств на операционной системе Android для упрощения процесса эксплуатации системы.

Разработка модели доступа к данным организации с учётом возможности выявления потенциальных инсайдеров

Стасюк Д.В.

Научный руководитель — к.э.н. Сдобнов А.Г.

МАИ, Москва

С принятием «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» в 2017 году начались активные процессы цифровизации в области российской экономики, государственного управления и обороны страны. Реализация данной стратегии предполагает массовое внедрение распределённых информационных систем в эти области. Данная стратегия позволит решить проблемы унификации способа хранения информации, потери данных при отказе узла в информационной системе, а также проблему актуализации информации. При внедрении систем необходимо обеспечить безопасность хранения важной и критической информации. Одной из главных угроз безопасности является утечка информации от персонала конечных точек. Существующие современные модели управления доступом успешно справляются с разграничением зон доступа сотрудников к данным согласно их зонам ответственности, но при этом не нацелены на выявление людей, которые злоупотребляют своими возможностями и правами. Один из способов выявления таких сотрудников — это мониторинг их действий в информационной системе. Основная цель — обнаружение «нестандартных действий». Для этого необходимо обеспечить наблюдение за действиями пользователей и отслеживать необычные и подозрительные события в поведении пользователя — аномалии.

В данной работе для обеспечения защиты информации предложена гибридная модель на основе мандатной модели и модели по ролям, позволяющая учитывать потребности в управлении доступом в многопользовательских распределённых системах с учетом наличия различных ролей, различных прав в системе и уровней доступа, а также система фиксации аномалий, использующая нейронную сеть и методы машинного обучения, которые позволяют создать профиль деятельности пользователя и учитывать его интенсивность труда.

Список использованных источников:

1. Мельников Г.А., Карпук А.А. Обнаружение попыток несанкционированного доступа на основе выявления нестандартных поведенческих факторов // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2021. 3(84).

2. Айтхожаева Е.Ж. Сравнение методов управления доступом в серверах баз данных // *Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр.* 2016. 68 — 70 с.

Анализ и сравнение современных алгоритмов двумерной укладки в полуограниченную полосу

Углицких В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

В решении задач, связанных с эргономичным расположением деталей определенных фигур на полотне определенного размера, первым делом выделяются не оптимизированные алгоритмы раскладки. Задачи такого типа зачастую делятся на два направления — задачи раскроя и задачи упаковки. Математическая модель решения у задач этих направлений единая и применяется как для раскроя, так и для упаковки. Задачи упаковки относят к классу NP-трудных задач дискретной оптимизации.

Были рассмотрены алгоритмы решения двумерной укладки в полуограниченную полосу. Такая задача часто именуется как 2-Dimensional Strip Packing. Решение задачи заключается в укладке деталей определенной формы в определенное число контейнеров, учитывая при этом оптимальность их расположения, то есть, так, чтобы число контейнеров, которое используется было наименьшим, или количество деталей было наибольшим. Главным условием является максимальная плотность укладки деталей в контейнер.

Анализ и сравнение уже существующих приближенных алгоритмов укладки позволяют найти оптимальное решение с определенной точностью. Однако, рассматриваемые алгоритмы не будут гарантировать высокую эргономичность укладки для любого набора данных. Критерием оптимальности, в данном случае, и будет являться тот набор данных, который будет участвовать в оптимизации.

Предварительно были сформулированы требования, составленные на основании изложенного, произведен анализ имеющихся алгоритмов укладки. В докладе приведены достоинства и недостатки таких алгоритмов [1-2].

В дальнейшем планируется разработка улучшенного алгоритма для деталей различной определенной формы.

Список использованных источников:

1. Развитие методов решения задач плотной упаковки объектов произвольной формы и различной размерности. Чеканин В.А. Москва, 2021;
2. Алгоритм упаковки прямоугольников в несколько полос и анализ его точности в среднем. Д.О. Лазарев, Н.Н. Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН.

Принципы проектирования семантически-ориентированного естественно-языкового интерфейса для взаимодействия с системой Linked Open Data

Урубков В.С.

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

МАИ, Москва

В современном мире всё большее распространение получают связанные данные в связи с внедрением соответствующих принципов в Интернете. Связность данных обеспечивается в системе взаимосвязанных открытых данных (Linked Open Data). В качестве внутреннего формата хранения и представления используется язык RDF (Resource Description Framework).

Язык RDF предоставляет формат описания ресурсов и их взаимосвязей. Записи в формате RDF представляют собой тройки вида (Субъект, Отношение, Объект). Субъект и объект являются элементами множества ресурсов, а отношение — элементом множества свойств (подмножества ресурсов, описывающих свойства и отношения между ресурсами). Для обращения к взаимосвязанным данным в формате RDF используется язык SPARQL.

SPARQL — язык запросов к взаимосвязанным данным в формате RDF. Имеет SQL-подобную структуру запроса, а именно, структуру вида «SELECT FROM WHERE». Иными словами, запрос на языке SPARQL определяет, какой ресурс является искомым, в каком источнике проводить поиск и каким параметрам должен отвечать искомый ресурс.

Учитывая тот факт, что для обращения к LOD необходимо владеть языком SPARQL и нужно хотя бы иметь представление о формате RDF, использование системы становится невозможным или сильно затруднённым для людей, не имеющих опыта использования специальных языков запросов, таких, как SQL или SPARQL. В свою очередь, LOD была бы полезна в разнообразных отраслях, например, в медицине, здравоохранении, научных исследованиях и бизнесе, так как обеспечивает семантическую связь между разными ресурсами, в качестве которых могут выступать научные публикации, разнообразные отчеты компаний и законодательные акты. В данной ситуации очевидным решением является разработка интеллектуального естественно-языкового интерфейса, обеспечивающего обращение к LOD без специальных технических навыков, что позволит расширить использование LOD в отраслях, где система уже используется, и внедрить там, где пока не используется. Но таких естественно-языковых интерфейсов, использующих в качестве языка для запросов русский язык, нет, поэтому темой данной работы является разработка такого интерфейса.

Для использования естественно-языкового интерфейса при обращении к LOD необходимо реализовать перевод запроса с естественного языка (ЕЯ) на язык запросов SPARQL. Поскольку данные в LOD связываются семантически, то и при переводе необходимо учитывать семантику запроса. Следовательно, при переводе требуется промежуточный язык, позволяющий описать семантическое представление (СП) запроса на ЕЯ, которое далее будет переведено в конструкции языка SPARQL.

Существует несколько подходов к формальному описанию семантического представления, в том числе Абстрактное представление смысла (АПС), грамматика Монтегю и теория К-представлений (концептуальных представлений) В.А. Фомичева. АПС и грамматика Монтегю специализированы на семантическом представлении английского языка, и с их помощью возможно описать только СП простых предложений. В свою очередь, теория К-представлений дает формальный аппарат для описания семантической структуры связанных текстов (дискурсов), а не только отдельных предложений, на русском языке и других языках. Учитывая все эти факторы, для формального описания СП запроса на ЕЯ выбрана теория К-представлений.

Генерация случайных изображений путем составленного алгоритма на основе методов нейронных сетей

Фадеева А.Д., Касатиков Н.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время большую популярность приобретают сервисы, которые на основании загруженной пользователем фотографии, фрагмента текста или отдельного слова позволяют получить случайно сгенерированное изображение. Данные сервисы могут выполнять как развлекательную функцию (в качестве примера можно привести представленный Сбербанком [1] *ru-Dalle*), так и практическую — для решения прикладных задач.

Так, например, с помощью системы генерации цветовых палитр дизайнер может подобрать решение для клиента на основе лишь его слов, а в сфере дорожного движения сгенерированные изображения могут служить базой для создания маршрутных карт при моделировании движения автотранспорта.

Создание программы для автоматической генерации изображений значительно повысит эффективность работы оператора и сможет существенным образом сократить временные затраты.

В данной работе будут рассмотрены имеющиеся нейронные сети и датасеты [2] с открытым исходным кодом, и приведен предполагаемый анализ проблематики создания практической реализации программы. В работе мы будем опираться на предыдущие результаты собственных разработок в сфере нейронных сетей [3] и произведенный сравнительный анализ возможностей таких инструментов как Keras и PyTorch.

Список использованных источников:

1. URL: <https://www.rudalle.ru/> — Интернет-источник.
2. Касатиков Н.Н., Фадеева А.Д., Брехов О.М., Цибин А.В., Белоногова Е.А. Практическое создание системы для составления данных устройств Интернет-вещей. 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 20th International Conference «Aviation and Cosmonautics» (AviaSpace-2021) Тезисы с. 221
3. Касатиков Н.Н., Толмачев С.А., Рогожин М.Е., Гомзов О.А., Макиров М.И., Токарев А.В., Фадеева А.Д., Сытов А.О., Кудрявцев А.В. Обработка изображений на спутниковых снимках с помощью нейронных сетей. Материалы 19-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва, ИКИ РАН, 15-19 ноября 2021 г. Электронный сборник материалов конференции с. 90

Разработка программного модуля функционального узла измерительного контура в рамках концепции виртуальных приборов

Федоренко А.О.

Научный руководитель — Перчихин О.И.

МАИ, Москва

Целью данной работы являлась разработка программного модуля функционального узла автоматизированного измерительного контура в среде разработки LabVIEW для обработки показаний датчика ближнего электромагнитного поля NardaEP-601. Данный тип датчиков выполнен в виде миниатюрных антенн. Для достижения изотропности, антенны расположены ортогонально для получения всех компонентов поля.

Технический облик данного виртуального прибора включает в себя:

- Персональный компьютер с прикладным ПО;
- Преобразователь оптоволоконно-RS232
- Преобразователь RS232-USB.

Информация, передаваемая датчиком в ответ на соответствующий запрос, передаётся в кодировке ASCII и несёт в себе информацию о среднеквадратичной напряжённости поля по всем его компонентам в формате чисел с плавающей точкой.

В ходе работы было разработано функциональное программное обеспечение для корректной обработки информации с датчика и графический интерфейс пользователя. Так же, для удобства использования программно модуля в составе контура, был разработан субвиртуальный прибор на его основе.

Для проверки работоспособности автоматизированного программного обеспечения на практике, датчик был помещен в ТЕМ-камеру, где напряженность электромагнитного поля была заранее известна. По результатам исследований, было подтверждено, что параметры, измеряемые датчиком принимаются и обрабатываются корректно.

Результат данной работы применим для дальнейшей разработки автоматизированного измерительного контура для проведения испытаний на электромагнитную совместимость устройств и кабельных сетей, где функциональное программное обеспечение и графический интерфейс пользователя объединяет в себе автоматическое управление тремя устройствами: генератор сигнала, приемник и усилитель мощности. Регулировка мощности может генератора осуществляется датчиком напряженности поля в автоматической режиме.

Методы компьютерной графики в обработке результатов физико-химических экспериментов

Федоров А.С.

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

МАИ, Москва

Биологические структуры часто существуют в виде левой и правой форм. Растворы содержащие такие структуры вращают плоскость поляризации. Причиной является наличие левой и правой форм зеркальных антиподов. Ряд экспериментальных данных говорит о

важности знания «асимметрии» в понимании жизненных процессов в природе. Важным являются исследования соответствующих параметров лекарственных препаратов, рекомендуемых пациентам разного возраста с отличными биологическими структурами. Была спроектирована, изготовлена и опробована экспериментальная установка, позволяющая получить надежные данные по вращению плоскости поляризации в растворах различных веществ.

Имеется два скрещенных «николя», работающих по принципу дихроизма. Помещается кювета с раствором, оптическую активность которого желательно установить с применением вакуумного фотоэлемента. Показания снимались с помощью микроамперметра.

Уделялось внимание качеству оптической схемы, а также изготовлению цилиндрических кювет. Кварцевые окна изготовлены из продукции Красногорского оптико-механического завода. Опробование установки было произведено с использованием растворов сахара разной концентрации. Он растворялся в дистиллированной воде необходимой чистоты. Одними из первых экспериментов были опыты с растворами лекарственных препаратов с примерно одинаковым химическим составом: Thomarugin (Германия и Австрия), Exedrin (США и РФ), Аскофен-П (РФ), Цитрамон (РФ). Таблетка взвешивалась, рассчитывалась концентрация раствора. Лекарство растворялось в дистиллированной воде, результат заполнялся в кювету. Начальное положение системы поляризатор-анализатор $\Delta\varphi=0$. Поворачивая анализатор вокруг оптической оси до $\sim 180^\circ$ фиксировалось показание микроамперметра. Значение фототока для разных лекарственных препаратов близки. Активность Thomarugin больше группы остальных. Был получен результат, что препараты с примерно одинаковым хим. составом близки по своей оптической активности. Дополнительные опыты проводились в семействе препаратов Арбидол. Известная зависимость вращения плоскости поляризации растворов разной концентрации: $\varphi = \varphi_0 \cdot c \cdot l$. Отсюда φ пропорционально c . Ожидаемый результат подтвержден экспериментом. С целью обработки экспериментальных данных была задействована система аналитических вычислений (САВ) SageMath. Данная система компьютерной алгебры работает с данными в аналитическом виде, что позволяет получить сколь угодно точный численный результат. Для сравнительной оценки оптической активности препаратов было найдена область, где графики всех лекарств опускаются под максимальным углом. Были построены кривые, проходящие через точки, полученные опытным путем. Для этого использовалась интерполяция кубическим сплайном с условием нулевой кривизны на концах. Были найдены точки максимального угла наклона для каждой кривой. На среднем значении из всех найденных точек были проведены касательные для сравнения тангенсов наклонов кривых. Для отрисовки графика для разных концентраций сахара было применено ПО Blender, предназначенное для создания трехмерной компьютерной графики. Были использованы базовые инструменты моделирования и анимации. Для плавного «выплываия» элементов графика использовались каттеры (cutter (англ.) — резать) — простые параллелепипеды, отсекающие геометрию, находящуюся внутри.

Для плавного появления точек на экране была применена недавно добавленная (2020 г.) технология геометрических узлов (Geometry Nodes) позволяющая модифицировать геометрию объектов и манипулировать атрибутами.

Передвижение каттеров было осуществлено базовыми кейфреймами (keyframe (англ.) — ключевой кадр). Обработка анимации выполнялась на PBR (Физически корректный рендеринг (англ. Physically based rendering, PBR)) движке Eevee.

Размер сфер, обозначающих точки, были связаны с расстоянием до некоторого объекта, не имеющего собственной геометрии. Анимирование его обеспечивает волнообразное появление точек. В качестве данных для расположения использовалась заранее подготовленная сетка с экспериментальными данными. Модификатор Point Instance помещает объект сферу в каждую из точек сетки.

Схематическое изображение установки было отрисовано в Blender. Был использован инструмент freestyle предназначенный для работы с контурами. Для получения наиболее репрезентативного изображения использовалось четыре слоя контуров: внешний,

внутренний, дополнительный и пунктирный. Модели не имеют никаких материалов, требуется только контур.

Выводы

1. Автоматизация процесса измерений и обработки экспериментальных данных ускорила процесс исследования.

2. Методы цифровой обработки и специальное ПО позволили выявить особенности в оптическом анализе растворов лекарств.

3. Выявленные особенности необходимы для индивидуализации медицинских назначений.

Работа выполнена в «Лаборатории активного теплообмена». Выражаю благодарность доценту каф. физики МАИ, к.т.н. Анисимову В.М., ведущему инженеру Дроботову В.Б., а также Петухову Н.В.

Лексическая кластеризация продуктового справочника методами машинного обучения без учителя для анализа данных

Фейзуллин К.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Платонов Е.Н.

МАИ, Москва

Данная работа нацелена помочь распределить множество разнородных наименований в единые кластеры для создания новых обучающих признаков при решении задачи оттока клиентов в ретейл компании. Для более детального анализа покупок клиентов можно использовать справочник товаров — выделить определённые категории, бренды и назначения (типы продуктов). В нашем случае это справочник одной из известных торговых сетей по продаже косметики и парфюмерии. Если категории и бренды в справочнике указаны верно, то тип продукта имеет неоднозначное название, которое может меняться при едином фактическом типе товара. Для решения данной задачи был выбран высокоуровневый язык программирования Python версии 3.7, так как он имеет множество библиотек для удобной работы с данными различного рода. Для лексического анализа был взят список типов продуктов, которые покупались за последний год. Данный список включает чуть более 500 уникальных наименований. Перед тем как заняться реализацией решения задачи, было решено изучить имеющиеся данные с помощью облака слов, где были ярко выражены наиболее часто встречающиеся слова или словосочетания. Таким образом удалось выделить общие понятия, которые будут иметь шумовую составляющую при дальнейшей кластеризации и будут расширять признаковое пространство для кластеризации — это значит, что в дальнейших шагах эти слова будут исключены. Следующей проблемой стало разнообразие окончаний в русском языке. К счастью, с помощью библиотеки NLTK с поддержкой русского языка был произведён перевод всех слов в их начальную форму, что определённо повысит качество кластеризации, так как слова разного склонения будут сведены к одному виду. Так как для кластеризации нужно придать наименованиям типов продуктов численное значение, то был выбран метод преобразования текстовой коллекции в матрицу вхождений токенов-слов. То есть каждому наименованию ставится в соответствии вектор размерности N , где N — количество уникальных токенов, а элементы вектора $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ — количество вхождений слова в строку наименования типа продукта. Далее вектор нормализуется с помощью l_2 — нормы. Так как нет чёткого представления, на какое количество кластеров мы можем разбить справочник, было решено воспользоваться методом распространения близости (AffinityPropogation) [1]. Помимо того, что алгоритм AP имеет меньшую ошибку, по сравнению с алгоритмом k — средних [1], одной из главных особенностей алгоритма является отсутствие количества кластеров как входного параметра. Количество групп-центров будет определено после исполнения всех итераций алгоритма. В результате работы алгоритма удалось выделить 56 лексических кластеров, содержащие в каждом от 1 до 32 корректных наименований в 55 — и группах и одна группа была отведена для всех наименований, для которых не смог образоваться кластер, содержащий

131 наименование. Целью следующего шага исследований будет задача обработки уже всех наименований типов продуктов справочника и дальнейшая автоматизация алгоритма, чтобы определять для новых типов продуктов соответствующий им кластер в базе данных.

Список использованных источников:

1. Frey, Brendan J. and Delbert Dueck. Clustering by Passing Messages Between Data Points // Science 315 (2007): 972 — 976

Разработка программного обеспечения нейросетевой обработки изображений дефектов наружной поверхности воздушных судов

Хемарин С.И.

МАИ, Москва

Воздушные судна (ВС) в ходе эксплуатации под действием многократно повторяющихся нагрузок могут получать различные повреждения (трещины, деформации или разрушения). Подобные дефекты являются начальной стадией каких-либо неисправностей. Для помощи человеку в процессе поиска дефектов разработано программное обеспечение (ПО), осуществляющее поиск дефектов наружной поверхности ВС.

Первым этапом решения поставленной задачи является обучение нейросети семантической сегментации. Нейросети семантической сегментации способны работать, используя полные изображения в качестве входных сигналов нейросети. Для обучения была выбрана нейросеть структуры Resnet101. Семантическая сегментация позволяет присвоить каждому пикселю изображения определенную метку. Было принято решение выделять на изображении только метки «дефект», остальной части изображения — присваивать метку «фон». Для обучения нейросети этого типа была подготовлена база данных, состоящая из снимков тестового листа, окрашенного в белый цвет, с нанесенными на нём макетами дефектов. Для обучения было выполнено порядка 5500 снимков этого листа в разных погодных условиях и при разном освещении; из них было отобрано и размечено 5079 изображений. В процессе разметки изображений с использованием программы labelme каждый дефект выделялся отдельно.

Вторым этапом решения поставленной задачи является разработка ПО, которое с помощью обученной сети определяет количество дефектов и их координаты на получаемом изображении. Реализация обработки изображений основана на библиотеке компьютерного зрения OpenCV, а использование обученной модели реализовано за счет фреймворка TensorFlow. В качестве средства для разработки ПО был выбран язык Python за его простоту и наиболее удобную реализацию взаимодействия OpenCV и TensorFlow. Большая часть реализации поставленной задачи выполнена на основе уже разработанной библиотеки PixelLib за счёт внесения изменений в исходные файлы ее модулей.

Результаты тестирования ПО показали, что все нанесённые макеты дефектов на снимках, близких к обучающей выборке, распознаются, однако имеют место и ложные срабатывания алгоритма, за счёт чего происходит распознавание псевдодефектов.

Реализация системы распознавания лиц на основе свёрточной нейронной сети

Хоу Мэнь Хай

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кананадзе С.С.

МАИ, Москва

Система распознавания лиц в данном исследовании структурно разделена на четыре модуля: (1) обнаружение лица, (2) извлечение признаков, (3) регистрация признаков, (4) распознавание признаков.

Модуль обнаружения лиц использует сеть обнаружения лиц на камере или изображении. После обнаружения лица извлекается кадр с изображением лица. Сеть распознавания лиц обучается с помощью библиотеки. Сеть обнаружения лиц обучается с помощью библиотеки обучения обнаружения лиц, здесь используется сеть AlexNET [1].

Модуль извлечения признаков использует сеть извлечения признаков из изображений лица для формирования вектора признаков. Сеть извлечения признаков обучается с помощью обучающей библиотеки извлечения признаков лица, здесь используется VGG16[2].

Модуль регистрации признаков сохраняет векторы признаков, извлеченные модулем извлечения признаков в библиотеке функций лица.

Модуль распознавания признаков сравнивает извлеченные векторы признаков с векторами признаков в библиотеке признаков лица и определяет, есть ли такие векторы в библиотеке признаков.

Процесс регистрации лица: Сначала изображение лица проходит через модуль обнаружения и модуль извлечения признаков, затем признаки лица сохраняются в библиотеке признаков лица с помощью модуля регистрации признаков и ассоциируются с информацией о личности человека.

Процесс распознавания лица: Процесс распознавания лица также начинается с обнаружения лица и извлечения признаков, затем модуль распознавания признаков выясняет, есть ли совпадающие признаки в библиотеке признаков, если да, то распознавание проходит успешно и выводится соответствующая информация о лице, если нет, то возвращается ошибка.

Список использованных источников:

1. A.Krizhevsky, I.Sutskever, G.E.Hinton ImageNet classification with deep convolutional neural networks. 25th International Conference on Neural Information Processing Systems — Volume 1 December 2012.

2. K.Simonyan, A.Zisserman, Very Deep Convolutional Networks for Large Scale Image Recognition. arXiv 2014.

Исследование применимости алгоритмов шифрования для целей программ-контейнеров данных

Чересов П.А.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

С 1976 года было изобретено немало криптографических алгоритмов, однако многие из них не дошли до сегодняшнего дня. Одни были ненадежными, другие выполняли свою функцию слишком долго. И только некоторые из них обладали необходимой криптостойкостью и шифровали информацию достаточно быстро для того, чтобы их можно было использовать на практике [1].

Требовалось найти самый эффективный по криптостойкости и быстродействию алгоритм шифрования, который можно использовать в программе-контейнере с шифрованием данных. Для этих целей были рассмотрены блочные симметричные шифры: DES, 3DES, ГОСТ 28147-89, Blowfish, Twofish, CAST-128, CAST-256 и AES.

Программа-контейнер — это программа, данные в которой хранятся в зашифрованном виде. Ключ генерируется на основе случайных действий пользователя и хранится на съёмном носителе.

Причины использования именно блочных симметричных алгоритмов шифрования заключается в отличии симметричных от ассиметричных и блочных от поточных шифров:

1. Симметричные алгоритмы используют один и тот же ключ для шифрования/расшифрования, в то время как ассиметричные — 2 ключа: открытый и закрытый. Ассиметричные алгоритмы шифрования используют, если информацию надо кому-то передать по сети. Данной потребности в хранении зашифрованной информации нет, тем более такой тип шифра работает медленнее другого.

2. Блочные алгоритмы шифруют информацию блоками фиксированной длины, а поточные — побитно или побайтно. Поточные используются при условии, что объём

исходной информации заранее неизвестен (например, речь). Они медленнее блочных шифров, поэтому используется именно блочный тип [2].

Для выбора наиболее эффективного симметричного блочного шифра из предложенных используются два критерия:

1. Быстродействие. Данный критерий описывает, насколько быстро алгоритм шифрует информацию. Он измеряется в Мбайт/с.

2. Уровень криптостойкости. Данный критерий описывает вычислительную сложность взлома шифра и нахождения правильного ключа. Измеряется в битах, т.е. возведение двойки в степень, равную уровню криптостойкости, показывает кол-во необходимых вычислительных операций. Если у алгоритма шифрования нет каких-либо уязвимостей, то его уровень криптостойкости равен длине ключа, который был использован для шифрования.

Для вычисления значений критерия быстродействия на ОС Microsoft Windows 10 в IDE Visual Studio 2019 на языке программирования C++ была написана программа, фиксирующая время выполнения шифрования разными алгоритмами трёх файлов разного размера (3.55 МБ, 13.2 МБ, 20.3 МБ). На основе полученной информации она затем вычисляла скорость шифрования каждого алгоритма. Вычисленные значения использовались в качестве значений критериев быстродействия. В написанной программе использовалась библиотека ScurtoPP.

Причина, по которой проводится анализ быстродействия заключается в том, что в старых исследованиях ограничивались имеющимися возможностями вычислительных узлов, например SSE2, а сейчас процессор поддерживает множество других инструкций, например SSE4 или AESNI, которые несколько меняют итоговую картину.

Для вычисления значений критерия уровня криптостойкости для каждого из шифров было изучено несколько наиболее известных статей, темой которых являлся криптоанализ соответствующих шифров. Если какая-либо атака может взломать алгоритм шифрования быстрее, чем за полный перебор, то за уровень криптостойкости берётся полученное в исследовании число бит. Иначе, он равен длине ключа.

Для определения качества алгоритма применена формула, в которой значения критериев уровня криптостойкости и быстродействия делились на максимальное полученное соответствующее значение (таким образом полученное значение было равным от 0 до 1), а затем умножались на соответствующий весовой коэффициент. Весовые коэффициенты определяют важность своего критерия. Алгоритм шифрования с наибольшим значением качества внедряется в создаваемую программу-контейнер.

Список использованных источников:

1. Бабенко, Л. К. Криптографическая защита информации: симметричное шифрование: Учебное пособие / Л. К. Бабенко, Е. А. Ищукова. — 1-е изд.. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 1 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9244-1.

2. Брюс Шнайер Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы и исходный код на С. — 2-е изд. — Вильямс, 2016. — 1024 с.

Секция №3.3 Электроника, конструирование и технология приборостроения

Анализ составов проводящих чернил для 3D-печати

Базанова Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

В последние годы 3D-печать стала сильно интересна как технология получения недорогих и массовых электронных систем. Печать допускает применение целиком аддитивных процессов, тем самым снижая сложность процесса и затраты материала. В комбинации с использованием недорогих подложек, это прогнозирует что 3D-печать позволит реализовать широкий спектр электронных систем.

Работа посвящена исследованию проводящих материалов применимых в области производства электроники с помощью 3D-печати. На примере задач 3D-печати была проанализирована эффективность существующих составов проводящих материалов. Большинство экспериментальных составов которые используются для печати проводников, состоят из серебра, поскольку оно обладает высокой проводимостью и стойкостью к окислению. Медь по сравнению с серебром, несмотря на преимущества в цене, обладает высокой скоростью окисления и ограниченной стабильностью. Проведен анализ существующих решений для изготовления серебряных чернил [1, 2, 3].

Для качественной 3D-печати необходимо обеспечение определенных параметров. Проведен подбор реологических параметров, измерение реологических и электропроводящих характеристик. Частицы проводящих чернил должны иметь малый размер, около 100 нанометров, во избежание засорения в соплах печатной головки принтера. Чернила должны быть стабильными, чтобы преодолеть проблему агломерации металла.

По результатам работы собраны данные по таким параметрам как поверхностное натяжение, вязкость, кислотно-щелочной баланс, плотность материала, сформулированы рекомендации по созданию проводящего состава для 3d-принтера с применением серебра.

Список использованных источников:

1. S. Vasquez et al., "Cost-effective, mask-less, and high-throughput prototyping of flexible hybrid electronic devices using dispense printing and conductive silver ink," 2021 5th IEEE Electron Devices Technology & Manufacturing Conference (EDTM), 2021, pp. 1-3, doi: 10.1109/EDTM50988.2021.9420858.
2. S. Brett Walker, Jennifer A. Lewis Reactive Silver Inks for Patterning High-Conductivity Features at Mild Temperatures // J. Am. Chem. Soc. — 2012 — Volume 134-Pages 1419-1421.
3. Tao Zhong Printable Stretchable Silver Ink and Application to Printed RFID Tags for Wearable Electronics / Tao Zhong, Ning Jin, Wei Yuan [etal.] // Materials– 2019 — Volume 12 — Issue 18 — Article 3036

Проектный облик и обоснование конструкции колесного робота повышенной проходимости

Барциц А.А., Юманов А.К., Бобров Д.А.

Научный руководитель — Горбовский Д.И.

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

Задача построения робота включает в себя задачу составления списка необходимых материалов для решения поставленных технических задач, в нашем случае технической задачей является создание робота с высокой проходимостью. Для обеспечения высокой проходимости робот должен обладать следующими характеристиками: высокий клиренс, высокая жесткость корпуса, изоляция элементов управления от условий среды, а также грамотная разработанная система подвески и управления. Исходя из технической задачи нам

следует принять следующие допущения: масса робота должна быть малой, необходима простота технического обслуживания.

Для обеспечения малой массы корпус решено сделать из стеклоткани, так как при должной обработке она способна сохранять жесткость и обладает сравнительно меньшей массой относительно металлов.

Для обеспечения высоких параметров проходимости принято решение использовать мотор-колеса, а для обеспечения большей маневренности решено рулевую рейку. Следует сказать, что только передние колеса будут являться ведущими из-за необходимости добиться наименьшей массы, а мотор-колеса обеспечивают простоту установки и уменьшение используемого пространства в работе. Также выбрана однорычажная подвеска из-за простоты технического обслуживания.

Для решения задач управления решено разделить управление на два уровня — низкий и высокий. Низкий уровень — это система управления мотор-колесами и их поворотом. Высокий уровень — это система обеспечивающая общую навигация с помощью стерео зрения и бесплатформенной инерциальной навигационной системой. Для обеспечения работы низкого уровня системы управления выбрана аппаратная платформа Arduino и stm плата. Для обеспечения высокого уровня управления выбрана платформа Raspberry Pi.

Для облегчения технического обслуживания и увеличения универсальности робота решено использовать модульную конструкцию с возможностью замены модулей на необходимые. Установленные модули будут влиять на специализацию робота.

Данные решения позволят добиться оптимальных параметров для робота.

Использование программных средств цифровой обработки сигналов в БА КА для обработки аналоговых сигналов

Власова Ю.Е., Клизубова Л.А.

Научный руководитель — к.т.н. Тульский И.Н.
АО «ИСС», Железнодорожск (Красноярский край)

В настоящий момент для точности измерений сигналов недостаточно применение аналоговых фильтров ввиду влияния широкополосных импульсных помех на аналоговые измерительные тракты. Электронно-компонентная база для ракетно-космической техники не выпускает пассивные компоненты, отвечающие требованиям к построению широкополосных аналоговых фильтров. На текущем этапе развития бортовой аппаратуры космических аппаратов (БА КА) одна из основных задач гарантирования успешной фильтрации — установить характеристики по помехоустойчивости для однозначной и прецизионной обработки аналоговых сигналов.

Целью текущего этапа исследования является — разработка алгоритма фильтрации с применением средств цифровой обработки сигнала (ЦОС) для прецизионной обработки аналоговых сигналов в БА КА.

Было решено реализовывать алгоритм обработки синтезируемого БИХ-фильтра разными методами аппроксимаций в результате анализа информационных источников [1-3]. Так как аналоговые фильтры легко преобразуются в эквивалентные БИХ-фильтры со сходными спецификациями. Заданные требования к фильтру: полоса пропускания до 10 кГц, полоса среза заканчивается на 40 кГц, полоса затухания от 40 до 400 кГц, неравномерность в полосе пропускания 0,1 дБ.

АЧХ ФНЧ методом аппроксимации Баттерворта максимально гладкая и монотонная в пределах полосы пропускания и полосы задержки с широкой переходной полосой. ФНЧ Чебышева 1 рода обладает АЧХ с пульсациями в полосе пропускания и максимально гладкой в полосе заграждения. АЧХ инверсного ФНЧ Чебышева отличается максимально гладкой в полосе пропускания и с пульсациями в полосе заграждения характеристикой. АЧХ ФНЧ Кауэра в полосе пропускания и в полосе заграждения содержит пульсации, следственно разработка фильтра Кауэра значительно сложнее синтеза ФНЧ аппроксимациями Баттерворта и Чебышева.

Разработав алгоритм обработки аналогового сигнала на основе выбранного типа фильтра, была произведена оценка занимаемого объема памяти ПЛИС разными методами аппроксимаций БИХ-фильтра.

Сравнительный анализ различных методов аппроксимации БИХ-фильтра с точки зрения удовлетворения минимальным требованиям для обработки сигнала и наименьшей занимаемой памяти в ПЛИС показал, что на данный момент наиболее подходящим методом обработки сигналов является реализация БИХ-фильтра с методом аппроксимации Баттерворта [4-5].

По итогам проведения данного этапа исследования с применением средств ЦОС для обработки аналоговых сигналов в БА КА добились следующих результатов:

- Снижения зависимости аналогового сигнала от аппаратной конструкции измерительного тракта (погрешность пассивных элементов может быть увеличена с 0,1% до 5%);

- Снижения возмущений по электромагнитной совместимости и к помехам электропитания (возможность сокращения количества шунтирующих конденсаторов по питанию на 5÷10%);

- Снижения зависимости от параметров внешней среды (температуры, факторов космического пространства);

- Аналоговый сигнал, частота которого не превышает 1МГц, был оцифрован с частотой передискретизации 8 МГц, т.е. больше минимально граничной частоты по теореме Котельникова в 4 раза. Таким образом, применение схемы передискретизации позволило увеличить разрешающую способность фильтра в 4 раза.

Список использованных источников:

1. Цифровая обработка сигналов и MATLAB: учеб. Пособие / А.И. Солонина, Д.М. Клионский, Т.В. Меркучева, С.Н. Перов. // СПб.: БХВ-Петербург. 2013. 512 с.: ил.

2. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. 656 с.: ил.

3. Эммануил С. Айфичер, Барри У. Джервис. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 992 с.: ил.

4. Эдмунд Лэй. Цифровая обработка сигналов для инженеров и технических специалистов: практическое руководство. Пер. с англ. ООО «Пропартнёр», переводчик Соколюб Н.С. М.: ООО «Группа ИТД», 2007. 336 с.: ил., таб.

5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002. 508 с.: ил.

Разработка 4-битного модуля АЛУ с подключенным стеклом данных

Гостев А.П.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

В настоящее время остро ощущается нехватка качественных отечественных микропроцессоров. В связи с этим возникла необходимость изготовления новых, более продвинутых аналогов импортных цифровых микросхем на базе отечественных или доступных зарубежных компонентов.

Спроектировано арифметико-логическое устройство, позволяющее проверить работоспособность базовых принципов будущей системы.

Разработана тестовая печатная плата с установленными компонентами, подключен стек данных микропрограммы, которую генерирует Arduino Mega.

Разработанная система хорошо показала себя в испытаниях, проведенных с помощью микроконтроллера Arduino Mega 2560.

Разработанная система позволяет выполнять операции сложения, разности, прибавления и вычитания единицы, позволяет использовать результат операции в следующей операции, имеет стек данных.

Существует несколько моделей архитектуры компьютера. В качестве архитектуры системы, проектируемой в данном проекте, используются некоторые аспекты гарвардской архитектуры компьютера, а именно разделение памяти данных и памяти микропрограммы. Это позволяет обезопасить код программы, исполняющейся процессором, от вмешательства неаккуратного пользователя или хакера, которые могут изменить его. То есть пользователь имеет доступ только к стеку данных процессора, который он не может изменять напрямую, и памяти данных программы, которая заполняется при компиляции исходного кода в бинарный код и последующей линковки в машинный код, который воспринимается процессором, и содержит постоянные данные, такие как глобальные и статические переменные.

Планируется разработка контроллера на основе имеющейся модели на основе гарвардской архитектуры с использованием стека данных и памяти с произвольным доступом для микропрограммы. Стек данных реализован через соединение памяти с произвольным доступом, регистра с текущим адресом данных и счетчика, управляемого командой микропрограммы, который позволяет удалять и добавлять данные в стек.

Планируется итеративное тестирование всех подсистем контроллера на основе АЛУ с последующим объединением в полностью работоспособную систему.

Список использованных источников:

1. Э. Таненбаум «Архитектура компьютера» 2013. — 816с.
2. М. Г. Царев «Проектирование печатных плат в программе Sprint Layout 6» 2016. — 97 с.

Разработка программно-аппаратного комплекса для обнаружения микрочастиц в жидкости оптическим методом

Жиров А.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.

МАИ, Москва

Во многих областях производства и обслуживания возникает необходимость контроля качества различных жидкостей за счет обнаружения в них микрочастиц и исследования их параметров. Если данные частицы являются загрязнением, то своевременное их распознавание позволяет повысить безопасность производства, увеличить срок эксплуатации оборудования. На производствах, связанных с кисломолочной продукцией, контроль за микроорганизмами повышает качество итоговой продукции. Для обеспечения контроля используются автоматические счетчики частиц (АСЧ), однако данные устройства в большинстве случаев являются стационарными лабораторными установками, а портативные аналоги не могут производить контроль в реальном времени в постоянном потоке жидкости. Примерами таких портативных счетчиков для контроля состояния рабочей жидкости могут быть Pamas S 40, HIAC PODS+ или icountLaserCM20, все они обладают проприетарным программным обеспечением и высокой стоимостью (более \$7500). Целью данной работы было продолжение разработки программно-аппаратного комплекса, который разрабатывается на кафедре №319 под руководством Павлова В.Ю. Данный комплекс должен обеспечивать функционал аналогичный уже существующим устройствам на рынке и обладать значительно меньшей стоимостью. Принципиально, работа комплекса разбита на несколько этапов: аналоговый сигнал с датчика поступает на АЦП, где оцифровывается и поступает на микроконтроллер, далее, после преобразования сигнала в вид, необходимый для обработки программной частью компьютера, сигнал отправляется на компьютер по выбранному протоколу связи. Далее пользователь может просмотреть данные в реальном времени и экспортировать их для дальнейшей обработки. В результате анализа по критериям цены и минимального необходимого функционала, было решено выполнить аппаратная часть на базе микроконтроллера Atmega 328/P. Разработка обеспечивает передачу данных по протоколу USB, Serial port и Ethernet, для обмена данными по USB используется UART конвертор, для Serial port микросхема MAX3232, а для передачи по сети Ethernet — микросхема ENC28J60. Эти модули обладают малой стоимостью и большой доступностью на

рынке. Программная часть написана на языке C++ с использованием графической библиотеки Qt и позволяет в реальном времени видеть показания датчика, программа обладает кроссплатформенностью и возможностью экспорта данных для дальнейшей обработки.

Аппаратно-программный комплекс для оценки концентрации нейромедиаторов в головном мозге

Карташова М.В.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день большую актуальность имеют экспериментальные исследования в области высшей нервной деятельности, основанные на оценке изменения концентрации нейромедиаторов в мозге. Одним из методов для таких исследований является метод циклической вольтамперометрии с быстрой развёрткой потенциала, применяемый в экспериментах на подопытных животных (крысах). Для получения более точных данных эксперименты проводят на свободноподвижных животных. В связи с этим необходимо создание миниатюрного автономного прибора, который был бы способен работать требуемое для корректного эксперимента время без проводов, а также обладал бы небольшой массой для возможности его закрепления на животном.

В данной работе приводится общая структурная схема разрабатываемого прибора, а также структурные схемы отдельных его модулей. Особое внимание было уделено усилителю измеряемого сигнала, так как ток, протекающий через электроды, составляет порядка единиц наноампер, что сопоставимо с уровнем шумов, порождаемых самим устройством. Это означает, что к усилителю измеряемого напряжения предъявляются дополнительные требования, связанные с фильтрацией помех, а устройство обработки должно иметь возможность накопления и усреднения информации. В работе приводится принципиальная схема усилителя, отвечающего данным требованиям и результаты моделирования в среде Proteus. На основании этого был разработан прототип прибора, на котором в лаборатории кафедры Нормальной физиологии Московского государственного медицинского университета имени И. М. Сеченова были проведены эксперименты с растворами дофамина разных концентраций, на основании которых была разработана методика оценки концентрации дофамина методом циклической вольтамперометрии.

Данная работа была выполнена при поддержке СКБ-4.

Прибор для диагностики электрических машин (ПДЭМ) и прогнозирования возникновения дефектов

Кобзева И.А., Егорова Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сурков Д.А.

МАИ, Москва

Электродвигатели и генераторы — распространенный источник тепловой и электрической энергии на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), различных производствах, на крупных буровых, насосных, гидро- и атомных электростанциях, и множестве других мест, где отказ электрических машин сопряжен с крупными финансовыми потерями и угрозой жизни людей. Для мониторинга электрических машин, произведенных с 60-х годов XX века по настоящее время, которые составляют около 50% промышленных мощностей страны, используются одинаковые методы диагностики неисправностей. Для этого используются тепловизоры, шумомеры, методы различной визуальной диагностики, в том числе оценки цвета подтеков масла спектрографами и газоанализаторами. Все это требует постоянных обходов электроустановок.

Для решения проблемы непрерывной диагностики электродвигателей и генераторов был создан прототип устройства, способный решать такие задачи, как:

1. Следить за состоянием электрической машины во время работы без ее остановки;

2. Прогнозировать выход из строя двигателя или приближение сервисного обслуживания для планирования ТО и для предотвращения аварий с остановкой производства;

3. Локализовать неисправность электрических машин без длительной диагностики.

На сегодняшний день метод последовательного осмотра двигателей и генераторов неэффективен и недостаточен, так как не несет всей информации о состоянии электрической машины, требует высококвалифицированных специалистов, специализирующихся на определенном типе электродвигателя, а таких, в рамках одного производства, может насчитываться более десятка типов.

Задача непрерывного мониторинга состоит в том, чтобы прогнозировать возникновение дефектов, оценивать их критичность и отслеживать их развитие. Таким образом, можно произвести ТО или ремонт электрической машины до того, как дефекты приведут к выходу ее из строя.

Физический смысл измерений состоит в том, чтобы получать и анализировать данные о температуре с датчиков, находящихся внутри двигателя и по данным с акселерометров рассчитывать среднюю квадратичную скорость (СКЗ), а также строить спектр полученного сигнала. По такому набору данных можно судить о состоянии электрической машины. Этот метод диагностики электродвигателей и генераторов позволит избежать неожиданных аварий на производствах, планировать техническое обслуживание или капитальный ремонт электроустановок без длительной остановки, выявлять неисправности электрической и механической частей машины на ранних стадиях, когда их выявление другими методами еще невозможно. Также непрерывный мониторинг и компьютерный анализ позволит упростить процедуру диагностики, так как не будет необходимости в узкоспециализированных кадрах для каждого типа электрической машины, установленной на производстве.

Исследование аспектов конструирования и изготовления печатных плат со встроенными компонентами

Коробков М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

Современные тенденции к уменьшению размеров и увеличению функциональных возможностей электронных устройств вносят технические противоречия в процесс их разработки. Совокупность этих факторов негативно влияет на надежность выпускаемых устройств, что недопустимо для устройств ответственного назначения.

В качестве перспективного метода решения сложившихся затруднений можно выделить подход, который заключается во встраивании компонентов в диэлектрическое основание и позволяет располагать компоненты в объеме печатной платы. Однако, до сих пор нет четко сформированной позиции касательно влияния встроенных компонентов на надежность электронных устройств.

В работе проведено исследование технологии встраивания дискретных компонентов для определения проблем ее применения в разрезе надежности: как со стороны конструирования, так и со стороны изготовления.

Для решения поставленной проблемы:

1. Спроектирована многослойная печатная плата, включающая в себя встроенные как пассивные компоненты в виде чип-резисторов и конденсаторов в корпусе 0603, так и активные — адресные светодиоды WS2812 в корпусе 3030.

2. Предложен способ изготовления печатной платы со встроенными компонентами на основе тентинг-метода. По предложенному способу изготовлено два прототипа.

3. Проведен функциональный контроль работоспособности прототипов.

В ходе выполнения работы определены аспекты, которые влияют на надежность печатных плат со встроенными компонентами и требуют дополнительного рассмотрения. С конструкторской стороны, необходимо исследовать вопрос формирования

технологических окон под компоненты: их размеров и форм, а также ограничений по заполнению компонентами внутреннего объема базового материала. С технологической стороны, вниманию подлежат аспекты оптимизации технологических этапов монтажа встроенных компонентов, прессования и контроля качества.

На основе результатов проведенного исследования, определена необходимость формирования новых подходов к разработке современных печатных узлов, поскольку технология встроеного монтажа неявно объединяет два разных технологических процесса: изготовления печатных плат и сборки печатных узлов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSFF-2020-0015).

Электромагнитный ускоритель тела и возможности его использования в современной технике

Круглов А.В., Христов С.С., Доронин П.А.

Научный руководитель — Чириков С.А.

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

Основными целями исследования являются: изучение работы электромагнитного ускорителя массы тела во взаимосвязи с аналитическим изучением возможностей его применения в современной технике, а также использования в современных инновационных разработках по перемещению исходной массы с большой скоростью с помощью магнитного поля на различные расстояния.

Актуальностью работы является создание принципиально нового класса устройств для изучения параметров электромагнитного ускорителя, индукции электромагнитного поля, передачи энергии наведенных токов в разгоняемое тело и явления серийного откола.

Для изучения данной проблемы был сконструирован опытный стенд, который представляет из себя устройство приобретения ускорения ферромагнитического тела за счет силы ампера. Общий принцип работы заключается в том, что при зарядке конденсатора тиристор активирует катушку и в ней образуется электромагнитное поле, которое втягивает снаряд внутрь соленоида. После чего конденсатор разряжается, и в катушке исчезает электромагнитное поле и металлическое тело (снаряд) приобретает ускорение.

Исходя из вышеизложенного, основными параметрами, оказывающими максимальное влияние на работу электромагнитного ускорителя, являются: сечения провода, начальной и конечной скорости тела, коэффициента намотки катушки, длины катушки, а также стартовой позиции снаряда, его длины и диаметра, напряжения и емкости конденсатора.

С помощью программного обеспечения «Femm 42» (Finite Element Method Magnetics) были проведены исследования с применением вышеизложенных параметров.

В результате исследования опытным путем с использованием стенда было определено, что оптимальная емкость конденсатора должна составлять 1000 мкФ, и он должен иметь максимально больше напряжение. Катушка должна иметь следующие параметры: внешний диаметр равен длине катушки 35 мм, внутренний диаметр — 8 мм, сечение провода 0,8 мм и меньше. Диаметр цилиндрического тела равен 6 мм, а длина 35 мм.

Также, как выяснилось, при конструировании многоступенчатого ускорителя стоит учитывать, что из-за постоянно нарастающей скорости, такие параметры как: внешний диаметр катушек, стартовая позиция снаряда, его начальная скорость и длина катушки становятся переменными. В работе приведены результаты исследования оптимальных параметров многоступенчатого ускорителя. Достигнут средний КПД установки 17,3%.

Рентгеновское исследование катушек из ВТСП лент с использованием метода компьютерной томографии

Малых Е.А., Минасян В.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомуцкая О.В.
МАИ, Москва

Сверхпроводимость — свойство группы материалов проводить электричество или переносить электроны между атомами без сопротивления, то есть со строго нулевым электрическим сопротивлением, при достижении ими критической температуры. По уровню температуры, являющемуся критической точкой, сверхпроводники делятся на низкотемпературные (сверхпроводящие свойства которых проявляются при температурах ниже, чем температура кипения азота — 77 К) и высокотемпературные (критическая точка которых превышает отметку в 77 К). Эффект высокотемпературной сверхпроводимости (сокращенно — ВТСП), несмотря на отсутствие полного теоретического обоснования его возникновения и существования, уже достаточно широко используется в повседневной практике. Технически эффект реализуется чаще всего на базе ВТСП-кабелей и ВТСП-лент, которые применяются в электродвигателях и генераторах, значительно сокращая их массогабаритные показатели, что в свою очередь позволяет использовать их для создания полностью электрического самолета.

Практически все ВТСП материалы являются композитами, сверхпроводящая часть которых плохо выносит механические напряжения кручения и практически не выносит напряжения растяжения. Лента представляет собой слоистую структуру, а материалы слоев (серебро, оксид иттрия-бария-меди, медь в качестве подложки) имеют существенно различающиеся коэффициенты температурного расширения. Катушка из ВТСП ленты представляет собой два ряда ленты, намотанные в разные стороны вокруг специальной оснастки с использованием связующего компаунда. Ряды витков катушки соединяются между собой переходным витком.

Изготовление рейстречковых катушек из ВТСП ленты создает дополнительные напряжения в ленте, поскольку при производстве лента намагнивается под постоянным натяжением и зазор между витками заполняется компаундом. В результате, при несоблюдении технологического процесса изготовления катушек возможно ухудшение или потеря сверхпроводящих свойств.

В данный момент методом, позволяющим провести инспекцию качества намотки катушек, является метод ультразвуковой микроскопии, который применяется вместе с проведением рентгеновского анализа, что делает данный метод времязатратным. Также данный метод требует дорогостоящего оборудования, хотя обладает и достаточно невысоким расширением.

Целью работы является разработка методики проведения исследования намотки ВТСП-катушек путем измерения положения переходного витка, зазора между витками ленты, разницы в вертикальном расположении рядов катушки и применение полученной методики для анализа представленных образцов, обладающих разными электрическими характеристиками.

В работе проведены исследования трех образцов ВТСП-катушек по разработанной методике с целью определения фактического расположения ленты, зазоров между витками и рядами витков в собранной катушке. Исследование подразумевает собой сканирование образцов с использованием метода компьютерной томографии, для которого разработан специальный держатель ВТСП-катушки, и обработку данных на полученных томограммах.

Для исследуемых параметров в работе вдоль периметра катушки строятся графики следующих параметров: значение вертикального рассовещения между рядами катушки, среднее значение по 4 измерениям и среднеквадратичное отклонение. Полученные графики сравниваются с соответствующими графиками для эталонного образца на соответствие формы и разброса значений.

В результате работы разработана методика, позволяющая определить возможные причины ухудшения сверхпроводящих свойств исследуемых образцов, среди которых,

например, недостаточно качественная наладка намоточного оборудования, в частности направляющих, обеспечивающих направление укладки ленты, или недостаточная смачиваемость подложки компаундом. Также, представлены рекомендации по изменению технологического процесса намотки катушек из ВТСП-лент.

В сравнении с методом ультразвуковой микроскопии, разработанная в ходе работы методика не позволяет производить замер пустот в компаунде и толщину его слоя между витками в силу его рентгенопрозрачности, но позволяет строить объемную модель образца. Преодолеть такое затруднение позволит добавление в используемые компаунды рентгеноконтрастных материалов.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, номер МК-582.2022.4.

Список использованных источников:

1. Wolsky, A.M. Applied superconductivity. — Park Ridge: NOYES DATA CORPORATION, 1989. — 370 с.

2. Leung, Kent Development of a new superfluid helium ultra-cold neutron source and a new magnetic trap for neutron lifetime measurements: дис. Prof. Dr. PHY Physik наук: Technical University Munchen, 2012. — 291 с.

3. Superconducting Coil // ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. URL: <https://www.sciencedirect.com/> (дата обращения: 15.01.2022).

Методика сопоставления изображений компьютерной томографии печатных плат

Минасян В.Б., Кадочников А.А., Малых Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Протасов В.И.

МАИ, Москва

В настоящее время, в связи с постоянным усложнением электроники, все острее встает вопрос надежности, так как уплотнение компонентов и усложнение техпроцесса повышают требования к качеству изготовления. В связи с этим все более актуальным становится рентгеновский контроль. В случае рентгеновского контроля существует проблема обнаружения некоторых дефектов, которые могут быть видны только при определенных углах наблюдения, а также участков плат, находящихся в тени радиаторов.

В настоящее время помимо простого рентгеновского просвечивания печатных плат существуют такие методы как просмотр под углом, компьютерная томография и 3D-наклонная томография. Данные методы позволяют обнаружить такие типы дефектов, которые недоступны для обнаружения простым просвечиванием платы, при этом системы технического зрения для автоматизированного обнаружения дефектов недоступна при использовании томографии и подобных методов, работающих с трехмерными изображениями.

Помимо этого, существующие системы рентгеновского контроля с автоматизированным распознаванием дефектов имеют ряд недостатков, ограничивающих возможность их применения. Перспективным способом контроля малогабаритных печатных плат и печатных узлов с высокой плотностью монтажа или наличием BGA-компонентов является использование метода компьютерной томографии.

При проведении томографического сканирования на выходе получается трехмерное растровое рентгеновское изображение. Однако, в некоторых случаях возникают дополнительные проблемы, связанные с недостаточной информативностью получаемых изображений ввиду большой разницы в рентгенопрозрачности различных компонентов, ограничений, накладываемых используемым напряжением и мощностью рентгеновской трубки, а также чувствительностью детектора.

Для решения данной проблемы предлагается рассчитать коэффициенты для перевода относительных значений томограмм к абсолютным. Это позволит проводить сопоставление различных томограмм, полученных при разных условиях. Для этого создана

соответствующая методика, заключающаяся в сканировании исследуемого объекта в несколько этапов при разных параметрах, и последующем объединении полученных томограмм с целью расширения диапазона яркости, чтобы получить максимально информативную томограмму исследуемого объекта.

Среди недостатков следует отметить, что данный метод работает только для метода компьютерной томографии, что в свою очередь накладывает ограничения на размеры исследуемых образцов и разрешающую способность получаемых томограмм, а также значительные трудозатраты на обработку данных.

Для решения данных проблем ведется разработка алгоритма, который позволит автоматизировать процесс обработки данных компьютерной томографии, за счет распознавания образов и сопоставления структур с трехмерной моделью.

Список использованных источников:

1. Минасян В.Б., Кадочников А.А. «Проблемы обработки изображений компьютерной томографии печатных плат» Гагаринские чтения — 2021: XLVII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов. М.: 2021

2. Минасян В.Б., Кадочников А.А., Малых Е.А. «Проблемы автоматизации обработки данных компьютерной томографии и способы их решения для задачи контроля печатных узлов» // 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика»; ноябрь 2021г., Москва. Тезисы.

3. Протасов В.И., Потапова З.Е., Мирахмедов Р.О., Шарнин М.М., Минасян В.Б. «Методы нахождения решений групповым актором с малой вероятностью ошибки» Международная научная конференция по физико-технической информатике СРТ2019. 13-17 мая 2019, Автономная некоммерческая организация «Институт физико-технической информатики» (Протвино); 2019

Разработка и исследование моделей, связывающих конструктивно-технологические факторы и технические параметры акселерометров инерциального класса

Мозгалева М.А.

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

МАИ, Москва

В настоящее время основными информационными комплексами, служащими для управления полетом авиационных летательных аппаратов (ЛА), являются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). В качестве датчиков первичной информации в целой гамме серийно выпускаемых БИНС авиационного назначения применяются маятниковые акселерометры серии АК, в которых чувствительный элемент изготовлен в виде кварцевой пластины, подвешенной к корпусу с помощью тонких ленточных перемычек.

К числу основных выходных параметров, определяющих качество работы акселерометров в составе БИНС, относят: масштабный коэффициент, определяющий отношение величины выходного сигнала прибора к измеряемой величине; нулевой сигнал, под которым понимают его выходной сигнал при нулевом значении измеряемого ускорения; погрешность базы, это — отклонение реальной оси чувствительности прибора от идеальной, моделируемой инструментальной системой координат.

Важными показателями, характеризующими стабильность получаемой с помощью данного акселерометра первичной информации и определяющими в значительной степени качество работы БИНС, являются такие технические характеристики, как нестабильности вышеуказанных показателей от запуска к запуску прибора, которые вносятся в его паспортные данные на основе контроля выходных характеристик.

В целях управления качеством акселерометров серии АК в условиях их серийного производства были разработаны и исследованы графо-алгоритмические модели,

связывающие их основные конструктивно-технологические факторы и вышеуказанные выходные параметры.

Для оценки адекватности разработанных моделей были проведены исследования колебаний значений конструктивных факторов прибора в пределах их допустимых отклонений на нестабильность величин их масштабного коэффициента, нулевого сигнала и погрешности базы. Проведенные исследования показали их отклонения, не превышающие по величине нескольких процентов, т.е. подтвердили адекватность разработанных моделей в плане их отражения процессов взаимодействия конструктивных элементов прибора при его работе.

В докладе рассмотрены структурная схема и принцип действия акселерометра инерциального класса типа АК, приведены разработанные графо-алгоритмические модели и результаты их исследования.

Многофункциональная система измерения параметров колебаний

Ногтев С.С., Баскаков С.А., Антонов И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.В.

МАИ, Москва

Целью данной работы является разработка программного обеспечения для его реализации в микроконтроллере, который с помощью датчика MPU6050 выдает такие параметры ориентации и движения, как угловые скорости, углы поворота, линейные ускорения, скорости и перемещения устройства по трем осям. Дальнейшее внедрение микроконтроллера в различные технические системы поможет оценивать состояние устройства и окружающей среды.

Для выполнения поставленной задачи был написан код на платформе Arduino, позволяющий получать данные с датчика в виде угловых скоростей и линейных ускорений. Угловое положение определяется из углов, образуемых ускорением свободного падения и его проекциями на оси датчика, а также с помощью интегрирования угловых скоростей. Эту задачу выполняет комплементарный фильтр [1]. Так как данный датчик имеет достаточно большой дрейф, то для определения перемещения используется предположение, что движение является колебательным. Это предположение позволяет достаточно точно измерять параметры периодического движения.

Данные отображаются с помощью одноплатного компьютера Raspberry Pi и выводятся на монитор, что позволяет точно и в круглосуточном режиме наблюдать за состоянием изделия, на котором установлен запрограммированный микроконтроллер с датчиком. Выбор был сделан в пользу данного устройства по следующим причинам: цена, универсальность, надежность и достаточно широкие возможности. Основная и главная проблема устройства была решена — было подобрано максимально оптимальное зарядное устройство, способное беспрепятственно взаимодействовать с Raspberry Pi.

Прием-передача может быть реализована на 55 каналах, начиная с диапазона 2.4 ГГц до 2.455 ГГц, что позволит найти более устойчивый сигнал без помех, дополнительно устройство считывает уникальный, запрограммированный код доступа. Это решение позволяет защитить память записывающего устройства от нежелательной записи из-за потери контекста счетчиков программ. В следствии чего, получается быстрее и надежнее идентифицировать нужный сигнал.

Одной из основных прикладных задач является измерение высоты волн на море. В качестве оптимально удобной оболочки устройства был сделан выбор в пользу конусообразного буйка. Колебания буйка на воде воспринимаются указанным датчиком, аналоговый сигнал с которого обрабатывается микроконтроллером семейства Atmega. Передача данных осуществляется беспроводным модулем NRF24L01 через встроенную в буй антенну. Сигналы с приемника обрабатываются платформой Arduino Nano, управляемой микроконтроллером Atmega328P. Данные с микроконтроллера выводятся на монитор, что позволяет точно и в круглосуточном режиме наблюдать за состоянием моря и атмосферы.

Также запрограммированным микроконтроллером с датчиком можно измерять вибрации. Речь идёт о пьезоэлектрических датчиках вибрации, входящих в состав БСКД. Они используются для определения уровней вибрации различных элементов двигателей, фюзеляжа и элементов крепежа. С данным ПО есть возможность встроить акселерометр в состав инерциальных навигационных систем, более точно измерять ускорения, определяющие удар шасси ЛА о землю/воду. Также микроконтроллер с акселерометром можно поставить в систему активной подвески автомобиля, ПО позволяет максимально точно и почти безошибочно определять вертикальное ускорение колеса, с целью придания подвеске максимального комфорта. Также акселерометр с микроконтроллером, запрограммированный ПО способен определять активный контроль наклона, который поднимает штанги стабилизатора в передней и задней подвеске, чтобы сопротивляться наклону кузова при повороте. Управляющий модуль получает сигнал бокового ускорения от установленного на корпусе акселерометра и направляет давление от насоса к гидравлическим цилиндрам, которые поднимают штанги стабилизатора, повышая сопротивление наклону и увеличивая дорожное сцепление. Может использоваться в системах контроля компенсации и коррекции изменения уровня жидкости. Информация может быть получена от наклона от инклинометра. Данная система применима к уровню масла при запуске и движении в горах. Также может использоваться в навигационных системах автомобиля (также и в самолетах). Также есть возможность применять данную систему при работе с такой болезнью, как тремор: за счет изменения ускорений пальца относительно трех осей ориентирования можно определить степень развития этой болезни.

Применение диоксида гафния в электронной компонентной базе космического назначения

Резник А.А., Баранов А.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Резванов А.А.

АО «НИИМЭ», Москва

Для создания электронной аппаратуры критически важных систем госкорпораций «Росатом», «Роскосмос», а также систем Министерства обороны Российской Федерации требуется наличие в номенклатуре отечественной электронной компонентной базы развитого энергозависимой памяти [1,2], характеризующихся определенными значениями объема, ресурса перезаписи и обращений, стойкости к различным факторам внешнего воздействия, в том числе и радиации.

Сегнетоэлектрическая память с произвольным доступом (FeRAM) в последние годы привлекает большое внимание как кандидат для будущей технологии памяти с высокой плотностью, низким энергопотреблением и энергонезависимостью. До сих пор многие исследования посвящены стабильности FeRAM, изготовленной из цирконат-титаната свинца (ЦТС), в радиационной среде. Однако проблема масштабирования и плохая совместимость КМОП с перовскитными сегнетоэлектрическими материалами препятствуют дальнейшему развитию сегнетоэлектрической памяти. Использование же диоксида гафния позволяет преодолеть проблему масштабирования и плохой совместимости с текущей КМОП технологией.

Радиация является серьезной проблемой для космической аппаратуры. Потoki тормозного излучения от электронов, потоки высокоэнергичных частиц солнечных и галактических космических лучей очень трудно остановить и поэтому они воздействуют на электронные компоненты космических аппаратов [3]. Например, когда полевой транзистор подвергается воздействию излучения, в оксидном слое МОП-транзистора могут образовываться электронно-дырочные пары, которые, в конечном счёте, ведут к сдвигу порогового напряжения, что отрицательно сказывается на быстродействии и энергопотреблении устройства. Воздействие же ионизированного излучения на элементы памяти может сократить срок хранения информации или привести к её утере.

Экспериментальные данные [4,5] свидетельствуют о том, что ячейки FeRAM на основе диоксида гафния демонстрируют очень стабильные характеристики при воздействии высокой дозы гамма-излучения (10 Мрад). Разброс основных характеристик (остаточная поляризация и диэлектрическая проницаемость) после облучения оказался на уровне ~0,4%, что гораздо меньше по сравнению с ячейками памяти на основе перовскитов, для которых изменение этих характеристик, при такой же дозе облучения, составило 25–30%.

Формирование буферных слоев является ещё одним методом улучшения радиационной стойкости сегнетоэлектрической памяти [6]. Выращенный сегнетоэлектрический слой, благодаря буферному слою, лучше кристаллизуется, тем самым повышая долговечность и рабочий ресурс сегнетоэлектрических ячеек памяти.

Использование диоксида гафния в качестве подзатворных диэлектриков МОП-транзисторов также положительно сказывается на радиационной стойкости [7]. По сравнению с классическим диоксидом кремния, МОПТ с диэлектриком из диоксида гафния показал на порядок меньшую чувствительность к ионизирующему излучению благодаря пассивации облученных связей.

Таким образом, применение микросхем FeRAM, по которым в Российской Федерации имеется достаточный научно-технический задел и технологические возможности, позволит сократить сроки разработки перспективных образцов вооружения и систем космического назначения, реализуемых, например, в рамках развития ГЛОНАСС. Микросхемы FeRAM на основе диоксида гафния могут использоваться в высоконадежных системах, предъявляющих повышенные требования по стойкости к специальным воздействующим факторам.

Список использованных источников:

1. Красников Г.Я. и др. Современное состояние разработок в области энергонезависимой памяти типа РСМ //Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. – 2015. – №. 2. – С. 38-44.
2. Красников Г.Я., Эннс В.И. Экспертиза применения электронной компонентной базы при создании аппаратуры космического и специального назначения-важный шаг в решении задачи импортозамещения //Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. — 2021. — №. 1. — С. 12-17.
3. Темирбулатов М.С., Эннс В.И. Космическая программа и радиационная стойкость современных интегральных микросхем //Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. — 2015. — №. 2. — С. 76-88.
4. Sun Q. et al. Total ionizing dose effects of ^{60}Co γ -rays radiation on $\text{Hf}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_2$ ferroelectric thin film capacitors //Journal of Materials Science: Materials in Electronics. — 2020. — Vol. 31. — №. 3. — P. 2049-2056.
5. Huang F. et al. HfO_2 -based highly stable radiation-immune ferroelectric memory //IEEE Electron Device Letters. — 2017. — Vol. 38. — №. 3. — P. 330-333.
6. Liu C. et al. $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ -Based Ferroelectric Field-Effect Transistors With HfO_2 Seed Layers for Radiation-Hard Nonvolatile Memory Applications //IEEE Transactions on Electron Devices. — 2021. — Vol. 68. — №. 9. — P. 4368-4372.
7. Kaya S., Jaksic A., Yilmaz E. Co-60 gamma irradiation effects on electrical characteristics of HfO_2 MOSFETs and specification of basic radiation-induced degradation mechanism //Radiation Physics and Chemistry. — 2018. — Vol. 149. — P. 7-13.

Применение технологии цифровых двойников в научно-исследовательском и образовательном процессах

Румянцев П.А.

Научный руководитель — к.т.н. Буянов С.В.

МАИ, Москва

Практически везде, где проходит цифровая трансформация, сопровождаемая цифровизацией и внедрением цифровых продуктов, наблюдается тенденция к использованию цифровых двойников (ЦД). Концепция ЦД становится важнейшей как в научно-исследовательских работах, так и в производственной деятельности.

На сегодняшний день ЦД — это цифровая (виртуальная) модель любых объектов, систем, процессов или других элементов реального мира [1]. Она точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним. Согласно концепции цифрового двойника, описанной в 2002 году Майклом Гривсом [3], в структуре ЦД выделяются три составляющие:

1. Физический прототип в реальном пространстве.
2. Виртуальная модель в виртуальном пространстве.
3. Данные и информация, объединяющие виртуальный и физический компоненты.

По мнению Гривса, в большинстве случаев, цифровой двойник может стать исчерпывающим источником информации, которую можно получить от его прототипа [3].

Для организации эффективного промышленного производства концепция ЦД акцентирует внимание на интегрированном мультифизическом, масштабном, моделировании сложной системы с использованием физических моделей и датчиков для отображения ее состояния [2]. В рамках виртуальной модели физического объекта или системы математические зависимости связывают отдельные параметры прототипа ЦД. База данных параметров пополняется информацией с интеллектуальных датчиков на протяжении всего жизненного цикла объекта в режиме реального времени.

Внутренняя структура ЦД позволяет моделировать в виртуальном пространстве поведение всего объекта или системы при изменении отдельных составляющих и оптимизировать решение многокритериальных задач. Использование ЦД дает возможность проведения множества виртуальных испытаний на виртуальной модели в целях поиска оптимальных режимов работы и эксплуатации.

Виртуальная модель может быть представлена 3D-моделью, набором статистических данных, математической моделью, киберфизической системой и пр. Создание цифровых двойников может осуществляться с использованием различных технологических средств, в зависимости от цели создания и назначения двойника, а также требуемой степени детализации модели [1].

Эти свойства позволяют использовать цифровые двойники в научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках, что позволяет сократить сроки их проведения, снизить риски — в том числе финансовые, а также связанные с безопасностью для жизни и здоровья персонала [4].

Важно подчеркнуть, что применение ЦД — серьезный шаг в сторону цифровизации образовательного процесса, поскольку полученный опыт может быть применен в разработке виртуальных учебных аудиторий и виртуальных стендов для проведения лабораторных работ.

В настоящее время на кафедре 307 Московского авиационного института ведется разработка цифрового двойника промышленного робота манипулятора.

Первым прототипом для освоения технологии ЦД был выбран 6-ти осевой универсальный робот-манипулятор, известный как «Шахматист-307» [5]. В качестве исполнительных механизмов робота используются шаговые электродвигатели, элементами обратной связи служат инкрементальные энкодеры.

В качестве программно-аппаратной платформы используется Matlab Simulink. Он позволяет не только моделировать функциональные процессы, имитировать эксплуатацию устройства, основываясь на моделировании физических процессов, но и обладает понятным визуальным интерфейсом.

Разработка цифровых моделей основных элементов конструкции робота, его системы управления и их связи с оригиналом ведется согласно основным принципам построения ЦД. Предлагается представить «полномасштабную» модель цифрового двойника, основывающуюся на 3D-модели физического объекта с возможностью синхронизации показателей датчиков и положения осей в режиме реального времени.

Список использованных источников:

1. Прохоров А., Лысачев М., Научный редактор профессор Боровков А. «Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное», — М.: ООО «АльянсПринт», 2020. — 401 стр., ил.
2. L. Barth, M. Ehrat, R. Fuchs and J. Naarmann, «Systematization of Digital Twins: Ontology and Conceptual Framework», in ICISS 2020, Cambridge, 2020.
3. Grievies, M. «Virtually Intelligent Product Systems: Digital and Physical Twins», Complex Systems Engineering: Theory and Practice. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2019, pp. 175-200.
4. Hendrik Meyer, Jonas Zimdahl, Alexander Kamtsiuris, Robert Meissner, «Development of digital twin for aviation research», Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, Conference Paper, November 2020.
5. В МАИ появился робот-шахматист, [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=163766>, (дата обращения 04.03.2022).

Получение перспективных наноматериалов для производства керамических печатных плат

Салтыков Н.В.

Научный руководитель — к.т.н. Савкин А.В.

МАИ, Москва

Условия эксплуатации или функциональное назначение целого ряда изделий электронной техники требуют применения в их конструкции керамических печатных плат (КПП) взамен традиционных печатных плат на основе стеклотекстолита или гетинакса. Ранее для изготовления КПП использовалась высокотемпературная (свыше 10000С) НТСС (High-temperature co-fired ceramic) технология, основой для КПП служила, как правило, алюмооксидная керамика, на поверхность которой вжигали или напыляли токопроводящие материалы. Высокая температура обжига керамики обуславливает значительные затраты на выполнение этой операции.

С целью снижения технологической себестоимости производства КПП в начале века была предложена низкотемпературная (менее 10000С) ЛТСС (Low-temperature co-fired ceramic) технология взамен НТСС технологии [1, 2]. Снижение температуры обжига керамики было достигнуто применением новых керамических материалов. В настоящее время ЛТСС технологию можно назвать довольно молодой серийной производственной технологией, промышленное внедрение которой уже состоялось, но при этом сама технология имеет значительные перспективы к дальнейшему развитию. В первую очередь, развитие ЛТСС технологии будет связано с созданием новых керамических и функциональных материалов, в том числе, наноматериалов, поэтому создание таких материалов является актуальной современной научной задачей.

В данной работе было проведено исследование процесса синтеза нанопорошков оксидов алюминия, магния и кремния. Нанопорошки получались в результате электроискрового диспергирования электродов из соответствующих материалов в окислительной рабочей среде. Диспергирование материалов осуществлялось с помощью запатентованной установки [3] для электроимпульсного управляемого получения наночастиц и нанопорошков металлических и полупроводниковых материалов и сплавов.

Установка для диспергирования состоит из зарядного и разрядного контура, ёмкостного накопителя энергии и диспергируемых электродов, погруженных в рабочую жидкую среду. Зарядный контур отвечает за заряд ёмкостного накопителя энергии до заданного напряжения, регулировка напряжения заряда осуществляется с помощью автотрансформатора. Ёмкостной накопитель энергии представляет собой электрический конденсатор марки К15-У номиналом 1000 пФ на напряжение 10 кВ. Разрядный контур состоит из регулируемого воздушного разрядного промежутка и рабочего межэлектродного

промежутка между диспергируемыми электродами. Разрядное напряжение в контуре задаётся величинами воздушного и рабочего промежутков.

При проведении экспериментов величина регулируемого воздушного разрядного промежутка варьировалась от 0,5 до 1,5 мм, а величина рабочего межэлектродного промежутка от 0,05 до 0,3 мм. При меньших значениях величины воздушного разрядного промежутка процесс диспергирования электродов значительно замедлялся вплоть до полного прекращения. При максимальных значениях величин обоих разрядных промежутков рабочее напряжение ёмкостного накопителя энергии достигало 10 кВ, что является максимально допустимым напряжением для накопителя энергии установки. В качестве рабочей жидкости в процессе диспергирования использовались дистиллированная вода и перекись водорода различной концентрации.

Для определения удельного выхода нанопорошков в зависимости от режима диспергирования непосредственно после каждого эксперимента проводилось измерение спектра поглощения рабочей жидкости с взвешенными в ней наночастицами. Изучение размеров, формы и дисперсии частиц экспериментальных образцов нанопорошка проводился с помощью растрового электронного микроскопа.

В результате проведенных исследований процесса синтеза нанопорошков оксидов алюминия, магния и кремния с использованием электроискрового диспергирования в окислительных средах были получены экспериментальные образцы нанопорошков, выявлены наиболее оптимальные режимы процесса диспергирования. В дальнейшем планируется использовать полученные экспериментальные образцы нанопорошков в составе перспективных керамических порошков для изготовления КПП.

Список использованных источников:

1. Кондратюк Р. LTCC — низкотемпературная совместно обжигаемая керамика // Наноиндустрия. 2011. № 2, С. 26–30.
2. Перцель Я., Яковлев А. Преимущества использования технологии низкотемпературной керамики для реализации радиоэлектронных устройств // Современная электроника. 2012. № 8, С. 16–17.
3. Дителева А.О., Кукушкин Д.Ю., Савкин А.В. Слепцов В.В. Установка для электроимпульсного управляемого получения наночастиц и нанопорошков металлических и полупроводниковых материалов и сплавов // Патент на изобретение РФ №2756189 от 28.09.2021 г.

Разработка системы умного обогрева электроники

Севастьянова Е.В., Минасян В.Б.

Научный руководитель — Исаев В.В.

МАИ, Москва

В современном мире активно развивается сфера IoT устройств, при этом, если для части применений возможно подвести провода для питания и обмена данных, для других требуется использование беспроводных каналов связи и автономных источников питания. Условия эксплуатации для каждого такого устройства определяются по наиболее чувствительным компонентам, одним из которых являются аккумуляторы и одноразовые батареи. Аккумулятор в свою очередь обладает некоторыми характеристиками, наиболее важной из которых является емкость.

Фактическая емкость аккумуляторов зависит от множества факторов. Например, литий-ионные и литий-железо-фосфатные аккумуляторы крайне чувствительны к температуре окружающей среды. При температуре ниже –20 градусов по шкале Цельсия для литий-ионных и ниже –30 для литий-железо-фосфатных снижается скорость движения ионов и протекания химических реакций в электролите, что соответственно приводит к потере емкости, в следствии чего происходит быстрая разрядка и деградация аккумуляторов. При условии, что в некоторых регионах нашей страны температура зимой достигает отметки

–40°С и даже ниже, проблема эксплуатации аккумуляторов при отрицательных температурах стоит крайне остро.

Одним из решений данной проблемы является поддержание рабочей температуры аккумулятора, для чего разрабатывается система умного обогрева. Для простоты прототипирования используется плата `arduino uno` и в дальнейшем предполагается разработка индивидуальной платы управления. В качестве нагревательного элемента выбраны гибкие панели на тканевой подложке оснащенные термистором для контроля температуры. Поддержание заданной температуры реализовано при помощи системы с обратной связью, управление каждым нагревательными элементом по отдельному каналу ШИМ-сигналом через силовые ключи. Поскольку потребляемая мощность на обогрев напрямую зависит от теплообмена с окружающей средой, необходимо наличие теплоизолирующего кейса или чехла. В общем случае затраты энергии на поддержание требуемой температуры и время автономной работы аккумулятора зависят от мощности тепловых потерь конкретной системы.

Для определения оптимальных параметров поддержания температуры необходимо проведение испытаний в климатической камере. Критериями оптимально выбраны: минимальная деградация аккумулятора, минимальное потребление энергии на обогрев и максимальное время автономной работы. Разработан план климатических испытаний предусматривающий 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. Результаты испытаний позволят определить граничные условия эксплуатации, при которых использование нашей системы становится целесообразным.

Данное техническое решение позволит заметно увеличить автономность различных устройств при работе в условиях низких и экстремально низких температур.

Исследование показателей безотказности резисторов на расширенном температурном диапазоне

Уркунов А.К., Фёдоров Н.Г.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.
ВШЭ, Москва

Введение

С развитием технологий происходит расширение географии эксплуатации электрорадиоизделий (ЭРИ) — космос, северные территории. Становится актуальным вопрос надежности ЭРИ, в частности, эксплуатационной интенсивности отказов (ЭИО) и наработки на отказ.

Цель работы: повышение достоверности ММ ЭИО при отрицательных температурах.

Обзор и анализ существующих ММ ЭИО

В работе рассматриваются ММ ЭИО резисторов группы «Тонкопленочные» из трех справочников по надежности. Максимальный диапазон рабочих температур ММ, приведенных в данных справочниках от 0 до +170 градусов Цельсия. При визуализации функций ММ на расширенном диапазоне температур (от –55 до +125 градусов Цельсия) заметно поведение ЭИО при отрицательных температурах — интенсивность отказов не увеличивается, несмотря на деградационные процессы, возникающие в ЭРИ при низких температурах. Таким образом, доказана ограниченность ММ, представленных в справочниках, в диапазоне температур.

Обзор и анализ исследований зависимости характеристик резисторов от температуры

Сдвиг сопротивления (СС) и его производная — температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — характеристики резистора, зависящие от температуры. В исследованиях от Vishay Intertechnology, Inc. представлены значения ТКС и СС для

8 тонкопленочных резисторов, полученные экспериментально. При аппроксимации значений ТКС получены 8 линейных, значений СС — 8 квадратичных.

Для проверки гипотезы о наличии связи между температурой, СС и ЭИО была построена корреляционная матрица. По матрице определены 3 резистора, значения СС которых коррелируют с ЭИО из справочников и температурой с коэффициентами корреляции от 0,98 до 1. Таким образом, проверена возникшая гипотеза и найдена связь между СС и ЭИО тонкопленочных резисторов.

Прогнозирование ЭИО на расширенном диапазоне температур и валидация прогноза

Для прогнозирования ЭИО на расширенном диапазоне температур выбран метод линейной регрессии. Разработали программу на языке программирования Python, использующую метод машинного обучения LinearRegression.

Обучили модель и спрогнозировали значения ЭИО на расширенном диапазоне температур. Для проверки точности прогнозирования, вычислили коэффициент детерминации и среднеквадратичное отклонение. Они равны 0,99 и $4e^{-11}$ соответственно, что доказывает относительно высокую точность полученных значений. При аппроксимации полученных значений получен полином третьей степени — макромодель ЭИО тонкопленочных резисторов, где в качестве единственного независимого аргумента выступает температура в градусах Цельсия.

Методика ускоренных испытаний

Для валидации значений на основе экспериментальных данных необходимо подготовить методику ускоренных испытаний и соответствующее оборудование.

Для уменьшения времени испытаний, применена методика ускоренных испытаний, при которой коэффициент ускорения испытаний равен произведению коэффициентов ускорения испытаний по температуре и электрической нагрузке и количества ЭРИ.

Устройство стенда

Разработан программно-аппаратный комплекс, состоящий из климатической камеры, вычислительного модуля, экспериментального модуля, блока питания на 12В и модуля передачи данных в сеть Интернет.

Экспериментальный модуль помещается в климатическую камеру и представляет собой плату с резисторами и контактами. Вычислительный модуль выполнен на ESP8266 и состоит из защиты от короткого замыкания, реле, схемы измерения сопротивления, мультиплексора, счетчика, сдвиговых регистров, микроконтроллера и Wi-Fi модуля. Общий принцип измерения сопротивления резисторов построен на схеме неинвертирующего операционного усилителя с положительной обратной связью.

Помимо этого, в данном модуле предусмотрена передача данных в сеть интернет и логирование в связи с большой длительностью времени ожидания результата эксперимента.

Заключение

Таким образом, в рамках данного проекта разработана макромодель для расчета ЭИО на расширенном диапазоне температур, являющаяся полиномом третьей степени, и разработан программно-аппаратный комплекс для проведения ускоренных испытаний резисторов. Разработанную ММ ЭИО резисторов группы «Тонкопленочные» можно использовать как в производственной, так и в научной деятельности.

Анализ методов повышения проходимости колёсного робота

Христосов С.С., Круглов А.В., Сало А.П.

Научный руководитель — Горбовский Д.И.

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

Нашей задачей является анализ существующих методов повышения подвижности мобильных роботов, а также выбор методов, которые мы будем использовать в рамках создания группы мобильных роботов.

Были определены условия функционирования робота. Таковыми зонами были выбраны городская и пересечённая местности.

Были выделены основные типы препятствий.

1) Поверхность, по которой происходит движение, или же покрытие. Данный тип определяет скорость, с которой будет двигаться мобильный робот. Основным показателем была выбрана «Вязкость покрытия». Таким образом, покрытия типа бетона или плитки не будут оказывать негативных воздействий, а трава, грунт, песок и т.д. будут затруднять движение робота.

2) Неровность поверхности, или рельеф. Данный тип препятствий подразумевает различные ямы, кочки, канавы, небольшие рвы. Основная опасность таких препятствий — опасность застревания или переворота робота.

3) Препятствия, характерные исключительно для городской местности: бордюры, поребрики и лестницы в задачах подъёма и спуска.

Первой задачей является выбор движителя. Сравнив плюсы и минусы двух самых популярных и легкорезализуемых видов движителей: колёсных и гусеничных, мы пришли к выводу, что колёсные движители, дающие роботу большую универсальность и подвижность, нежели гусеничные, больше подходят в рамках нашего проекта.

Далее мы выделили 5 основных методов повышения проходимости колесных роботов:

1) Добавление полного привода. Данный метод позволяет повысить проходимость колёсных роботов при движении по рыхлому грунту или местности с высокой травой, а также в задачах преодоления лестниц и бордюров.

2) Добавление в конструкции роботов подвески, обеспечивающей наличие вертикальной степени свободы у колёс робота. Было проведено сравнение 2-ух роботов с одинаковыми двигателями и колёсами, но при этом 2-ой робот, обладал более лёгкой конструкцией, имел у колёс степени свободы в вертикальной, перпендикулярной с осью робота, плоскости, а также был оснащён рессорами. В ходе испытаний в городской и пересечённой местностях, а также в задачах преодоления лестниц и бордюров, оказалось, что все перечисленные факторы, а в больше степени наличие у колёс вертикальной степени свободы, повышает проходимость мобильного робота во всех рассмотренных задачах за счёт повышенной адаптации колёс к форме препятствий.

3) Повышение клиренса. Данный способ повышения проходимости заключается в увеличении расстояния от нижней части корпуса робота до земли. Данный показатель может быть увеличен путём добавления высокой подвески или увеличения диаметра колёс. Роботы, при наличии высокого клиренса, начинают лучше преодолевать пересечённую местность, однако важно соблюдать баланс между проходимостью и устойчивостью, так как высокий клиренс может стать причиной неустойчивости и переворота робота, а также может понизить его манёвренность.

4) Использование «Балансирной подвески. Основная идея — усовершенствование шестиколёсной платформы, путём установки 2-ух передних пар колёс на балансир, прикреплённый к основному с помощью двух шарика-подшипников. Данная конструкция позволяет роботу подстраиваться под неровности местности, а возможность изменения угла балансира вручную позволяет роботу преодолевать более значительные преграды. Однако данная конструкция имеет 2 существенных минуса: понижение манёвренности робота при поворотах, а также отрыв одного из колёс балансира в результате резкого изменения скорости. Данные проблемы негативно сказываются на мобильности и управляемости платформы. Данные проблемы можно сгладить, увеличив расстояние между колёс, однако в таком случае падает геометрическая проходимость.

5) Добавление к роботу поворотных гусеничных секций, вращение которыми осуществляется сервоприводами. Подобный метод используется в роботе Andros F6A, предназначенном для разминирования. Установка дополнительного гусеничного движителя с изменяемой геометрией позволяет роботу эффективнее преодолевать препятствия, а также хорошо себя показывать в задачах подъёма и спуска по лестницам. Также данный метод позволяет существенно увеличить тяговые возможности на слабонесущих грунтах, а также повышает показатель профильной проходимости.

Рассмотрев вышеперечисленные варианты увеличения подвижности робота, мы пришли к выводу, что комбинация полноприводной системы, подвески с вертикальной степенью

свободы, и умеренно-высокого клиренса позволяет преодолеть почти любое препятствие на пересеченной местности, не считая высоких препятствий и слишком рыхлого или вязкого покрытия. Для компенсации этих недостатков, а также для решения задач преодоления лестниц и бордюров, в конструкцию робота могут быть добавлены дополнительные гусеничные движители с изменяемой геометрией.

Таким образом, анализ существующих методов повышения проходимости мобильных роботов позволил нам найти способы, применимые в рамках нашего проекта создания и управления группой мобильных роботов.

Полуавтомат парашютный комбинированный унифицированный: история, технические возможности, область применения

Шурыгин С.А.

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

МАИ, Москва

К важнейшей продукции АО «Второй Московский приборостроительный завод» относятся парашютные приборы, которые выпускаются на предприятии с 1950 года.

Парашютные приборы предназначены для введения в действие механизмов и устройств парашютно-катапультных систем, служащих для автоматического раскрытия парашютов на заданных высотах при совершении парашютистами прыжков с воздушных летательных аппаратов.

Первыми такими приборами были комбинированные автоматы парашютные серий АД и КАП. За годы их производства данные изделия прошли ряд модификаций, и в настоящее время выпускаются полуавтоматы парашютные комбинированные унифицированные серии ППК-У.

С момента выпуска и до настоящего времени парашютные приборы находятся на вооружении в силовых ведомствах, спортивных клубах, экспортируются за рубеж. Благодаря применению данных устройств были спасены тысячи жизней.

Полуавтомат парашютный является комбинированным прибором и конструктивно состоит из взаимосвязанных элементов часового механизма и анероидного блока. Анероидный блок служит для измерения статического атмосферного давления, функционально связанного с высотой нахождения прибора относительно земли. Как только достигается высота, установленная по шкале прибора, анероид запускает часовой механизм, обеспечивающий срабатывание вытяжного механизма, который раскрывает ранец парашюта через промежуток времени, заданный по шкале времени прибора.

При этом на высотах, превышающих установленное по шкале прибора значение, анероидным устройством происходит блокировка часового механизма, пока парашютист не опустится до высоты, превышающей на 100 м высоту, установленную по шкале прибора. После этого блокирующий механизм снимается, и парашют раскрывается на заданной высоте.

В докладе рассматриваются конструкция прибора и принцип его действия; конструктивные отличия, вызванные областью применения; приводятся технические характеристики; затрагиваются исторические аспекты производства данных изделий.

Секция №3.4 Системное моделирование, комплексы программ и Web-разработка

Разработка и оптимизация 3Д-модели и программных инструкций 3Д-печати прототипа спекл-интерферометрического датчика фланцевого типа

Амелина М.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.

МАИ, Москва

Во многих сферах науки и техники существует необходимость в режиме реального времени контролировать состав жидкостей, проверять наличие в них механических примесей и воды. Спекл-интерферометрические датчики способны решить данную проблему. Они просты, надежны в использовании и дают наибольшую чувствительность.

На кафедре проводится разработка подобного датчика. Созданный проточный оптический датчик доказал успешность метода. Далее проводились работы по удешевлению и упрощению прототипирования за счет внедрения технологии 3Д-печати для изготовления корпусных деталей. Следующим шагом является создание прототипа датчика фланцевого типа для нужд микробиологической отрасли.

Датчик фланцевого типа состоит из каркаса с посадочным фланцем для подключения к емкостям или трубопроводам, из лазера и приемника, формирующих оптическую группу датчика, печатной платы, а также защитного стакана корпуса.

Последние прототипы имеют более обтекаемую форму. Помимо этого, оптимизировано деление каркаса прибора на части для большего удобства и оптимизации под 3Д-печать. Рассматривается возможность применения сменных фланцевых соединений для большей универсальности датчика. В ранних прототипах датчика фланцевого типа для улавливания спекл-картины предполагалось использовать световод, проталкиваемый и вклеиваемый в изогнутую полость, что подвергало данный световод излишним нагрузкам и создавало риск повреждения. Благодаря успехам в проводимом параллельно на кафедре исследовании инкапсулирования готовых элементов по ходу 3Д-печати стало возможным совершенствование процесса печати, при котором данный световод инкапсулируется с минимальными физическими нагрузками.

В рамках оптимизации прорабатываются такие направления, как оптимизация топологии модели, оптимизация параметров процесса 3Д-печати, оптимизация позиционирования детали на печатной плоскости.

В дальнейшем планируется провести серию экспериментов с применением датчиков нового образца. Поскольку данная тема является в достаточной мере перспективной и интересной с точки зрения внедрения в производственный процесс современных технологий аддитивного производства, то также планируется серия экспериментов по точному подбору материалов, в наибольшей степени удовлетворяющих требованиями к подобным датчикам, а также, исследование степени влияния постобработки изделий на улучшение их показателей. Касательно дальнейшего развития концепции датчика фланцевого типа можно отметить всегда сохраняющуюся потребность в поиске и улучшении возможных недочетов, возникающих в ходе проектирования образцов. После этапа внутренних лабораторных испытаний есть цель выйти на расширенные испытания с привлечением микробиологических лабораторий.

Исследование и разработка средств подключения компиляторов к веб-лаборатории для обучения программированию

Ананьев Р.В.

Научный руководитель — к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

Неотъемлемой частью обучения информационным технологиям являются курсы по программированию и разработке программного обеспечения с использованием различных языков программирования. Часто из-за отсутствия студенческих лицензий или специфики программного обеспечения (компиляторы, среды разработки и т.д.) программное обеспечение для проведения разработки может быть недоступно для студентов вне компьютерных классов или лабораторий учебного заведения. Это становится проблемой в случае необходимости перехода на дистанционное обучение [1]. Для удовлетворения потребности в системах для дистанционного обучения без необходимости физического присутствия [2] требуется выработать подходящее для всех решение данной проблемы.

Таким решением может стать создание облачной информационной системы по аналогии с системами поддержки жизненного цикла изделий, позволяющей обеспечить удаленный доступ к проприетарным программам или программам со специфическими системными требованиями, а также использование современных интерактивных инструментов разработки с отказоустойчивым веб-интерфейсом или автономным клиентским веб-приложением [3].

В качестве основы такой системы предлагается использовать Jupyter Lab, который является бесплатным приложением с открытым исходным кодом, позволяющим создавать документы, включающие в себя код программ на различных языках программирования, результат работы этих программ, текстовое описание и медиа-содержимое. Данная система является интерактивной средой разработки, где программный код можно отредактировать, выполнить и сразу увидеть результат внутри документа.

Система является крайне гибкой, поскольку позволяет использовать множество различных интерпретаторов и компиляторов языков программирования, а также других программ, за счет использования системы Jupyter Kernel [4]. Jupyter Kernel представляет из себя программную оболочку, реализующую взаимодействие и обмен сообщениями с запущенным пользователем приложением. Благодаря такой организации системы существует возможность создания собственных компонентов для подключения к системе различных программ, в том числе трансляторов, компиляторов и интерпретаторов языков программирования.

Среди доступных в настоящее время в Jupyter Lab более 40 языков программирования. Однако существующие реализации Jupyter Kernel для языка программирования Fortran являются устаревшими, либо незавершенными, в связи с чем возникла потребность в самостоятельной разработке этого программного компонента. Был разработан модуль для интеграции компилятора GFortran с Jupyter Lab с помощью Jupyter Kernel. Это позволит обеспечить дистанционное проведение лабораторных работ для студентов инженерных специальностей при использовании стационарных и мобильных клиентских устройств со стандартным веб-браузером без необходимости установки какого-либо программного обеспечения на стороне клиентов.

Благодаря разработанному инструментарию пользователи смогут хранить в системе исполняемые файлы программ, исходный код, различные дополнительные файлы и составлять на их основе отчеты о выполнении заданий. Благодаря этому студентам будет удобнее выполнять и оформлять работы, а преподавателям — проводить проверку и вести отчетность.

Список использованных источников:

1. Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н. Быстрый старт дистанционного обучения с использованием сети Интернет // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №12. С. 29-31.

2. Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н. Дистанционное обучение через Интернет с помощью специализированных веб-приложений // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. №11. С. 19-21.

3. Гинзбург И.Б. Отказоустойчивые веб-интерфейсы для геоинформационных систем с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. №4. С. 72–75.

4. Kernels (Programming Languages) [Электронный ресурс] // Jupyter Project Documentation. URL: <https://docs.jupyter.org/en/latest/projects/kernels.html>

Разработка алгоритма валидации терминологии в технической документации

Андрюкеева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

Сложность современного производства требует создания множества нормативно-технических документов [1]: спецификаций, технической инструкций, эксплуатационных и ремонтных документов, технических заданий, пояснительных записок и т. д. Наиболее распространёнными проблемами при подготовке документации являются такие, как проверка соответствия структуры и оформления документации принятым внутренним и внешним стандартам, составление множества однотипных документов, нарушение терминологии в тексте и др [2].

Для решения многих из вышеупомянутых проблем была разработана информационная система «TechDoc» [3], которая позволяет проверять документацию на типичные ошибки, анализировать документ на соответствие стандартным шаблонам, генерировать пользовательские шаблоны. Помимо проверки оформления документации, важным этапом является анализ ее содержания, так как технический писатель не может быть специалистом во всех возможных сферах производства (промышленность, торговля, сельское хозяйство, связь, транспорт, торговля и прочее), он может столкнуться с трудностями в подборе терминологии при переходе из одной в другую.

Для решения этой проблемы разработан алгоритм, позволяющий выявить несоответствия применяемой терминологии, состоящий из следующих шагов:

1. На вход алгоритма подается текст и термин, проверку которого необходимо выполнить.

2. Происходит поиск первого вхождения термина в тексте и выделение его зависимых слов.

3. В последующих предложениях текста выполняются выделения главного слова и его зависимых, и их сравнение с зависимыми термина.

4. Если зависимые главного слова в текущем предложении и термина совпадают, то сравниваются термин и главное слово, если нет, то поиск продолжается.

5. Если при сравнении термина и главного слова выявилось, что они не соответствуют друг другу, делается предположение, что допущена ошибка в применении термина.

Таким образом, алгоритм позволяет получить список проблемных мест в тексте документации для оперативного исправления.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 3.1109-82 ЕСТД. Термины и определения основных понятий [Электронный ресурс]: ГОСТ. — Дата обращения: 05.01.2021 — Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845082.pdf>

2. Андрюкеева А. А. Исследование алгоритмов анализа и генерации технической документации [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 12.01.2021 — Режим доступа: https://www.cs.vsu.ru/ipmt-conf/conf/2021/Proceeding_IPMT_2021.pdf

3. ИС «TechDoc» [Электронный ресурс]: приложение. — Дата обращения: 09.01.2021 — Режим доступа: <https://yadi.sk/d/-Vo2lvW0V2JLg>

Оптимизация алгоритмов 3D-печати корпусов оптических датчиков с включением готовых элементов

Архипов Д.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.

МАИ, Москва

Для многих сфер науки и техники ключевую роль играет контроль качества технологических жидкостей, так как от этого непосредственно зависит, насколько безопасным и надежным будет эксплуатация оборудования.

С усложнением технологических процессов, важность качественного контроля возрастает, и, соответственно, растут требования к устройствам, осуществляющим данную функцию. В то же время, с развитием информационных технологий появляются новые возможности для создания более совершенных контрольно-измерительных приборов на новых физических принципах. Одним из таких решений является спекл-интерферометрический контроль. Спекл-интерферометрический датчик контроля качества технологических жидкостей предлагает высокую чувствительность измерений, а также простоту в эксплуатации.

В лаборатории кафедры проводится разработка данных устройств. Были успешно изготовлены опытные образцы датчиков с применением технологии 3D-печати. Несмотря на успех в данной области, результат не был до конца удовлетворительным. Желательно чтобы датчик имел меньшие габариты и вес, был универсальным, а его производство потребляло меньше материальных и временных ресурсов. Таким образом, была начата работа над улучшенным прототипом. В основу нового проекта лег метод печати с инкапсуляцией готовых элементов, также исследуемый на кафедре.

Работа проводится по двум основным направлениям. Первым является оптимизация предыдущей версии датчика с целью уменьшения количества материала, затрачиваемого на производство корпусных деталей, и уменьшения времени производства данных деталей. Это включает в себя снижение толщины стенок корпуса, что приводит к меньшей трате материала на внутреннее заполнение стенок и общему повышению компактности датчика, и упрощение некоторых деталей устройства благодаря печати с инкапсуляцией готовых элементов. В рамках данной концепции компоновки оптическая кювета сохраняется. Вторым направлением работы является разработка версии датчика без данного элемента. В новом прототипе вместо кюветы используются две стеклянные пластины, которые инкапсулируются в корпус устройства, что позволит сделать его неразъемным и, следовательно, более простым с технологической точки зрения. Другими преимуществами являются уменьшение материальных расходов на производство, так как уменьшается количество деталей, и уменьшение времени на изготовление датчика.

Далее планируется серия экспериментов над новым прототипом. В них входят испытания на прочность устройства по сравнению с его предыдущей версией, а также проверки герметичности инкапсуляционных элементов датчика.

Доступность веб-контента

Барабанов И.С.

Научный руководитель — Новиков Б.Б.

МАИ, Москва

Определение потребностей пользователей сайтов может оказаться сложным делом, поскольку пользователи бывают самые разные, и чтобы им понравилась работа, проделанная разработчиками, и они захотели им пользоваться, мы должны понять, кто они и что им нужно. Потратив время на исследование пользовательских потребностей, мы сможем выйти за рамки наших ограниченных представлений и увидеть сайт глазами тех самых пользователей.

Одним из ведущих показателей при разработке качественного сайта является доступность веб-контента. Доступность оценивает пригодность пользовательского

интерфейса для как можно большего количества пользователей. В большинстве своём, это делается для людей с ограниченными возможностями. Эти пользователи воспринимают информацию с помощью специальных средств, например:

- Скрин-ридеры — программы, с помощью которых информация с сайта полностью озвучивается;

- Дисплей Брайля — отображает текст в виде 6-точечных символов;

- Клавиатура — используется в качестве управления навигацией по сайту с помощью кнопок Enter, Tab, Space и стрелок;

- Мышь — используется при отсутствии клавиатуры;

- Функция управления зумом — используется людьми со слабым зрением;

- Функция управления контрастностью — используется людьми с цветовой слепотой;

- Функция отключения анимации сайта — используется людьми с эпилепсией.

Существует несколько стандартов доступности, такие как: WCAG, A11Y, WAI-ARIA, EN 301 549 и другие. Некоторые из них обязательны к исполнению в ряде стран. Внедрение стандартов доступности веб-контента будет способствовать не только улучшению пользовательского интерфейса, но и повышению охвата аудитории. Пользовательский опыт показывает, что сайты, не соответствующие стандартам доступности, теряют часть своих пользователей. При адаптации сайта, важно в первую очередь создать функциональность считывания. Чтобы избежать распространённых ошибок и создавать доступные компоненты нужно придерживаться некоторых правил и рекомендаций:

1. Отказ от использования специальных версий сайтов для слабовидящих (так как обычно эти версии сайтов забрасываются, и информация на них устаревает), и адаптировать основную сайт под эти требования.

2. Соблюдение грамотной семантической разметки сайта. Тогда скрин-ридеры смогут решить большую часть задач сами, без каких-либо сложностей.

3. Возможность прохождения CAPCHA различными способами. Например: графический, звуковой, текстовый способы.

4. Делать подписи к значимому графическому контенту, проследить доступность видеоконтента (использовать субтитры, которые не вшиты в видео), избегать отсканированных документов (так как скрин-ридеры не могут их прочитать), либо дублировать информацию в текстовом виде.

5. Не использовать маленький размер шрифта.

6. Использовать правильные тексты. Не надо писать на кнопке «кнопка», так как скрин-ридер без проблем считывает роль элемента. Он может зачитывать роли для кнопок, списков, навигации, ссылок и других элементов сайта.

7. Придерживаться международных стандартов, таких как WAI-ARIA и WCAG.

8. Привлекать к тестированию доступности сайтов незрячих тестировщиков и консультантов.

Подводя итог можно сказать, что разработчикам важно помнить, что доступным должен быть весь изложенный контент, ведь делая удобные интерфейсы для людей с особыми возможностями, вы сделаете удобный интерфейс и для самих себя.

Анализ возможностей производства радиоэлектронных средств перспективных РЛС с применением технологии бесчертежного производства Барбасов Н.В., Никуйко С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гвоздарев Р.С.
МАИ, Москва

В настоящее время процесс проектирования перспективных РЛС крупными промышленными предприятиями неотъемлемо связан с применением программных комплексов по созданию геометрических и математических моделей, разрабатываемых конструктивов. Использование программных комплексов позволяет разработчикам радиоэлектронной аппаратуры упростить процесс проектирования, провести различные

типы конструктивных расчетов, отражающих качественные показатели наиболее важных параметров, таких как: надежность проектируемого изделия, устойчивость к ВВФ (внешним воздействующим факторам), собираемость конструктивных узлов и их целесообразность. При этом производство, большинства предприятий, неизменно связано с производством и хранением бумажных носителей информации, чертежей. Использование бумажных носителей информации имеет множество недостатков основными из которых являются огромные экономические затраты при корректировке, нерациональный расход бумажных носителей, тяжелые условия эффективного сохранения конструкторской документации при долгосрочном хранении. В связи с этим целесообразно рассмотреть одно из перспективных направлений развития промышленного производства, позволяющего полностью отказаться от бумажной документации — бесчертежное производство.

Бесчертежное производство — это технология описания выпускаемых изделий и их составных частей (деталей и узлов) в трехмерном пространстве, с добавлением всей конструкторской и технологической информации (исполнительные размеры, шероховатости, базы, технические требования и т. д.) в файл трехмерной модели. Впервые бесчертежные технологии применены на заводе AMRC Factory 2050 в 2015, ориентированным на производство авиации. В AMRC Factory 2050 полностью отсутствует бумажная КД — используются только 3D-модели с интегрированной конструкторской и технологической информацией. Технологии бесчертежного производства позволили AMRC Factory 2050 уменьшить срок разработки изделия сохранив конструкционные и технологические параметры. Очевидный успех бесчертежного производства AMRC Factory 2050 подтолкнул к внедрению данного, нетрадиционного типа, производства на таких предприятиях как: The Boeing Company, Simens AG, Intel.

Основными этапами данного производственного процесса являются:

- 1) создание математических и геометрических моделей разрабатываемого изделия содержащих необходимую конструкторскую и технологическую информацию;
- 2) проведение комплекса расчетов на основе моделей, содержащих всю информацию об изделии, направленных для выявления недостатков разработанных изделий, обеспечивающее разработку изделий с минимизацией дальнейших корректировок;
- 3) загрузка в виртуальное хранилище предприятия моделей содержащих всю необходимую информацию, для следующих этапов жизненного цикла изделия;
- 4) автоматизированное формирование логистики технологического маршрута на основе модели из виртуального хранилища;
- 5) производство изделия на основе данных.

Использование технологий бесчертежного производства позволяет: сократить трудоёмкость, экономические затраты, количество ошибок при проектировании, время проведения корректировок, повысить качество выпускаемых изделий. Помимо выше указанных преимуществ, появится возможность изготавливать отлаженные изделия, которые при первых опытных испытаниях смогут полностью выполнять свой функционал.

Вывод: внедрение технологий бесчертежного производства за счёт замены бумажной документации геометрическими и математическими моделями сократит огромные экономические затраты при корректировке, нерациональный расход бумажных носителей, тяжелые условия эффективного сохранения конструкторской документации при долгосрочном хранении.

Список использованных источников:

1. Никуйко С.А., Гвоздарев Р.С., «Анализ механической прочности блочных каркасов на базе стандарта МЭК 60297 и варианты модернизации для перспективных РЛС» Вестник Воздушно-космической обороны 2022 — 14с.

Разработка аэродинамической модели прибора пылевого комплекса в условиях марсианской атмосферы

Барке Н.В.

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

МАИ, Москва

Пылевой комплекс входит в состав научной аппаратуры посадочного платформы международного космического проекта ЭкзоМарс. Старт миссии назначен на август-сентябрь 2022 г.

Пылевой комплекс содержит измерительную аппаратуру для получения данных о механических (масса и скорость) и электрических свойствах частиц пыли в атмосфере Марса, необходимых для построения или уточнения модели этой атмосферы. Комплекс содержит набор механических, оптических и электрических датчиков. Механические датчики измеряют импульсы пылевых частиц при соударении с пьезокерамическими пластинами (панели ударных сенсоров). Величина импульсов зависит от формы прибора, скорости и углов атаки воздушного потока.

Разрабатываемая аэродинамическая модель пылевого комплекса предназначена для использования при интерпретации результатов работы прибора и дополняет функциональные испытания, проводимые в лабораторной аэродинамической установке, которая дает возможность проводить калибровки прибора в ограниченном диапазоне входных параметров, более узком, чем характерный диапазон параметров атмосферы Марса.

Аэродинамическая модель пылевого комплекса основывается на численном решении дифференциальных уравнений Навье-Стокса и описывает поведение микрочастиц пыли в газовой среде CO₂ при марсианском атмосферном давлении и скоростях воздушного потока до 50 м/сек. Программа, реализующая аэродинамическую модель, базируется на алгоритме итерационного клеточного автомата и допускает распараллеливание на распределенных вычислительных ресурсах.

При разработке программы использовалась IDE QtCreator.

Математическая модель беспилотного летательного аппарата схемы летающее крыло для мобильного пилотажного стенда

Баскаков С.А., Ногтев С.С., Антонов И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

При выполнении работы была поставлена задача создать модель беспилотного летательного аппарата для ее внедрения в мобильный пилотажный стенд для отработки алгоритмов в области управления ЛА.

В качестве основного авиасимулятора используется FlightGear в силу простоты работы с ним. Он позволяет отображать динамику полёта летательного аппарата в режиме реального времени с помощью передачи UDP пакетов в него из любой другой программы. А также использовать собственные 3D-модели вместо встроенных.

Схема «летающее крыло» — это разновидность схемы «бесхвостка» с редуцированным фюзеляжем, которым является само крыло, несущее на себе все агрегаты и полезную нагрузку.

Данная схема обладает следующими преимуществами:

1. Вся поверхность ЛА работает как одно крыло, что повышает аэродинамические характеристики, относительно остальных схем. Данное превосходство также позволяет при тех же параметрах размаха крыльев, значительно уменьшить массу самого ЛА и повысить полезную нагрузку.

2. Также схема «летающее крыло» позволяет снизить радиолокационную заметность, за счет уменьшения количества поверхностей рассеяния лучей, по сравнению с остальными схемами.

3. Плюсом также является меньшее количество стыковых узлов, нежели чем в остальных схемах.

Модель БПЛА была разработана в программной среде SolidWorks в размахе условно 1.5 метра для более удобного определения оптимальных аэродинамических параметров. В ходе продувки и переборке оптимально удобных профилей для данной схемы были выбраны следующие: — Lockheed C-5A, 50 градусов (центроплан); Lockheed C-5A переходит в НАСА 0009, 35 градусов (консоли); НАСА 0009, 35 градусов (законцовки). После продувки ЛА и проверки его устойчивости, было принято решение выбрать размах 10 метров.

Для размаха 10 метров были выбраны оптимально эффективные габариты управляющих поверхностей и их количество после продувки по углу атаки.

Для БПЛА данного размаха был выбран двигатель: РД-1700. Данный двигатель является двухконтурным турбореактивным двигателем и имеет следующие характеристики.

Для максимальной эффективности применения данного двигателя был создан S-образный воздухозаборник с узким соплом. Воздухозаборник позволяет скрыть компрессор ТРДД, что в свою очередь улучшает РЛС — незаметность БПЛА в воздухе. Пластина в воздухозаборнике необходима для ликвидации зон рассеяния и формирования равномерно набегающего воздуха. Плоское сопло позволяет быстрее рассеивать тепло реактивной струи, что улучшает незаметность в инфракрасном спектре.

По предварительным расчетам БПЛА имеет следующие массы:

- 1) $M_{пн} = 800$ кг (полезная нагрузка)
- 2) $M_{сн} = 65$ кг (узловые соединения ЛА)
- 3) $M_{оу} = 300$ кг (масса оборудования)
- 4) $M_{су} = 600$ кг (РД-1700+топливная система)
- 5) $M_{т} = 1500$ кг (масса топлива)
- 6) $M_{к} = 800$ кг
- $M_{общая} = 4130$ кг

БПЛА для мобильного пилотажного комплекса обладает схемой «летающее крыло» и имеет следующие отличительные особенности:

- 1) Центроплан
- 2) Консоль крыла
- 3) Плоское сопло
- 4) S-образный воздухозаборник
- 5) Интерцептор
- 6) Внешний элевон
- 7) Внутренний элевон

Принцип работы пилотажного стенда: на ПК управляющие сигналы принимаются и обрабатываются в каком-либо математическом пакете прикладных программ, для дальнейшего использования для математического моделирования или в отдельной самописной программе с математической моделью ЛА.

Разработка математической модели и систем автоматического управления для БПЛА велась в среде динамического моделирования технических систем Simintech. Данная среда позволяет очень просто и наглядно решать многие вычислительные задачи. Особенно этому способствует представление программы в виде блоков.

Модель БПЛА была внедрена в мобильный пилотажный комплекс. После серии тестов модели на комплексе в программе Flightgear была подтверждена адекватность математической модели.

После тестов математической модели ЛА было принято решение рассмотреть возможность его использования в таких сферах как гражданская и военная.

Особенности применения сжатия трафика путём дельта-кодирования при разработке транспортного протокола для сетевых приложений, чувствительных к временным задержкам

Белов Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Со стремительным развитием интернет-технологий на сегодняшний день появилось множество различных сетевых приложений, сервисов и служб. Некоторые из этих приложений, такие как средства удалённого управления и администрирования, средства облачной синхронизации данных, системы реального времени и др., требуют как минимальные задержки и высокую скорость, так и надёжность при передаче данных. При этом существующих на данный момент двух основных транспортных протоколов — TCP и UDP — может быть недостаточно для осуществления данных требований. В рамках научной работы поставлена задача разработки нового транспортного протокола, который позволит объединить достоинства TCP и UDP.

Разработка транспортного протокола, нацеленного на сокращение сетевых задержек и ускорения передачи данных, подразумевает решения множества задач, одной из которых является сжатие трафика. В данной работе рассматривается принцип сжатия сетевого трафика путём дельта-кодирования.

Дельта-кодирование представляет собой алгоритм, при котором структурированный поток данных передаётся не целиком, а только изменившаяся его часть (дельта) относительно предыдущего состояния.

Для реализации дельта-кодирования используются методы сериализации данных. Сериализация представляет собой процесс перевода структуры данных в определённую последовательность байтов. На сегодняшний день существует множество способов сериализации данных, и использование определённых методов в зависимости от вида исходных структурированных данных позволяет достичь большей эффективности при дельта-кодировании.

В общем случае, сериализация данных должна обеспечить возможность представления любой части структуры передаваемых данных с минимальным «оверхедом». Для достижения высокой эффективности структура данных представляется таким образом, чтобы наиболее вероятные к изменению данные располагались в начале последовательности байт, а наименее — в конце.

Таким образом, применение способа сжатия трафика при помощи дельта-кодирования позволит сократить задержки и повысит пропускную способность при передаче потока изменяемых данных.

Управление контурной ошибкой линейного привода подачи

Белоусов Н.А., Гвинджилия М.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов П.М.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Увеличение числа выпускаемых изделий авиационной и космической техники характеризуется автоматизацией производственного процесса и постоянным ужесточением требований к качеству выпускаемой продукции. Изделия, производимые в космической отрасли, объединяют в себе большое количество изломов траекторий, сопряжений в сочетании с различными геометрическими примитивами, кривыми высокого порядка и т. д. Подобные характеристики изделий, изготавливаемых на металлорежущем оборудовании, достигаются только в режиме контурной обработки, при котором перемещение исполнительного органа станка происходит по заданной траектории.

Для данного режима работы, помимо характеристик позиционирования заготовки, также важна фактическая пространственная траектория, возникающая в результате комбинированных движений осей. Применение современных материалов режущего

инструмента, подбор оптимальных режимов резания позволяют увеличивать контурную скорость обработки, однако при этом увеличивается динамическая ошибка, обусловленная динамическими особенностями работы линейных приводов подачи, что приводит к появлению контурной ошибки.

Возможный способ снижения контурной ошибки — снижение контурной скорости, однако при этом нарушаются оптимальные режимы обработки, что негативно сказывается на качестве обработанной поверхности изделия.

Динамические ошибки оказывают существенное воздействие на контурную точность только на участках, имеющих небольшую протяженность в сравнении с общей длиной, а также в местах изломов траекторий и сопряжений, что подтвердил анализ параметров изготавливаемых деталей.

Метод, разработанный авторами, предполагает управление точностью контурной обработки осуществлять с помощью формирования дополнительных сигналов по контуру скорости, рассчитывающихся непосредственно во время процесса обработки изделия. Кроме этого, поскольку режим контурной обработки предполагает согласованное перемещение нескольких линейных приводов подачи, такие сигналы по контурной скорости необходимо подавать на все задействованные приводы подачи. Дополнительные сформированные сигналы позволяют оставлять режущий инструмент в поле допустимого его положения и не требуют коррекции сигналов, подаваемых с устройства управления, а также позволяют обеспечивать высокое быстродействие при реакции на отклонение от заданной траектории.

Формирование дополнительных скоростных сигналов производится на основе математической модели, которая описывает движение инструмента для формирования контура изделия, а также сопоставляет соотношение скоростных сигналов на выходе с системы управления с сигналами обратной связи. Таким образом, корректирующие сигналы по скорости формируются в реальном масштабе времени. Расчет данных сигналов производится на основе динамических характеристик приводов подач и ошибках в динамических звеньях этих приводов.

Эксперименты, проведенные в лаборатории кафедры «Металлорежущие станки» МГТУ им. Н. Э. Баумана показывают, что разработанный метод позволяет обеспечить повышение производительности в среднем на 25%, при обеспечении требуемой точности.

Технические особенности программной оптимизации процессов 3Д-печати с целью получения гетерогенных деталей сложной формы

Вальков В.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Аддитивные технологии производства являются на данный момент одним из наиболее перспективных направлений, связанных с производством во всех сферах человеческой деятельности. Претерпев значительный рост популярности и выйдя на свой пик популярности, данные технологии стремительно развиваются, принимая все новые формы и получая новые сферы применения.

В данной статье рассматриваются технические особенности и способы реализации программной оптимизации процессов 3Д-печати, позволяющие использовать 3Д-печать не как отдельный технический процесс получения простых изделий, а как часть сложного многоступенчатого процесса, позволяющего получать гетерогенные изделия со сложной формой, содержащие в себе внешние компоненты, впечатываемые непосредственно в деталь во время печати.

Данная область применения 3Д-печати как ступени в переходном процессе мало развита на данный момент и не имеет широкого освещения в научно-технической литературе. При этом, возможности подобного технологического процесса, исследуемого на кафедре 319 и именуемого «инкапсуляцией в 3Д-печати», позволяют получать изделия, включающие в

себя армирующие структуры сетчатого, сотового и плоскостного типа, экранирующие вставки, элементы оптических путей, крепежи, RFID и NFC-метки и многое другое.

Концептуально технологию инкапсулирования внешних элементов при 3Д-печати можно разделить на данный момент на четыре этапа. Первый этап — проектирование 3Д-модели с учетом полостей под инкапсуляцию, учитывающих допуски, посадки и коэффициенты термического расширения материалов. Второй этап — трансляция данной 3Д-модели в особый файл команд 3Д-печати формата `.gcode`, содержащий в себе специализированные послойные метки, позволяющие далее осуществить послойное считывание и моделирование движений экструдера для точечной вставки инкапсуляционных пауз на следующем этапе. Третий этап — модификация файла `gcode` с расстановкой инкапсуляционных пауз. Четвертый, финальный, этап — печать с непосредственной установкой всех элементов во время инкапсуляционной паузы.

В рамках выполнения данного исследования была проведена серия опытов по проверке реализуемости подобной инкапсуляции, что было успешно доказано на примере нескольких объектов-демонстраторов технологий. Далее, развитие данного метода тесно пересеклось с разрабатываемыми на кафедре технологиями проектирования и изготовления спеклинтерферометрических датчиков загрязненности технических жидкостей, найдя там свою нишу применения в создаваемых прототипах.

Разработка сервисов задач сопровождения производства с применением микросервисной архитектуры

Городилов Е.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семёнов Г.Е.

МАИ, Москва

С развитием систем сопровождения производства, которые охватывают большое число отделов предприятия и имеют разросшуюся базу данных, обнаружился огромный ограничения монолитной структуры. Не только возрастало количество кода на языках JAVA, Python и C++, также увеличивались издержки на поддержку и быстрое развертывание используемой архитектуры. Модульность особенно необходима при разработке сложных систем. Также такие системы слишком обширны, чтобы быть понятыми одним человеком. Требуется декомпозиция системы на различные модули, поддержка и разработка которыми выполняется разными людьми и даже командами разработчиков.

В сфере высоконагруженных систем набирает популярность микросервисная архитектура. Не только новые компании выбирают микросервисы для реализации своих систем, но и предприятия переходят от монолитных систем уровня предприятия к узкоспециализированным, более привлекательным, учитывая точку зрения затрат на разработку и внедрения модулей. Такая дефрагментация заставляет пересмотреть бизнес-процессы, связанные с традиционными хранилищами данных, подходы к созданию корпоративных систем и облачных вычислений. Эволюция облачных технологий, виртуализации и контейнеризации, которые являются строительными блоками современных приложений, делает переход к микросервисным архитектурам более привлекательным.

Всегда перед началом разработки нового проекта необходимо выбрать архитектуру, на которой он будет построен. Это важный и ответственный шаг, который заложит возможные проблемы и необходимость их решения, которые будут возникать в процессе работы.

Важным признаком микросервисной архитектуры является слабая связь между сервисами. Все взаимодействие происходит через API, который скрывает детали реализации. При проектировании микросервисной архитектуры системы сопровождения большое внимание необходимо уделить архитектурному стилю взаимодействий между сервисами. Отличительным преимуществом микросервисной архитектуры от остальных является простота реализации масштабируемости системы на ее основе. Так же она позволяет выполнять непрерывную разработку, развертывание больших сложных систем.

В статье рассматриваются подходы к созданию таких сложных производственных систем, методы подготовки и структурирования конструкторско-технологической информации, декомпозиции монолитной структуры на модули, реализуемые в рамках различных бизнес-процессов предприятия. Особое внимание уделяется анализу межпроцессного взаимодействия в системе планирования; использованию разных подходов для разных сервисов. Предложенная архитектура позволила увеличить масштабируемость системы, позволила реализовать эффективное взаимодействие высоконагруженных сервисов.

Организация многопользовательской веб-лаборатории для обучения программированию

Громовой М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время весьма активно развиваются облачные информационные системы учебного назначения по причине возникновения острой необходимости перехода на дистанционный режим обучения [1]. Это стало возможным, в том числе, благодаря росту производительности и распространения различных стационарных и мобильных персональных вычислительных устройств в повседневной жизни. Чтобы обеспечить высокое качество образования студентов, обучающихся информационным технологиям, при переходе на дистанционное обучение, требуется создать средства для проведения лабораторных работ по программированию в онлайн. Для этого разработана веб-лаборатория с адаптивным отказоустойчивым интерфейсом [2].

Данная веб-лаборатория позволит писать программы на различных языках программирования. Кроме того, будут предоставлены возможности для взаимодействия преподавателей и студентов между собой. Все это будет доступно с использованием различных клиентских устройств со стандартными веб-браузерами без необходимости установки какого-либо дополнительного программного обеспечения (ПО).

Базой для реализации названной веб-лаборатории был выбран набор систем с открытым кодом: Jupyter Notebook и Jupyter Hub [3]. В совокупности такая веб-лаборатория представляет собой многопользовательскую среду разработки ПО с поддержкой более 40 языков программирования, которая работает на сервере и обеспечивает клиентский интерфейс в среде стандартного веб-браузера. Целью данной работы является создание адаптивного веб-интерфейса для реализации многопользовательской работы в Jupyter Notebook для разработки программ на языке программирования Fortran на различных клиентских устройствах.

Программы, которые будут написаны пользователями, будут компилироваться, исполняться и храниться на сервере, куда сможет подключиться преподаватель и проверить нужные работы студентов. На сервере также можно хранить работы студентов разных лет, что позволит проводить проверку на уникальность программы и предотвращать списывание.

Кроме проблемы доступности ПО, веб-лаборатория также решает вопрос с лицензированием. Количество лицензий для доступа можно будет легко контролировать на самом сервере. Также компиляторы для Jupyter Notebook являются ПО с открытым кодом, что позволяет использовать их неограниченному количеству пользователей.

Еще одним достоинством веб-лаборатории являются возможности для ведения отчетности по выполнению работ студентами. При заведении пользователя в систему указываются его номер группы и ФИО. В конце отчетного периода сводный отчет о посещаемости и сдаче лабораторных работ можно выгрузить из системы и распечатать или экспортировать в другую систему. Это позволяет интегрировать данную веб-лабораторию в процесс дистанционного обучения с уже имеющимися средствами. Например, данная веб-лаборатория может быть интегрирована с системами управления дистанционным обучением,

такими как LMS Moodle. Это позволит вести единую отчетность, что является логичным этапом эволюции дистанционного обучения [4].

Таким образом, использование предлагаемого решения позволяет обеспечить полноценное дистанционное выполнение лабораторных работ, проведение практических занятий по программированию, выполнение самостоятельной учебной и научной работы студентов на различных поддерживаемых языках программирования, а также оформление отчетов по всем этим работам и их проверку преподавателями.

Список использованных источников:

1. Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н. Быстрый старт дистанционного обучения с использованием сети Интернет // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №12. С. 29-31.

2. Гинзбург И.Б. Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». 2015. №84. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=63149>.

3. JupyterHub [Электронный ресурс] // Project Jupyter. URL: <https://jupyter.org/hub>

4. Бродский А.В., Гинзбург И.Б., Столярчук В.А. Эволюция способов дистанционного обучения // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №11. С. 24-26.

Особенности распознавания лиц в темноте

Грущенко П.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хорошко Л.Л.

МАИ, Москва

Классическая система распознавания лиц состоит, как правило, состоит из двух сетей:

Первая сеть, т.н «выравниватель», использует фото или картинку с помощью камеры наблюдения, определяет все возможные лица, те что сможет найти, «обрезает» и «выравнивает» их. После чего полученные лица разворачиваются, подгоняются под заранее обозначенный размер фотографии и располагаются определённым образом.

Второй сетью является «распознаватель». Данная сеть получает выровненное изображение, которое ей передали, и по итогу выдает вектор лица. На совпадающие лица нейросеть выдает похожие векторы.

Проблема данного метода заключается в том, что он не подходит для распознавания лиц в условиях плохой видимости, в частности в темноте. Для распознавания в подобных условиях необходимы другие методы.

Одним из таких методов является комбинированное применение снимков, сделанных при помощи тепловизоров (т.е тепловых карт) и стандартных данных в условиях стандартной освещённости, при обучении систем нейронных сетей. Таким образом система учится выделять отдельные плохо различимые фрагменты лица, после сравнивать их с чертами стандартного качества и находить те, что имеют наибольшую долю совпадения.

В рамках другого метода в систему сетей включают механизм изменения изображений, такой как изменение светочувствительности матрицы, или автоматизированной компьютерной обработки. С помощью этого метода удается выдать яркие изображения при учете экстремально-маленькой освещенности с невероятно краткой выдержкой, который впоследствии использует адаптированная к такому формату свёрточная нейронная сеть.

Таким образом, в случае с распознаванием лиц в условиях затемнения необходимо применять отличные от стандартных нейронных сетей методы, которые могут включать в себя как особый формат обучения входящих в систему нейронных сетей, так и средства предварительной обработки изображений.

Анализ и сравнение тактильных интерфейсов для взаимодействия с виртуальной реальностью

Двойченко А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хорошко Л.Л.

МАИ, Москва

VR — совокупность технологий, с помощью которых можно создать искусственный мир, физически не существующий, но ощущаемый органами чувств в реальном времени в соответствии с законами физики. Виртуальные объекты и субъекты, созданные техническими средствами, влияют на человека через его ощущения: обоняние, чувство равновесия и положения в пространстве, осязание, зрение, вкус, слух.

На текущий момент VR-индустрия стремительно развивается как в сфере развлечений, так и в сферах труда и образования. Регулярно разрабатываются новые проекты, привлекаются инвесторы, анонсируются новые, более продвинутые версии VR-шлемов. Параллельно с их разработкой так же совершенствуются и способы взаимодействия с виртуальной реальностью. На данный момент, помимо контроллеров, разрабатываются различные манипуляторы, от перчаток, позволяющих брать предметы, до полноценных костюмов для VR. Одним из главных недостатков существующих интерфейсов является практически полное отсутствие тактильной отдачи: кроме возможной вибрации, нет способа почувствовать то, что в руке есть виртуальный предмет; прикосновение к телу. Существующие на данный момент разработки интерфейсов с тактильной отдачей очень сложны в разработке, что зачастую приводит к огромной стоимости.

Основной задачей является анализ существующих разработок в области тактильных интерфейсов, сравнение их достоинств и недостатков, а также оценка перспектив создания собственного интерфейса с тактильной отдачей для улучшенного взаимодействия с виртуальной реальностью, что позволит расширить технологический потенциал VR-индустрии.

Применение метода Хольта-Винтерса для прогнозирования заболеваний

Ертаев Н.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Благодаря развитию современных технологий для прогнозирования какого-либо процесса все больше внимания уделяется нейронным сетям и искусственному интеллекту. Соответственно растет число работ посвященных применению технологии искусственного интеллекта и нейронных сетей для получения прогнозов в различных отраслях жизнедеятельности человека.

В работе рассматривается возможность применения нейронных сетей для прогнозирования заболеваний.

Предлагается построить прогнозную модель на основе метода Хольта-Винтерса на примере данных распространения заболеваний гриппа и ОРВИ с 2017 по 2019 года в г. Байконур.

В результате проведенной работы разработана программа для прогнозирования заболеваний на основе метода Хольта-Винтерса на языке программирования Python. Построены графики фактического распространения заболеваний и графики прогнозных значений.

Исходя из полученных значений определена точность прогноза, которая составляет 90%. Следует отметить, что точность прогноза, это величина, которая может меняться в зависимости от количества входных данных. То есть, увеличив количество входных данных можно получить еще более точные прогнозные значения.

Список использованных источников:

1. Прогноз по методу экспоненциального сглаживания с трендом и сезонностью Хольта-Винтерса [Электронный ресурс]. — URL: <http://4analytics.ru/prognozirovanie/prognoz-po>

metodueksponencialnogo -sglajivaniya-s-trendom-i-sezonnostyu-xoltavintersa (дата обращения 20.10.2016).

2. Ертаев Н.К. Прогнозирование динамики заболеваний с учетом сезонных колебаний // Студенческий. электрон. научн. журн. 2021. № 18(146). — URL: <https://sibac.info/journal/student/146/212928> (дата обращения: 21.02.2022).

3. Ертаев Н.К., Шестопалова О.Л. Обоснование выбора модели и метода прогнозирования заболеваний // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. XXXIV междунар. науч.-практ. конф. № 12 (27). — Новосибирск: СибАК, 2020. — С. 28-32.

4. Тархов Д.А. Нейронные сети как средство математического моделирования // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. — М.: Радиотехника, 2006. С. 1-49.

Разработка АИС предоставления государственных услуг городской администрацией

Жусупова А.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

В настоящее время государственные услуги стали неотъемлемой частью в жизни населения. В реестр государственных услуг города Байконур включены 106 государственных услуг, которые оказываются населению города ежедневно, так как большинство услуг имеет социального характера, то есть потребителями услуг является само население.

Согласно федеральному закону №210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» от 27.07.2010 года в перечень услуг входят федеральные услуги, которые в обязательном порядке должны оказываться в формате онлайн. В городе Байконур из 106 услуг 61 — федеральные, остальные услуги — региональные.

В данный момент подразделения городской администрации не предоставляют государственные услуги в формате онлайн (региональные). При этом, поскольку определенные услуги имеют региональный характер и потребителями этих услуг является население города, то количество обращений по оказываемым государственным услугам достаточно велико. Для решения проблем, связанных с оказанием услуг, а именно онлайн записью и оказанием государственных услуг в формате онлайн предлагается разработать автоматизированную систему предоставления государственных услуг, которая включала бы в себя и оказание услуг в формате онлайн и формирование электронной очереди, чтобы потребители могли записаться посредством системы и прийти в определенное время для получения услуги.

Таким образом, внедрение такой автоматизированной системы позволило бы:

предоставлять услуги по записи, предоставлять услуги в электронной форме, выполнять мониторинг качества оказания государственной услуги на основе анкетирования, формировать отчеты в различных разрезах (отслеживать количество обращений, какие услуги и подразделения являются наиболее востребованными).

Таким образом, система позволит предоставлять государственные услуги в удобное время для потребителя путем записи на прием, а также позволит оказывать государственные услуги в формате онлайн.

Метод определения мощности множества экстремальных 2-однородных гиперграфов

Зяц Е.Е.

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

МАИ, Москва

Теория гиперграфов находит применение в криптографии, задачах оптимизации и аналитике. Гиперграф — это граф с гиперребрами, где под гиперребром понимается семейство непустых подмножеств множества вершин гиперграфа.

Одной из главных характеристик множества в дискретной математике является его мощность. Задачи, связанные с определением мощности множества гиперграфов, рассматривал советский математик и один из основоположников теории гиперграфов — А.А. Зыков. В данной работе рассматриваются экстремальные однородные гиперграфы, иначе говоря, однородные гиперграфы, для которых существует и является единственной реализация из графа в вектор степеней вершин, упорядоченный по неубыванию. Под однородностью гиперграфа понимается равенство степеней его вершин между собой.

В ходе работы были исследованы подходы к решению задачи нахождения мощности множества экстремальных 2-однородных гиперграфов. Была получена оценка сложности решения задачи в зависимости от количества вершин гиперграфа. Был сформулирован алгоритм поиска мощности множества экстремальных 2-однородных гиперграфов. В качестве начального параметра алгоритм принимает базу — набор элементов, которые связаны с индексами ребер экстремального гиперграфа. По базе строится сигнатура матрицы смежности гиперграфа. Под сигатурой понимается целое неотрицательное число, которое однозначно определяет гиперграф. Она описывает множество, элементы которого могут содержаться во множестве, мощность которого является искомой.

Изначально искомая мощность множества принимается равной нулю. Приняв начальную сигнатуру за основную, алгоритм проходит по всем сигатурам, двойное представление которых меньше основной и проверяет каждую из них на предмет выполнения условия: количество единиц, содержащихся в двоичной записи рассматриваемой сигнатуры должно быть строго меньше количества единиц, содержащихся в двоичной записи сигнатуры, выбранной в качестве основной. В случае выполнения условия — сигнатура помечается для дальнейшего рассмотрения, и искомая мощность увеличивается на единицу, иначе — сигнатура отбрасывается. В случае, если одна из рассматриваемых сигатур оказалась нулевой, алгоритм переходит к следующей отмеченной сигнатуре. После прохождения всех сигатур алгоритм завершает работу.

Для алгоритма была получена оценка сложности. Для демонстрации полученных результатов был реализован вспомогательный программный комплекс.

Разработка программы поиска множества модулярных оснований, обеспечивающая минимизацию бивалентного эффекта

Золотарева Н.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Инютин С.А.

СурГУ, Сургут

В настоящее время широко применяется непозиционная система счисления, которая носит название — система остаточных классов или модулярная арифметика, где необходимо оперировать не с самим числом, а с остатками от деления числа на некоторые натуральные взаимно простые числа — основания модулярной системы.

Построение цифровых вычислительных машин специализированных под конкретные задачи на основе модулярной арифметики, оказались весьма успешными, так как модулярная арифметика применяется в вычислительных системах достаточно широко уже несколько десятилетий.

Цель работы — спроектировать модулярную арифметику модулярного процессора для эмуляции на 16-разрядном серийном позиционном процессоре. В нем реализована

беззнаковая целочисленная арифметика. То есть числа меняются от до 65535. Условная середина 2 в степени 15.

Основания модулярной системы счисления простые или взаимно простые числа. Компоненты модулярных векторов размещаются в цифровых регистрах, которые в совокупности составляют операционную разрядную сетку модулярного процессора.

При проектировании технических устройств, работающих на основе модулярной арифметики возникает избыточность двоичного регистрового представления, которая называется бивалентным эффектом [1].

Бивалентным эффектом одного модулярного основания есть величина, равная разности двоичных логарифмов от этого основания, где от первого слагаемого берут целую не меньшую часть.

Суммарным бивалентным эффектом для n -регистровой бинарной разрядной сетки модулярного процессора называется сумма бивалентных эффектов каждого модулярного основания.

Метод сведения к нулю бивалентного эффекта работает для пар оснований, находящихся на одинаковом расстоянии от некоторого среднего основания.

Среднее основание по технологическим причинам удобно выбирать как степень числа двойки для двоичной элементной базы. Это позволяет уменьшить бивалентный эффект. Причём, чем больше показатель степени, тем больше таких оснований, и проще процесс поиска и моделирования.

Нахождение взаимно простых оснований позволяет перераспределением избыточности в регистрах для меньших в паре основаниях размещать бинарные комбинации, которые невозможно разместить в регистрах для больших в паре основаниях. Метод работает именно для пар оснований.

Разработан алгоритм и программа нахождения простых и взаимно простых пар чисел модулярных оснований равноотстоящих от серединного основания в заданном диапазоне.

Программа выполняет следующие задачи: 1) осуществляет поиск простых и взаимно простых оснований, равноотстоящих от серединного основания; 2) осуществляет расчет бивалентного эффекта; 3) для составных чисел в парах указывает канонические разложения; 4) для каждой пары чисел указывает разность с серединным числом.

Рассматривая модулярные основания с различным вычислительным диапазоном, можно сделать вывод о том, что тем дальше отходим от серединного основания, тем больше становится бивалентный эффект.

Выполнено сравнение операций сложения, вычитания и умножения чисел в модулярной системе счисления с различными основаниями. В первом случае основания подобраны таким образом, что бивалентный эффект стремится к нулю, во втором случае бивалентный эффект отличен от нуля.

Из сравнения результатов следует:

1. В первом случае получены малоразрядные остатки, в отличие от второго случая. С малоразрядными остатками работать проще.

2. В первом случае получены остатки, симметричные относительно нуля. Чего нельзя сказать о втором случае.

3. При выполнении арифметических операций над числами в модулярной арифметике, достаточно оперировать с остатками этих чисел.

Следующим этапом работы является разработка программы поиска модулярных оснований, произведение которых перекрывает требуемый вычислительный диапазон, а также обеспечивающих минимизацию бивалентного эффекта. Значение вычислительного диапазона будет являться входным параметром программы.

Список использованных источников:

1. Инютин С. А. Модулярные процессоры — оценки, история борьбы и победы над бивалентным дефектом // Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы. SoRuCom-2017: сб. тр. IV Междунар. конф., Зеленоград, 3–5 октября 2017 г. / под ред. д. ф.-м. н. А. Н. Томилина. М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2017. С. 72–77.

Анализ больших массивов информации в многокритериальных задачах принятия решений

Иванов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Яшина Н.П.

МАИ, Москва

Рассматривается задача оптимального выбора альтернатив на основе многокритериальной информации при больших массивах данных и неоднородных шкалах критериев.

Для решения задачи используются разработанные на кафедре алгоритмы непротиворечивого агрегирования оценок альтернатив по критериям качества [1]. Предпочтения по критериям задаются либо численными оценками альтернатив в шкалах отношений, либо информацией о том, во сколько раз одна альтернатива предпочтительнее другой. Алгоритмы не требуют предварительного приведения шкал критериев к однородным и имеют полиномиальную вычислительную сложность, зависящая от числа критериев и альтернатив, что позволяет работать с большими объёмами исходных данных. Предлагаемые алгоритмы построения агрегированного отношения могут дополнительно использовать коэффициенты важности критериев.

Для решения прикладных задач оптимального выбора на основе алгоритмов [1] разработана программная система, в которой предусмотрена возможность получения и ввода большого числа альтернатив. Исходные данные вводятся через Excel таблицы с перечнем альтернатив и их оценок по критериям качества. Данная информация для работы алгоритмов преобразуется в матрицы предпочтений с информацией о том, во сколько раз одна альтернатива предпочтительнее другой. Агрегирование матриц предпочтения позволяет лицу, принимающему решения (ЛПР), ранжировать альтернативы по любым наборам критериев.

Excel таблицы заполняются на основе постоянно поступающей в базу данных информации о появлении новых альтернатив в торговых и производственных предприятиях, а также о запланированном выпуске новых моделей в ближайшее время.

Продемонстрируем работу программной системы на примере выбора и покупки дронов для наблюдения за местностью. Так как ни один крупный сайт по продаже дронов не предоставляет открытое API, информация о появлении дронов поступает в базу данных следующим образом: скрипт, написанный на языке Python, выполняет парсинг сайтов с информацией о дронах и сохранение полученную информацию в базу данных PostgreSQL. Информация делится на стандартную для всех моделей, (на основе которой будут сравниваться альтернативы) такую как вес, максимальное время полета, максимальная высота и скорость полета, цена и средняя оценка пользователей и нестандартную, (на основе которой ЛПР может сказать во сколько раз одна альтернатива предпочтительнее другой) например, тип двигателя, встроенная память, датчики, дополнительные функции и ПО. Скрипт автоматически выполняется каждый день, дополняя базу данных новыми моделями. ЛПР может отфильтровать имеющиеся модели по каким-либо характеристикам, например, весом до 250 грамм, так как такие модели не требуют регистрации.

На основе поступающей информации заполняются Excel таблицы. В настоящее время число продаваемых дронов исчисляется многими тысячами. Для работы алгоритмов используется предварительный, задаваемый ЛПР отбор по функциям, стоимости, разработчикам, предприятиям-изготовителям и т.п. Программная система ранжирует дроны по предпочтительности и по желанию ЛПР выдает несколько лучших моделей или их ранжирование.

Список использованных источников:

1. Smerchinskaya S.O., Yashina N.P. On an algorithm for pairwise comparison of alternatives in multi-criteria problems // International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. 2018. Vol. 9, Issue 1. DOI: 10.1142/S179396231850006X.

Подходы к восстановлению экстремального однородного гиперграфа, описанного вектором степеней своих вершин

Ирбитский И.С., Каменев А.Р., Пашковская Е.А.

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

МАИ, Москва

В современных криптографических алгоритмах могут использоваться различные математические объекты. Например, в криптосистеме RSA используются длинные числа, в McEliece — линейные коды, в Niederreiter — проверочная матрица кода, и т. д. В различных работах предлагается концепция криптосистемы, использующая обобщение графа — гиперграф.

В рамках подобной криптосистемы необходимо преобразовать (сериализовать) гиперграф в данные, которые далее возможно будет передать по сети. Имеют место вопрос о восстановлении гиперграфа из полученных данных, а также вопрос об единственности восстановления (вектору степеней вершин должен соответствовать единственный гиперграф).

В качестве вариантов данных можно использовать матрицу инцидентности гиперграфа, матрицу списков смежности гиперграфа, а также вектор степеней его вершин. В силу того, что вектор степеней вершин занимает наименьший объём памяти среди предложенных вариантов, его использование в качестве формата для хранения гиперграфа является наиболее целесообразным. Однако если для классического графа восстановление из вектора степеней вершин — задача несложная, то с гиперграфами возникают трудности.

Целью данной работы является анализ существующих алгоритмов решения задачи восстановления экстремального однородного гиперграфа из вектора степеней его вершин, по возможности их улучшения, а также разработка новых решений. В качестве основы для дальнейшего анализа были выбраны жадный алгоритм (полный перебор) и ранее разработанный редуциционный алгоритм (первоочередное понижение степени вершины с максимальной степенью).

В работе предлагаются улучшенные (в плане скорости работы и/или количества используемой дополнительной памяти), по сравнению с существующими, алгоритмы, решающие задачу получения гиперграфа, описанного вектором степеней своих вершин. Также рассматривается более широкий спектр различных классов гиперграфов. На данный момент алгоритмы интегрируются в программный комплекс, предназначенный для шифрования данных, в котором вектора степеней вершин будут выступать в качестве компонентов ключей шифрования. Тестирование программного комплекса производится на базе кафедры 813 «Компьютерная математика» МАИ.

Проектирование и разработка веб-представления информационного портала кафедры вуза

Каадзе А.А.

Научный руководитель — доцент, Лунова С.Ю.

МАИ, Москва

В современных условиях наличие веб-представления у организаций не подлежит сомнению. В условиях использования современных информационных технологий — это необходимый фактор для доступности связи между пользователями и структурой, поиска необходимых материалов и новостей. Портал 805 кафедры вуза с 2002 года служит для эффективной системы работы с информацией, обеспечивает внутренние потребности кафедры и предоставляет необходимые сведения студентам, аспирантам и сотрудникам. В связи с пандемией COVID-19 и необходимостью перехода на дистанционный режим работы наличие веб-представления портала кафедры улучшает доступность передачи информации. Однако со времени его создания технологии и возможности представления вышли на новый уровень, в связи с чем встала задача по созданию удобного и современного обеспечения.

Наиболее оптимальным вариантом для разработки портала кафедры является использование системы управления контентом Wordpress, включая построение архитектуры веб-представления, реализацию базы данных для хранения и предоставления необходимой информации, а также разработки интерфейса. В состав веб-представления портала кафедры входят следующие основные разделы: «О кафедре», «Учебная работа», «Научно-исследовательская работа», «Публикации», «Новости», «Контакты». Все разделы снабжены содержательными меню, а также инструментами расширенного поиска открытой информации, такой как информация о преподавателях, включая их текущее расписание, информация о рабочих программах дисциплин, обеспечиваемых кафедрой, информация об учебных материалах, публикациях, научных исследованиях и т.д.

Одним из нововведений портала была реализация раздела «Мои дисциплины», а также «Личный кабинет» с различными уровнями доступа для двух категорий пользователей: студентов и преподавателей. Личный кабинет обеспечивает доступ к функционалу, поддерживающему элементы дистанционного обучения «Мои дисциплины». Функционал дает возможность преподавателям кафедры создавать команды студентов, изучающих определенную дисциплину, публиковать учебные материалы и задания, обмениваться со студентами файлами с ответами и результатами проверки, вести журнал оценок, общаться в чате. Доступ в команду имеют зарегистрированные в «Личном кабинете» студенты, получившие код-приглашение.

Информационный портал реализован посредством таких языков программирования, как: HTML, CSS, JavaScript и PHP. Для обеспечения защиты информации используется PHP, а наличие роли модератора позволяет поддерживать актуальность и достоверность информации. Интуитивно понятный интерфейс портала кафедры позволяет модератору использовать и редактировать необходимые разделы, не прибегая к помощи разработчиков.

Методы подбора ключа для алгоритмов шифрования на графах

Каменев А.Р., Ирбитский И.С., Пашковская Е.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

МАИ, Москва

Целью данной разработки является исследование особенностей графов. Алгоритм берет за основу протокол Диффи-Хеллмана, благодаря которому можно создать недоступное для посторонних число со стороны всех клиентов. При изучении свойств графов были рассмотрены несколько видов графов: связные графы, связные однородные гиперграфы, экстремальные графы, экстремальные гиперграфы. Для всех, кроме экстремальных гиперграфов, были созданы алгоритмы воссоздания из числа. Преимуществом шифрования на графах является гибкость алгоритмов и их относительная легкость в вычислениях. К примеру, для того, чтобы покрыть 256 бит информации потребуется всего 12 вершин связного гиперграфа, в котором каждое ребро соединяет 3 вершины. Для того чтобы покрыть 4096 бит потребуется 31 вершина. В связи с тем, что был разработан алгоритм симметричного шифрования на гиперграфе, область шифрования на графах является невероятно потенциальной и многообещающей. К примеру, асимметричный алгоритм шифрования.

Основная идея воссоздания графа из числа заключается в рекурсивном добавлении ребер графам меньшего размера. Большая часть манипуляций находится в рамках сдвига битового числа, благодаря чему построение гиперграфа на 20 вершинах, с учетом того что количество возможных однородных гиперграфов для 20 вершин — это десятичное число с 344-мя символами, происходит моментально.

Следует отметить, что прежде для передачи графа требовалось передать матрицу смежности, что являлось не оптимальным ни по соотношениям скорости, ни по соотношениям объема информации.

Помимо этого ранее передача графа обязательно требовала использования дополнительного алгоритма шифрования, так как передача ключа шифрования по не защищенному каналу связи не является безопасной. Сейчас же передачи графа как таковой не осуществляется.

В результате были решены обе основные проблемы шифрования на графах.

Задача тематического моделирования информационных текстов

Козловский А.М.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюзникова Д.В.

МАИ, Москва

Задача тематического моделирования (Topic Modeling) является одной из самых популярных направлений в области обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP). Целью исследования является разработка программного обеспечения на основе машинного обучения, способного автоматически разделять заданный небольшой корпус информационных текстов на несколько кластеров, выделять в этих кластерах ключевые слова и предоставлять визуализацию.

В отличие от большинства работ по тематическому моделированию текстов, в данной работе упор сделан на изначально небольшую выборку, до 100 текстов на русском языке. Размер текстов может сильно различаться — от 50 до 10000 слов после предобработки. Соответственно количество кластеров в корпусе тоже невелико. Информационные тексты — это тип текстов, суть которых состоит в информировании читателя о чем-то. При этом основную смысловую нагрузку несут существительные, что нужно учитывать при построении тематической модели текста. Из-за совокупности этих признаков качественное тематическое моделирование существующими методами без предварительной тонкой настройки становится тяжелой задачей.

В начале работы программы текст проходит несколько этапов предобработки: удаление "стоп-слов", знаков препинания, лемматизация и т.д. Для преобразования текста в числовой вектор используется метрика Tf-Idf. После происходит кластеризация текста на заранее заданное количество кластеров с помощью метода, основанного на методе латентного размещения Дирихле (Latent Dirichlet Allocation, LDA), а также выделение ключевых слов каждого из кластеров. Кроме того, строится интерактивная визуализация кластеров, позволяющая увидеть, насколько кластеры отличаются друг от друга.

В качестве корпуса текстов можно использовать, например, научные статьи определенной тематики или программы политических партий. Данная технология может быть полезна для экспертов различных областей, которые хотят быстро получить представление и начальный анализ текущей ситуации.

Дальнейшим развитием данной работы может служить разрешение кореференции для улучшения качества работы программы, возможность отслеживать изменение основных тем с течением времени, дальнейшая оптимизация алгоритма кластеризации.

Проектирование системы обнаружения заимствований в программах студентов

Козулин Н.Д.

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

МАИ, Москва

В процессе обучения программированию и проектированию, обучающимся выдается множество практических заданий, требующих не только корректности решения, но и его оригинальности, обеспечивающие проверку освоения предоставляемого материала. На кафедре 319 МАИ уже работает комплекс инструментов [1], проводящий тестирования программ, но работу по поиску заимствований все еще выполняют преподаватели. Поэтому целесообразна разработка дополнительного модуля для системы [1], реализующего сравнение исходных кодов программ и информирующих преподавателя о работах студентов, которые с высокой вероятностью списывали друг у друга.

Для оперативного нахождения схожих решений в ходе контрольных работ достаточно использовать лексический подход в процессе анализа программ. Суть данного подхода состоит в преобразовании исходного кода программы в аналогичную ему последовательность строк, состоящих из токенов — лексем, соответствующих элементам и конструкциям использованного языка программирования. Так процесс поиска

заимствований в программах можно представить в виде следующих шагов: подготовительный этап, токенизация и сравнение представлений.

Подготовительный этап предназначен для облегчения выполнения последующих операций. Данный этап можно разбить на два шага: очистка и анализ структуры. В ходе очистки ставится задача убрать из исходного кода элементы, не влияющие на исполнение программы, но способные помешать преобразованию лексем в токены. В общем случае очистка состоит из удаления однострочных и многострочных комментариев и замены строковых литералов на специальные символы.

Анализ структуры программы производится в первую очередь для разрешения статического полиморфизма и совпадений идентификаторов функций и переменных в различных структурах на этапе токенизации. Процесс начинается с сохранения информации, описывающей связи рассматриваемых файлов. Далее производится поиск структур, таких как: классы, интерфейсы, методы и т.п. — с запоминанием их характеристик и определением области видимости для внутренних элементов. Только после этого анализируются переменные и их типы.

Суть этапа токенизации заключается в формировании представлений программ, которые будут сравниваться. Данная процедура осуществляется при помощи словаря токенов, в котором каждой лексеме языка, входящего в список поддерживаемых, сопоставлено специальное значение. Токенизация начинается с поиска корневого блока программы, в токенизованное представление которого вставляется представление вызываемых в нем функций. Преобразование кода в массив токенов происходит последовательным чтением по инструкциям. Проходя от начала инструкции до конца, считываемые лексемы сравниваются с записями в словаре токенов — если это лексема является ключевым словом, оператором или символом пунктуации, то она просто заменяется на токен, иначе определяется принадлежность ее к идентификаторам или литералам и осуществляется дополнительная обработка.

Сравнение представлений будет осуществляться на основе редакционного расстояния Левенштейна [2], вычисляемого алгоритмом Вагнера-Фишера [3], заключающегося в построении матрицы редакционного расстояния для каждого префикса первой строки относительно префиксов второй строки. В зависимости от отношения длины итогового редакционного расстояния к размеру токенизованного исходного кода программы будет устанавливаться факт списывания по не достижению заранее установленного порога.

Применение описанного подхода в существующем комплексе инструментов позволит автоматизировать работу по проверке программ студентов и ускорить получение обратной связи по сданным работам.

Список использованных 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. Левенштейн, В. И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов / В. И. Левенштейн // Доклады Академий Наук СССР. — 1965. — Т. 163. — №4. — С. 845-848.

3. Wagner, R. A. The String-to-String Correction Problem / R. A. Wagner, J. F. Michael // Journal of the ACM. — 1974. — № 21. — С. 168-173.

Реализация средств разработки событийно-ориентированных моделей в инструментарии BlockSet

Козырев Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Моделирование и реализации полнофункциональных динамических web-приложений с возможностью выдерживать большие нагрузки, свойственные для подобного рода проектов — это частая и трудоёмкая задача. Использование языков программирования общего назначения для построения логики серверной части имеет большой порог вхождения, а классические CMS не обеспечивают достаточную гибкость. Наиболее верным решением в такой ситуации будет использовать предметно-ориентированные языки (DSL), которые просты в освоении и использовании, при этом имеют обширные возможности в выбранной предметной области благодаря тому, что заранее ориентированы на решение конкретных задач. Однако на данный момент существует мало готовых решений. Из наиболее заметных, пожалуй, стоит выделить только WebDSL, однако даже он имеет ряд недостатков, унаследованных от языка реализации данного проекта — Java, таких как например большие затраты производительности и необходимость устанавливать среду исполнения Java. Именно для решения обозначенных проблем и был придуман инструментарий BlockSet. Разработка проекта осуществлялась с использованием относительно низкоуровневого языка программирования общего назначения C++, что избавило его от проблем, с которыми столкнулся конкурент, обеспечило высокую производительность интерпретатора и кроссплатформенность всей системы.

Стандартное клиент-серверное взаимодействие устроено таким образом, что клиент совершает запрос, а сервер возвращает ответ, т.е. инициатором обмена данными выступает всегда клиент. Но при разработке динамического web-ресурса может возникнуть необходимость для клиента отслеживать события, происходящие на сервере, что реализуемо в рамках вышеописанного взаимодействия только с применением обходных путей, которые часто ухудшают поддерживаемость системы и скорость её работы.

Для реализации такого рода задач инструментарий BlockSet поддерживает протокол WebSockets. Для включения отслеживания событий необходимого сета в рамках локации для него предусмотрен атрибут `listen`, который принимает значение, определяющее, какое именно событие необходимо слушать.

Поддержка событийно-ориентированного подхода реализована путём подписки пользователя на отдельные события. При совершении какого-либо действия с экземпляром сета (создание, изменение или удаление) формируется многозначная хэш-таблица, ключами в которой является идентификаторы событий, состоящие из имени сета и имени действия, а значениями — `id` экземпляров в рамках сета, с которыми было произведено означенное действие. Далее для каждого действия обработчик подписок производит поиск среди всех подписок, в результате которого выбираются только отслеживающие совершённое действие. Далее для каждого отобранного слушателя по имени действия производится поиск сета, доступного к прослушиванию. Для каждого сета выполняется процесс индукции, который необходим для вычисления комбинаций значений плейсхолдеров URI локации, которые приводят к возникновению экземпляра с идентификатором из списка идентификаторов для актуального события в выборке на прослушиваемом сете.

Вышенаписанное показывает, соотношение масштабности выполняемых процессов и лаконичности синтаксиса, необходимого для его описания, подчёркивая соответствие нововведений такому преимуществу BlockSet как низкий порог вхождения.

Система распознавания дефектных металлических деталей на основе Искусственной Нейронной Сети (ИНС)

Королев Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

Сказать по звуку работы двигателя или звону металлической детали, что данный двигатель неисправен или деталь необходимо отправить в брак — очень важная способность. Доверив такие задачи компьютеру можно получить более высокую точность определения неисправности, чем при выполнении таких задач человеком. Такие системы распознавания могут быть реализованы на основе искусственной нейронной сети.

В рамках данного проекта решалась задача распознавания образов и классификации. При обучении сети предлагаются различные образцы образов с указанием того, к какому классу они относятся. Образец, как правило, представляется как вектор значений признаков. При этом совокупность всех признаков должна однозначно определять класс, к которому относится образец. По окончании обучения сети ей можно предъявлять неизвестные ранее образы и получать ответ о принадлежности к определённому классу.

В качестве языка программирования для обучения моделей был выбран Python — он имеет обширное количество библиотек для машинного обучения. Были использованы модули librosa и keras. Так же было написано веб приложение с использованием технологии ASP.NET на языке C#.

Последовательность обучения: извлечение спектрограммы для каждого аудио, извлечение функций из спектрограмм, запись данных в файл csv, анализ данных, создание меток, разделение данных на обучающий и тестовый набор, создание и обучение сети, прогнозы на основе тестовых данных.

Для обучения демонстративного программного обеспечения использовались несколько тысяч тридцатисекундных примеров музыкальных треков. В результате обучения программа стала способна различать по представленному музыкальному треку его жанр. Пользователю на выбор предлагается 3 режима обработки:

Слабая обработка — Анализируются 30 секунд из середины трека.

Средняя обработка — Анализируются 30 секунд из начала, середины и конца трека.

Серьезная обработка — Весь трек разбивается на промежутки по 30 секунд и каждый из них анализируется.

При получении сервером файла он проверяет файл на формат: подходят только форматы mp3 и wav. Если формат файла mp3, то сервер конвертирует файл в wav. Затем файл нарезается на необходимое число частей в зависимости от выбранного режима обработки. Далее каждая часть проходит через все имеющиеся модели. Каждая модель выносит свой вердикт по каждой части. В конце вычисляется средний результат и выводится пользователю.

На данном сайте можно добавить возможность авторизации и сохранять историю анализов пользователей. С помощью этого сервис можно даже монетизировать, продавая пользователям количество распознаваний или месячную подписку.

Если арендовать сервер помощнее с огромным дисковым пространством, то можно разрешить пользователям создавать свои модели. Пользователю нужно будет создать необходимые классы и загрузить в них примеры аудиофайлов. Далее запустить процесс обучения. Через некоторое время, которое напрямую зависит от количества предоставленных образцов, он сможет испытать свою модель. Данную функцию можно также монетизировать, собирая плату за обучение или создание новых моделей, а также за возможность скачать модель.

Часто говорится о монетизации, так как существование такого сервиса — это не бесплатно. Нужно арендовать сервер с процессорным временем и дисковой памятью или запустить свой сервер и поддерживать его бесперебойную работу. Однако можно сделать распространяемое ПО, которое пользователь сможет поставить у себя на ПК и пользоваться, даже не имея выхода в Интернет. При необходимости, это тоже можно монетизировать.

Анализ возможностей алгоритма компенсации систематических ошибок ориентирования трехкоординатной РЛС на основе фильтрации Калмана

Кочураев И.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.

МАИ, Москва

Данная работа посвящена изучению возможностей алгоритма компенсации одной из таких ошибок. В случае установки различных технических средств на разные источники радиолокационной информации, некорректной их работы или иных особенностей взаимодействия возможно появление систематических ошибок топогеодезической привязки и ориентирования. Подобная ошибка заключается в том, что информация о наблюдаемых объектах в рамках системы может не совпадать с информацией, получаемой отдельным источником. В результате совместная обработка затрудняется или становится вовсе невозможной.

Для компенсации подобных ошибок существует два подхода: использование специальных технических средств синхронизации топогеодезической привязки между отдельными источниками радиолокационной информации, или введение дополнительных алгоритмов совместной обработки измерения координат и параметров специальных объектов-ориентиров.

В статье [1] приводятся два метода решения подобной задачи использованием алгоритмов. В данной же работе рассматривается вариант с программным фильтром Калмана для оценки систематической ошибки ориентирования неосновных для системы источников на основе наблюдений основного и априорной информации о некоторых параметрах движения объектов-ориентиров. Первым этапом выступает предварительная оценка инициализации фильтра. Затем на вход фильтра Калмана поступают наблюдения, в случае данной работы, двух источников, производится объединенное оценивание одним из методов, представленных в статье [2], и новая оценка передается на следующую итерацию моделирования.

Представленная работа моделирует следующие процессы исследуемой системы из двух источников, один из которых представляется как базовый, другой имеет систематическую ошибку ориентирования: генерацию координат (и скоростей) объектов-ориентиров, измерения этих координат двумя источниками, алгоритм совместной обработки для первичной оценки, итерационная обработка информации фильтром Калмана. Для оценок эффективности компенсации алгоритма используется среднеквадратическое отклонение ошибки оценки систематической ошибки и графики параметров состояния системы. В рамках работы представляется моделирование различных дальностей и скоростей объектов, различные траектории их движения, ошибок наблюдения, а также исследуются методы объединенных оценок состояния системы.

На настоящий момент исследованы модели статических объектов-ориентиров, их линейной и баллистической траекторий движения. Оценена эффективность алгоритма отождествления объектов-ориентиров для случаев присутствия систематической ошибки и после её компенсации.

Список использованных источников:

1. Н.Н. Вакуленко, В.М. Жирков, В.М. Мачулин. Компенсация ошибок топогеодезической привязки и ориентирования трехкоординатных источников радиолокационной информации. Радиосистемы: Конфликтно-устойчивые радиоэлектронные системы, 2002, № 8, С. 33-36.

2. J.B. Gao, C.J. Harris. Some remarks on Kalman filters for the multisensor fusion. Elsevier Science. Information Fusion 3, 2002, С. 191–201

Система удалённого вызова процедур gRPC

Кошелев Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хорошко Л.Л.

МАИ, Москва

gRPC (Remote Procedure Calls) — это система удалённого вызова процедур (RPC) с открытым исходным кодом, первоначально разработанная в Google в 2015 году.

Одним из самых популярных RPC является комбинация из REST + HTTP/1.1. По некоторым сведениям до 75% клиент-серверных коммуникаций в 2015 году приходилось именно на это решение. Но у REST есть очевидный недостаток, довольно часто REST сводится к CRUD.

Из-за чего вытекает сразу 2 проблемы:

1. Сомнительная эффективность у HTTP/1.1 — задержки, дополнительный трафик, дополнительные траты ресурсов ОС, нет двусторонней связи, неумещаемая длина заголовков.

2. Необходимость подстраивать собственную модель данных на REST+CRUD. Что вызывает такие вопросы, как «Каким методом лучше пользоваться для выполнения конкретного действия PUT или POST?» или «Или какой код ошибки следует вернуть в данной конкретной ситуации?»

Что предлагает gRPC?

1. Транспортировка с помощью HTTP/2. С помощью чего становится возможным сжатие передаваемой информации, контроль за ней, повторное использование для нескольких запросов одного сокета.

2. Нет привязки к HTTP-методам и к HTTP-статусам.

3. SSL/TLS, OAuth 2.0, аутентификация с помощью сервисов Гугл. Так же можно реализовать свою защиту.

4. Возможность работы с такими языками как: Node.js, C, C++, Java, Go, Python, PHP, Ruby, Objective-C, C#. А так же возможность реализовать свою версию на любом языке программирования.

5. gRPC поддерживается в публичных API от Гугл.

Заглядывая в будущее, gRPC продолжит набирать обороты для облачных систем. Преимущества производительности и простота разработки являются убедительными. Однако REST, скорее всего, будет существовать еще долгое время. Он отлично подходит для общедоступных API-интерфейсов и по соображениям обратной совместимости.

Стратегическое расположение камер для систем биометрической идентификации и верификации

Кузнецов А.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Павлов В.Ю.

МАИ, Москва

Современные системы биометрической идентификации (СБИ) все больше входят в нашу жизнь. Чаще всего данные системы можно наблюдать в паре со системами контроля и управления доступом (СКУД) для организации пропускного режима, систем оплаты, или же комбинирования двух этих функций, а так же биометрические системы применяют для охраны территории.

В данной статье будет рассмотрены основные нюансы установки камер для биометрических систем для идентификации или верификации субъекта на контрольно-пропускном пункте.

В основном для распознавания лица в определенной зоне применяют два метода установки: камера на турникете и стереопара за турникетом.

Для обоих вариантов установки камер характерны следующие проблемы: обратная засветка лица, головные уборы, закрывающие лицо, распознавание не того лица, люди

нестандартного роста, лица которых оказываются за пределами зоны распознавания, близнецы и т.п.

Проблема обратной засветки возникает чаще всего на объектах, проект которых не был согласован с экспертом по установке биометрических систем, или на объектах где биометрическую систему решили ставить после согласования проекта. Довольно часто, на моей практике, КПП организуются на солнечной стороне или напротив объектов, отражающих солнечный свет в сторону КПП. Данная проблема возникает в солнечную погоду и в определенное время суток.

Для предотвращения данной проблемы было проведено исследование, включавшее тестирование различных видеокамер, различных вариантов их расположения и настройки. По результатам исследования сформулированы следующие рекомендации: необходимо выбирать камеры с расширенным динамическим диапазоном (WDR) а при настройке видеосистемы жестко указывать точку калибровки контрастности на центр зоны распознавания. В случае недостаточной эффективности данных методов следует нанести тонирующую пленку на остекление помещения и установить светоотражающие поверхности в зоне распознавания. Если и эти меры недостаточны, следует применять активные системы компенсации (прожектор).

При разработке биометрической системы необходимо определить максимальную разницу между световыми потоками, освещающими лицо и затылок распознаваемого человека для различных камер. Данное исследование поможет однозначно оценить возможность или невозможность установки системы на данном объекте.

Для предотвращения проблемы с распознаванием людей с головными уборами, прикрывающими лицо, а также с низким или высоким ростом, необходимо правильно выбрать место установки камер. Экспериментально определено, что оптимальная высота расположения камер 190–200 сантиметров от пола. При таком расположении камер вероятность распознавания лица оказалась максимальной: возможно распознавать субъектов в большом диапазоне роста, захватывается наибольшее количество деталей лица, меньше вероятность, что головной убор помешает камере распознать лицо. Максимальная дистанция камеры от зоны распознавания зависит от характеристик камеры и иных особенностей работы системы.

Ошибочное распознавание лица обычно происходит по причине неправильной калибровки стереопары, неверно заданной зоны распознавания или неправильного места установки камеры. Первая и вторая причины возникают вследствие некорректно выполненной работы инженером или смещения одиночной камеры или одной из камер стереопары. Если же место установки и ракурс выполнены, так что в кадре появляются более одного лица, то возможны пропуск лица по лицу сзади стоящего. Для недопущения подобной проблемы для камеры, установленной на турникете, следует выполнять установку так чтобы она смотрела вверх под углом 45 градусов, чтобы в кадре могло находиться только одно лицо и при этом данное лицо смотрело вниз. В стереопаре же слишком низко устанавливать камеры не следует. Если есть риск зацепить камеры, то стоит установить их выше, учитывая при этом возможность появления в кадре двух и более лиц.

С близнецами, к сожалению, сделать практически ничего невозможно в случае, если они не имеют никаких особенностей лица, позволяющих отличить их друг от друга. На объектах, где работают сотрудники-близнецы или один из близнецов, система автоматического распознавания лиц должна быть дополнена традиционными методами идентификации (пропуск, электронная карта и т.п.).

В заключение следует отметить, что для создания работоспособной биометрической системы критически важны следующие аспекты: выбор оборудования и установка камеры (или камер) в соответствии с изложенными выше рекомендациями, надежное закрепление оборудования и выполнение полного комплекса пуско-наладочных работ после проведения всех монтажных и ремонтных работ, затрагивающих систему. В противном случае, система может оказаться частично или полностью неработоспособной.

Методы распределения пассажиропотоков метро в масштабах города

Лазарева А.П.

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

МАИ, Москва

Московский метрополитен — неотъемлемая часть жизни почти каждого человека, проживающего в столице. Метро является основой транспортной системы Москвы. Каждый день от 7 до 9 миллионов человек используют метро в качестве средства передвижения.

Московское метро занимает первое место в мире по загруженности движения. Средняя скорость движения поездов московского метрополитена составляет 41,5 км/ч, при этом «МосМетро» обеспечивает высокую регулярность движения поездов. Даже в «час пик» интервал поездов составляет 90 секунд, что является минимальным интервалом из возможных.

Таким образом, оптимизация работы столичного метро всегда будет являться актуальной проблемой.

Целью моего исследования является нахождение способов распределения пассажиропотоков. В своем исследовании я рассматриваю человеческий фактор как главный источник загруженности метро, и анализирую способы, с помощью которых можно снизить нагрузку на станции, уменьшить нарушения графика движения поездов и увеличить комфорт пассажиров.

Среди рассматриваемых мною способов разгрузки метро выделяются:

1. Акция «Время ранних», которая позволила уменьшить пассажиропоток метро в утренние часы с помощью ввода скидок на стоимость проезда в определенное время.

2. Сравнение планировок японских транспортно-пересадочных узлов со столичными, выявившее нужду в переустройстве некоторых узловых станций Московского метро.

3. Возможность перепроектировки, позволяющая переместить и разгрузить пассажиропотоки с территории платформ в область терминалов, ведущих к платформам, то есть повысить безопасность обслуживания пассажиров метро.

4. Предложения, основанные на изучении метро в зарубежных мегаполисах: удлинение существующих станций метро, строительство новых экспресс-линий, интеграция пригородных железнодорожных линий в систему метро.

5. Результаты моделирования пассажиропотока на станциях московского центрального кольца (МЦК), благодаря которым выявлены важные факторы транспортной инфраструктуры, влияющие на пассажиропоток на станциях МЦК: наличие автомагистрали и станции метро. Было доказано, что численность населения и структура районов, в которых расположены станции МЦК не оказывают существенного влияния на пассажиропоток.

Концепция топологически-ориентированных хэш-функций

Лежинский М.В.

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

РГУ им. А.Н. Косыгина, Москва

В последнее время появляются криптографические алгоритмы, основанные на топологических структурах, таких как графы [1, 2]. Суть данных алгоритмов состоит в том, чтобы представить последовательность выполнения обратимых операций в виде определённого графа.

Основная проблема такого алгоритма состоит в длине ключа, который необходимо передавать при шифровании. Простейший вариант сохранения данных в виде матрицы смежности предполагает квадратичную зависимость объёма ключа от количества вершин графа. Если использовать однородные гиперграфы большего порядка, то отношение объёма к количеству вершин будет только возрастать. Поэтому исследователи в основном обращаются к особому типу гиперграфов — экстремальным, которые обладают главной особенностью — однозначному восстановлению по вектору степеней вершин, что позволяет хранить ключ по длине сравнимый с количеством вершин используемого гиперграфа.

При этом также стоит отметить, что для экстремальных графов существует ещё более лаконичная форма представления — сигнатура [3], которая позволяет хранить экстремальный граф в $n-1$ битном числе, где n — количество вершин графа [4].

Подобные принципы предлагается использовать и при создании хэша.

1. На вход подаётся гиперграф в виде какой-либо структуры.

2. Каждая вершина гиперграфа соответствует определённому блоку данных в файле.

3. В зависимости от того, каким образом соединены вершины, над ними выполняются побитовые операции.

4. Последовательность операций кодируется структурой графа.

Вопросы устойчивости хэш-функции состоят в выборе начального графа и связанной с ним последовательности выполняемых действий.

Список использованных источников:

1. Мокряков А. В., Егорова Е. К., Суворова А. А. Концепция шифрования данных с помощью экстремальных однородных гиперграфов // Тезисы 18-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика — 2019». МАИ (НИУ). 2019. С. 98-99.

2. Егорова Е. К., Мокряков А. В., Суворова А. А., Цурков В. И. Алгоритм передачи многомерных данных с использованием экстремальных однородных гиперграфов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2021. № 1. С. 73-78.

3. Егорова Е. К., Гольцова Т. Ю., Мокряков А. В. Метод нумерации экстремальных графов целыми числами // Тезисы 19-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика — 2019». МАИ (НИУ). 2020. С. 457-458.

4. Гольцова Т. Ю., Егорова Е. К., Мокряков А. В., Цурков В. И. Сигнатуры экстремальных 2-однородных гиперграфов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2021. № 6. С. 52-60.

Анализ методов оптимизации производственных процессов

Лийн Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

На современных предприятиях часто возникают проблемы, связанные с построением внутризаводской логистической системы, что служит причиной существенного увеличения как временных, так и материальных затрат. Эти проблемы приводят к: неравномерности расходования материалов, возникновению простоев в производственном цикле и, в то же время, перегрузке отдельных производственных участков. Плохо организованные внутризаводские перемещения оказывают дополнительное негативное влияние на длительность производственного цикла изготовления продукции и появление излишних запасов. Преодолеть эти затруднения можно за счёт оптимизации производственного процесса.

В работе исследованы задачи оптимизации производственных процессов, подразумевающие уменьшение потерь. Потери состоят из простоя, лишней транспортировки, лишних этапов обработки, ненужных перемещений и т.д. Оценить потери на реальном производстве возможно лишь при помощи наблюдения. Невозможно начинать работу по сокращению потерь непосредственно на предприятии, так как это потребует существенных затрат, а окупаемость вложений не гарантирована. Наиболее рациональным подходом является использование систем моделирования производственных процессов.

При анализе возможных платформ для моделирования изучены как специализированные программные платформы, так и не связанные с исследуемой областью напрямую. Проведён анализ требований к системам моделирования производственных процессов. В качестве основных требований к программам моделирования можно отнести интуитивную понятность, удобство использования и простоту погружения для возможности работы людей без специальной подготовки и долгого обучения, так как для обеспечения наибольшей эффективности от внедрения подобных систем необходима вовлечённость всего персонала

предприятия. Также большое значение имеет стоимость системы и её внедрения. Поэтому предложено использовать в качестве таковой системы игровую среду.

Открытые миры по типу «песочница» позволяют пользователю реализовывать различные задумки и тестировать их в соответствии с заданным производственным процессом без экономических рисков. За счёт полного погружения и работы непосредственно с технологическими процессами возможно оценить потери и найти узкие места в производстве. Появляется возможность быстро вносить изменения с возможностью отработки процесса, а за счёт многопользовательского доступа можно оценивать взаимодействие между с людьми, что позволяет разобраться в работе на производственных участках и определить не только проблемы в организации процесса, но и социальные факторы.

Основной сложностью предложенного подхода является непосредственно перенос производственного процесса в игровой мир, поэтому для его реализации возникает необходимость в формировании универсальных методов создания цифровых двойников для различных типов производств и последующим проведением экспериментальной оценки.

В результате работы смоделирован пример производственного процесса изготовления флагов. Моделирование позволило выявить узкие места на этапе нанесения рисунка и скорректировать процессы. Основным источником потерь стала лишняя транспортировка сырья.

Предложенный способ моделирования может быть использован при анализе бизнес и производственных процессов в высокотехнологичных областях для сокращения издержек, сроков изготовления и увеличения выручки.

Список использованных источников:

1. Shingo, S. A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint [Text] / S. Shingo, A. P. Dillon. — CRC Press, 1989. — 296 p.

2. И. В. Отрещенко, А. Н. Малюгина. Использование деловой игры как метода обучения в вузе. Актуальные проблемы авиации и космонавтики — 2017. Том 3

Влияние Bluetooth-излучения на мягкие ткани человека

Логина Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Дежин Д.С.

МАИ, Москва

С каждым годом мир постепенно отказывается от «проводных» технологий и переходит на, так называемые, беспроводные устройства. Огромную популярность получили беспроводные наушники. Все больше людей делает выбор в пользу двух маленьких устройств, располагающихся в ушных раковинах, использующих для связи Bluetooth-сигнал, а телефоны практически все лишились аудио-разъема. Как правило, подобного типа устройства располагаются очень близко к головному мозгу, поэтому задача определения влияния радиоволнового излучения на ткани является крайне актуальной.

Bluetooth — наиболее простая радиосвязь, позволяющая объединять между собой различную технику, в том числе ваш смартфон и наушники. Ее работа производится на частотах около 2,4 ГГц [1]. Так как передаваемая информация кодируется нулем и единицей, то им соответствуют определенные значения частот волн, лежащие в диапазоне от 2,4835 ГГц до 2,4 ГГц. Этот диапазон разбивается на каналы, что позволяет одной паре телефон-наушники обмениваться информацией через свой собственный канал. Данное разбиение способствует тому, что в одной комнате с несколькими устройствами каждый пользователь получает сигнал в свои наушники от своего смартфона. Тем не менее, не совсем верно предположение о том, что только телефон формирует пакеты данных и передает их на наушники, как происходит при прослушивании музыки. Беспроводные наушники позволяют общаться при звонке другому человеку. Отсюда следует, что микрофон наушников улавливает речь пользователя, микропроцессор обрабатывает аналоговый сигнал и передает пакет данных на смартфон посредством антенны. Именно эти

электромагнитные волны, генерируемые антенной, способны оказывать влияние на головной мозг [2].

Для определения степени поглощения тканями тела человека электромагнитной энергии введено понятие «удельного коэффициента поглощения» (англ. — SAR). Данный показатель позволяет определить, какую реальную дозу неионизирующего излучения получает человек [3]. Его единицей измерения является Вт/кг, в России — Вт/см².

В работе описан алгоритм моделирования влияния сверхвысокочастотных волн на головной мозг человека, в частности рассмотрение нагрева тканей головы при использовании Bluetooth-связи беспроводных наушников.

Список использованных источников:

1. Камшилин А. Bluetooth: технология и ее применение [Электронный ресурс] / А. Камшилин // ixbt.com. — 2001. — 22 апреля. — Режим доступа: <https://www.ixbt.com/mobile/review/bluetooth-2.shtml> (дата обращения: 28.02.2022).

2. How does Bluetooth work? [Electronic resource] // Branch Education. — May, 2021. — URL: <https://branch.education/#/how-does-bluetooth-work/>, free (дата обращения: 28.02.2022).

3. Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Brain [Electronic resource] // Comsol. — URL: <https://www.comsol.com/model/specific-absorption-rate-sar-in-the-human-brain-2190>, free (дата обращения: 28.02.2022).

Автоматизация электронного документооборота рабочих групп с помощью адаптивного веб-приложения

Морозова Ю.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

Автоматизация документооборота и бизнес-процессов, существенно повышает управляемость организации и помогает обеспечить централизованное хранение информации организации, особенно если организация имеет территориально удаленные подразделения. Благодаря внедрению системы электронного документооборота (СЭД) у сотрудников предприятия появляется возможность быстро справляться с большими объемами документации (служебные записки, письма, договоры, распоряжения, архивы, сведения из различных баз данных), а руководство может легко контролировать этот процесс дистанционно и своевременно давать руководящие указания нужным исполнителям.

Разрабатываемая СЭД может быть использована для небольших рабочих групп до 20 человек, например, будет полезна для совместной работы над документами сотрудников некоторого отдела компании или для малой организации, где также требуется согласование документов и выпуск их утвержденных окончательных версий. В основе разрабатываемой СЭД лежит адаптивное веб-приложение WackoWiki [1] с открытым исходным кодом предназначенное, в том числе, для того, чтобы сотрудникам было легче общаться друг с другом, сохранять ответы на стандартные вопросы, получать точную информацию о продукции или договорах, обмениваться различной информацией между внутри отдела или между отделами. В учебных организациях может использоваться для совместной разработки контента для систем дистанционного обучения [2]. Сотрудники могут находиться в разных местах, но иметь возможность контакта друг с другом, так как СЭД на основе адаптивного веб-приложения может использоваться на любом устройстве, где есть стандартный веб-браузер и доступ к сети Интернет. В предлагаемом решении также могут быть реализованы функции обеспечения отказоустойчивости и автономной работы [3], что позволит пользователям работать не только там, где подключение к сети Интернет стабильно, но и там, где оно может работать с перебоями или временно отсутствовать [4].

WackoWiki — wiki-система на PHP, хранит данные в базе MySQL, многоязычна и использует кодировку UTF-8. Предназначена для совместной работы группы над некоторым проектом, представляющим собой набор совместно редактируемых документов, имеющих

версии. В WackoWiki новый документ создается в системе как новая веб-страница. Можно создавать страницы, группы страниц и обеспечивать их произвольную иерархию.

В разрабатываемой СЭД в панели управления документооборотом инициатор задает необходимые настройки доступа пользователей к документу и путь, по которому будет двигаться документ. Инициатор может следить за тем, на каком этапе в данный момент находится документ, может управлять документооборотом — переводить документ на следующий этап, возвращать на любой из предыдущих этапов, создавать и удалять этапы. В системе присутствует подробная документация. Есть возможность указать время маршрута. В системе используется функция отправки уведомлений на электронную почту для пользователей, которые должны работать с документами. Для решения возникающих проблем есть возможность возврата документа с комментариями. Можно просмотреть версии документа. Созданный документ доступен инициатору (владельцу документа) и уполномоченным пользователям на советующих этапах. Пользователи при входе в систему могут посмотреть работы на исполнении: список всех документов, с которыми необходимо ознакомиться и отредактировать. Работа пользователя с документом может происходить в несколько итераций, последняя завершается подтверждением отправки документа на следующий этап.

Разрабатываемая СЭД на базе адаптивного веб-приложения WackoWiki не требует большого количества времени на обучение и позволяет пользователям стационарных и мобильных устройств работать с документами из любого места при наличии доступа к сети Интернет с минимальными требованиями к пропускной способности.

Список использованных источников:

1. WackoWiki Documentation [Электронный ресурс] // WackoWiki. URL: <https://wackowiki.org/doc/HomePage>.
2. Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н. Быстрый старт дистанционного обучения с использованием сети Интернет // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №12. С. 29-31.
3. Гинзбург И.Б. Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». 2015. №84. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=63149>.
4. Гинзбург И.Б. Отказоустойчивые веб-интерфейсы для геоинформационных систем с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. №4. С. 72–75.

Организация вычислений с плохо обусловленными матрицами

Назарова И.Л.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Инютин С.А.

СурГУ, Сургут

Актуальной является задача организации вычислений с матрицами, имеющими особенности, в частности с плохо обусловленными матрицами. При численных расчётах математических дифференциальных моделей, описывающих процессы в энергетических и динамических объектах, возникают матрицы с особенностями, с которыми необходимо проводить вычисления в режиме реального времени быстро и надёжно. Для таких задач планируется разработать алгоритмы вычислений систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с матрицами, имеющими особенности, которые позволяют выполнять вычисления с высокой степенью точности.

На практике, когда решается система уравнений, коэффициенты матрицы получены с некоторой погрешностью. Понятия плохо обусловленных систем и числа обусловленности приведены в [1]. Норма матрицы A , умноженная на норму обратной матрицы A^{-1} , называется числом обусловленности. Чем больше число обусловленности, тем больше ошибка результата, которая будет зависеть от входных данных и от точности компьютерных вычислений.

Предлагается использовать при вычислении плохо обусловленных матриц модулярную арифметику. Впервые исследование модулярных систем счисления в стране начали И.Я. Акушский, Д.И. Юдицкий [2]. Современное состояние и новые результаты в классической модулярной арифметике изложены в [3].

Каждая плохо обусловленная матрица, представленная в позиционной системе счисления, в модулярной системе будет представляться множеством независимых друг от друга матриц.

Применение многоразрядной модулярной арифметики возможно при решении задач, где возникает необходимость повышения точности вычислений. Модулярная арифметика дает дополнительные преимущества при работе с матрицами с особенностями в силу возможности распараллелить процесс вычислений линейных форм, являющейся основной инструментальной операцией в матрично-векторной алгебре.

Список использованных источников:

1. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1994. — 544 с.

2. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах. — М.: Советское радио, 1968. — 440 с.

3. Инютин С.А. Модулярная алгоритмика многоразрядных вычислений. — М.: Из-во МАИ, 2020. — 160 с.

Обзор архитектуры нейронной сети для повышения мобильности обучения пользователя разговорному английскому языку

Ниемисто В.А., Искандарова К.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В нынешнее время популярность систем Natural Language Processing (NLP) приобретает максимальный уровень. Так, например, множество компаний, у которых имеется штат сотрудников call-центра, стремясь сократить расходы на содержание большого количества этих сотрудников делегируют часть обязанностей, в виде ответов на часто-задаваемые вопросы, или часто-выполняемую операционную деятельность, программному обеспечению, в виде «виртуальных операторов». Данные «операторы» умеют распознавать речь пользователя, оценивать эмоциональный окрас речи, выделять важные интенции из фраз пользователя и формировать ответ, озвученную синтезированным человеческим голосом. Данная система неработоспособна без использования NLP. Также, хорошим примером будет использование искусственного интеллект, в том числе с использованием системы NLP для обработки статей, определения тех или иных свойств текста, описанного в статьях. На самом деле, NLP системы можно применять при любом взаимодействии программы с пользователем, посредством ведения диалога, то есть там, где необходимо понимание человека машиной. Так же, использование данной технологии можно заметить при использовании онлайн-переводчиков текста, так как в их логику заложена система формирования мысли, похожей на человеческую, а без неё перевод нас явно бы не удовлетворил.

Тогда почему бы не применить эту систему при обучении пользователя разговорному, например, английскому языку? А ведь люди ждут от виртуальных собеседников не просто функций вопрос/ответ, а они ждут интеллект, который может поддерживать беседу, отвечать разными фразами, в соответствии с реакцией пользователя. А для этого нужно начать с достаточного отведенного времени на проектирование архитектуры системы и её реализацию. Для обучения английскому языку не будет достаточно одной NLP системы, также необходимо будет добавить несколько нейронных сетей, для токенизации предложений, для добавления синонимов/омонимов и иных украшений речи. Стоит учитывать, что система должна быть многопользовательская, а для этого нужно внедрить механизмы увеличения пропускной мощности обработки заявок в пиковые часы, например,

реализовав микросервисную архитектуру, оснащённую метриками, реализовав общие каналы передачи информации, предназначенные для передачи результатов выполнения одной нейронной сети ко входу в следующую нейронную сеть.

Но стоит ещё отдельное внимание уделить обучению нейронной сети. Ведь важно не переобучить нейронную сеть, а для этого нужны большие объемы данных и сети, которые могут обучаться как с частичным привлечением «учителя», так и без него.

Рекуррентные нейронные сети считаются весьма перспективными, и это действительно, большой шаг вперед по сравнению с «обычными» сетями вроде MLP (многослойные перцептроны), не имеющих памяти. И действительно, возможности нейронных сетей по запоминанию и обработке достаточно сложных структур, впечатляют. Сложно не согласиться с Илоном Маском, что искусственный интеллект в будущем может стать «самым большим риском для человечества» — если даже несложная нейронная сеть легко может запоминать и воспроизводить довольно сложные паттерны, то что сможет делать сеть из миллиардов компонентов? Но с другой стороны, не стоит забывать, что думать нейронная сеть не может, она по сути лишь механически запоминает последовательности символов, не понимая их смысла. Важно отметить, что даже если обучить нейросеть на суперкомпьютере и огромном наборе данных, в лучшем случае она научится генерировать грамматически 100% правильные, но при этом предложения могут быть совершенно лишены смысла.

Разработка технологии интеграции гетерогенных информационных систем при помощи веб-сервисов

Никонов Ю.Ю.

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

МАИ, Москва

Современный мир нельзя представить без информационных технологий. Данная отрасль охватывает всё больше сфер деятельности человека с каждым годом. Для удовлетворения возрастающих потребностей ведется разработка новых систем, чаще всего созданных с использованием веб-сервисов. Эти системы отличает более высокая гибкость и надежность. Со временем возникает необходимость в интеграции таких систем между собой для получения новых функций и данных. Появляются задачи интеграции гетерогенных информационных систем.

Рассмотрим компоненты, из которых может состоять современная информационная система:

- Импорт данных. Данные поступают из внешней системы или систем. Для импорта возможно использовать технологию ETL. Примером такой системы может являться программный комплекс Talend Open Studio.

- Хранилище данных — это система для преобразования и хранения данных. Существуют различные типы баз данных, среди которых наиболее распространены следующие: SQL и NoSQL. У них реализована поддержка форматов данных xml [1] и json [2]. Примерами таких систем являются PostgreSQL (реляционная база данных, SQL) и Elasticsearch (NoSQL база данных).

- Экспорт данных. Данные передаются во внешнюю систему или системы. Для экспорта могут использовать веб-сервисы, в том числе технологии API (Application Programming Interface — программный интерфейс приложения). Примерами веб-сервисов являются: SOAP, REST, GraphQL [3].

Интеграция современных систем разработанных с использованием веб-сервисов является актуальной задачей. Массовое внедрение будет способствовать стандартизации данных процессов.

Список использованных источников:

1. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition) [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://www.w3.org/TR/xml>, свободный. — (дата обращения 01.03.2021).

2. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8259>, свободный. — (дата обращения 01.03.2021).

3. Спецификация GraphQL [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://spec.graphql.org/October2021/>, свободный. — (дата обращения 01.03.2021).

Выбор технического средства для поиска и обнаружения динамических объектов в условиях многокритериального выбора

Новиков Л.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

При проведении запусков некоторых динамических объектов (ДО), отводятся специальные территории, предназначенные для их падения на Землю использованных элементов конструкций ДО, которые называются районами падения.

Над нахождением ДО работает наземная поисковая группа (НПГ). Для оперативного поиска и опознавания фрагментов ДО, устранение экологических потерь, а также для снижения времени работы поисковых групп следует как можно быстрее добраться до них.

Разрабатывается программный продукт, который преобразовывает оцифрованные схемы дорог в виде ориентированного графа, производит расчет оптимального маршрута алгоритмами Дейкстры и Ли, выводит полученные результаты в виде kml и gpx файлов с оптимальным маршрутом, а также время, требуемое для проведения расчетов в тактах, и выводит расстояние полученного маршрута в метрах.

Актуальность разработки программного обеспечения обусловлена потребностью эффективного решения задачи поиска ДО.

Выбор транспортного средства для поиска ДО является одним из необходимых условий при создании оптимального маршрута для НПГ.

Для увеличения эффективности расчета оптимального маршрута, введены характеристики транспортных средств и ДО, которые имеют следующие наименования:

- 1) Для транспортного средства (название транспортного средства, масса транспорта, максимальная скорость, тип (наземный или воздушный), грузоподъемность);
- 2) Для ДО (масса, категория (секретный, опасный, безопасный)).

Исходя из полученных характеристик, введенных в программный продукт, повысится скорость поиска ДО за счет экономии средств и времени.

Оптимизация процесса обработки графа в информационной системе поиска людей по интересам

Оверчук Н.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

Сегодня большое количество людей пользуется социальными сетями, форумами и другими площадками для коммуникации в сети. При этом иногда возникает потребность в поиске человека по определенным критериям: интересы, хобби, профессиональные навыки и т. д. Для решения этой задачи люди используют различные сервисы, предназначенные для взаимодействия с другими людьми, но из-за отсутствия автоматизированного инструмента для поиска и анализа информации о пользователе ее решение не является эффективным.

Разработанный прототип информационной системы «FriendsFinder» решает эту задачу путем построения графа взаимосвязей между людьми с последующим сбором и анализом открытых данных в социальных сетях. Перед началом работы пользователь указывает ключевые слова, по которым производится поиск совпадений, а также глубину и ширину графа. После этого он отправляет запрос к системе и начинается процесс построения графа.

Каждая вершина содержит в себе информацию о пользователе, которую система получает из социальной сети через программный интерфейс [1]. В процессе обхода графа

обрабатываются данные, выполняется морфологический [2] и графематический анализ текста, содержащийся в этих данных, и рассчитываются весовые коэффициенты, зависящие от указанных пользователем критериев и приоритетов. В результате этих операций формируется список людей, наиболее подходящих по указанным критериям.

В существующем прототипе система никак не фиксирует и не сохраняет полученные результаты. Из-за этого при работе с одним и тем же пользователем приложение при получении нового запроса заново формирует граф, обращается за данными пользователей в социальную сеть, выполняет повторную обработку данных и определяет людей, подходящих по указанным ключевым словам. Это приводит к тому, что для обработки запроса одного пользователя система затрачивает лишние ресурсы.

Для улучшения этого процесса был обеспечен учет и хранение построенного графа. При получении запроса от пользователя, для которого уже был построен граф, система загружает из базы данных предыдущие результаты и на их основе выполняет поиск по указанным ключевым словам. Так, например, если пользователь не изменил в запросе ключевые слова, но указал другую ширину и глубину выстраиваемого графа, то система, достроит новые вершины к существующему графу или удалит старые. Благодаря этому система будет расходовать меньше ресурсов на обработку запроса, что уменьшит время ожидания пользователя.

Помимо этого, в системе реализован планировщик задач [3], который с определенной периодичностью выполняет запрос к системе и осуществлять обновление данных в вершинах построенного графа. Если данные, записанные в вершинах, являются устаревшими, то система получает идентификатор пользователя, зафиксированный в структуре данных, и выполняет запрос к социальной сети с целью актуализации данных.

Благодаря описанным и реализованным решениям скорость обработки запроса пользователя возрастает, что позволяет быстрее решать задачу поиска людей по интересам с использованием меньшего количества ресурсов.

Список использованных источников:

1. API ВКонтакте [Электронный ресурс]: документация. — дата обращения: 16.10.2021 — режим доступа: <https://dev.vk.com/api/getting-started>
2. JMorfSdk [Электронный ресурс]: программная библиотека. — дата обращения: 20.01.2022 — режим доступа: <https://github.com/jalexpr/jmorfSdk>
3. cron [Электронный ресурс]: документация. — дата обращения: 29.01.2022 — режим доступа: <https://help.ubuntu.ru/wiki/cron>

Анализ факторов, влияющих на распределение пассажиропотока на пересадочных узлах метрополитена

Орловская В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Егорова Е.К.

МАИ, Москва

Людям, проживающим в современном мегаполисе постоянно приходится преодолевать огромные расстояния каждый день и не у каждого есть личный транспорт. Поэтому область, занимающаяся пассажирскими перевозками является одной из самых крупнейших на данный момент.

Требуемый уровень общественного транспорта постоянно меняется, именно поэтому перед предприятиями, занимающимися перевозками, всегда стоит вопрос об оптимизации.

В случае мегаполиса наиболее важной целью является оптимизация времени и удобства пути. Для этого необходимо рассмотреть сами факторы, которые влияют на распределение потоков пассажиров. Именно анализ этого и является темой этого доклада.

Наиболее распространенным общественным транспортом, который присутствует в любом мегаполисе в мире, является метро, поэтому на его примере я и делаю свое исследование.

Главной вещью, на которую стоит обратить внимание является распределение пассажиропотоков во времени. В него входит общая информация о транспортной подвижности населения, её направленности и изменений во времени. Из этой информации можно дать оценку существующей системе и исходя из нее заниматься оптимизацией.

Например, зная закономерности изменений потока пассажиров, можно выбрать более оптимальное направление их движения, более эффективное направление пути и его распределение на пересадочных станциях в момент времени.

Не менее важно изучить закономерности изменений, накладываемых на это распределение различными внешними факторами, такими как городские праздники (в дни государственных праздников зачастую проходят мероприятия в центре города, из-за которых нагрузка на конкретные маршруты возрастает), изменение погодных условий (при сильном снегопаде большее количество людей решит воспользоваться метро, однако, целесообразно ли выпускать много поездов, рискуя получить перегруженный метрополитен?).

Не стоит забывать и об экономической части этой оптимизации: общественный транспорт должен удовлетворять критериям не только по качеству предоставляемых услуг, но и по цене, как для перевозчика, так и для самого пассажира; целесообразности использования ресурсов (как материальных, так и трудовых).

В этой работе проводится анализ данных факторов и их влияния на распределение пассажиропотока.

Анализ влияния конструкции рамы гексакоптера на параметры управляемости

Павленко И.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Одним из перспективных направлений в области авиационной техники в наше время является разработка БЛА [1]. Основным несущим элементом конструкции, которого является рама. Именно в ней размещена основная часть авионики и полезной нагрузки.

Наиважнейшим пунктом является выбор материала для создания рамы гексакоптера. При создании прототипа обычно применяются пластик или дерево. Однако, следует учитывать, что БЛА будет использоваться в неблагоприятных условиях, к примеру при лесных пожарах. Как и в любой другой отрасли авиационной промышленности при построении рамы гексакоптера лучшим выбором будет использование титана [2]. Сравнительно малый вес при высокой удельной прочности, жаропрочность и коррозионная стойкость позволяют БЛА, выполненному из титана переносить такие критические ситуации, при которых другие материалы допустили бы полный выход из строя устройства без возможности ремонта.

Расчет прочности выполняется с помощью САПР SolidWorks и входящего в него инструментария для проведения имитационного моделирования SolidWorks Simulation. Будут смоделированы характерные условия различных по своей природе нагрузок на раму и проведен анализ устойчивости спроектированной модели. Вдобавок, будет проведена оптимизация ее формы для сокращения количества затраченного материала для рамы без ущерба для прочности конструкции.

Список использованных источников:

1. Просвирова Наталья Викторовна АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ // Московский экономический журнал №10 2021

2. Ikuhiro Inagaki, Tsutomu Takechi, Yoshihisa Shirai, Nozomu Ariyasu Application and Features of Titanium for the Aerospace Industry // NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL TECHNICAL REPORT No. 106 JULY 2014

Модификации современных средств дистанционного обучения

Петрин С.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Морозов А.Ю.

МАИ, Москва

Системы дистанционного обучения достаточно давно известны преподавателям вузов. С помощью дистанционных образовательных технологий можно не только переложить на плечи компьютера ряд рутинных педагогических действий, но и организовать по-настоящему качественное, индивидуальное, дифференцированное обучение. Самые популярные на сегодняшний день являются: Zoom, MS Teams, Discord, Webinar, LMS MSE. В каждом из этих средств разработан свой уникальный ресурс передачи информации и можно выделить как позитивные, так и негативные особенности. Рассмотрев и объединив все позитивные особенности, получаем модифицированную систему дистанционного обучения:

Zoom:

1) Преимущества платформы: позволяет зайти любому незарегистрированному пользователю и поучаствовать в видеоконференции, что сокращает время учащегося на авторизацию. Способ связи осуществляется с помощью опроса или чата. Имеет функцию разделения участников на группы, команды.

2) Недостатки платформы: ограниченное время на платформе, пресный оконный интерфейс, микрофон будет включён при заходе в конференцию, что может помешать проведению занятий дистанционного обучения. Нельзя хранить информацию в конференциях.

Discord:

1) Преимущества платформы: можно хранить информацию в специальных комнатах, есть коммуникация между пользователями, удобный показ экранов для трансляции информации, имеет несколько комнат для переговоров.

2) Недостатки платформы: звуки при заходе в комнату слышится всем присутствующим, звук показа демонстрации экрана слышится всем присутствующим, не выводит говорящего в комнату человека на показ, что в свою очередь включает опцию мешать проведению обучения. Также не позволяет добавить задачи, примеры, тесты для учащихся при контроле знаний.

LMS MSE:

1) Преимущества платформы: эта система позволяет добавлять тесты, опросы, вывод экрана. Хранит всю информацию об учащихся. Удобный контроль и передача права на показ экрана.

2) Недостатки платформы: является веб-разработкой, что, в свою очередь, не даёт справиться с большими нагрузками на сайт. Также не выводит говорящего в комнату человека на показ, что в свою очередь включает опцию мешать проведению обучения. Имеет плохую коммуникацию между преподавателями.

MS Teams:

1) Преимущества платформы: эта система про контроль времени. Она позволяет контролировать опоздавших, даёт возможность скачать список посещаемости, даёт заданиям ограниченность по времени. Имеет яркий и понятный интерфейс. Поддерживается с мобильных устройств.

2) Недостатки платформы: Teams имеет довольно серьёзную проблему — каждый собеседник может выключать микрофон у другого. Брать на себя экран, доску, никак нельзя это настроить и поэтому — это даёт возможность помешать проведению занятий.

Итог: модификация систем состоит в том, чтобы объединить и создать такую систему, которая будет иметь все преимущества и не иметь в себе недостатков. Такая платформа будет стоять наряду среди современных популярных систем, которые установлены сегодня на компьютерах учащихся.

**Разработка элементов кроссплатформенного графического
пользовательского интерфейса части программного комплекса,
предназначенного для формирования визуализированного представления
производственных процессов**

Пинегин А.А.

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

МАИ, Москва

Разрабатываемые элементы программного обеспечения позволяют дополнить функциональность общего программного решения по подготовке анимированных материалов визуализации процессов производства с целью их последующего применения как в системах информационного сопровождения предприятия, так и в качестве основных компонентов в составе интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР).

Создание элементов клиентской части программного комплекса реализуется с использованием языка программирования высокого уровня C# и технологии .NET Core. С целью обеспечения возможности кроссплатформенного использования разрабатываемых элементов графический пользовательский интерфейс (GUI) базируется на открытой библиотеке GIMP ToolKit (GTK), включающую в себя полный набор инструментов и визуальных компонентов необходимых для реализации поставленных задач.

Основные функции, выполняемые клиентской частью данного программного комплекса:

- Формирование файла протокола анимации (файл с расширением .maf) посредством использования графического интерфейса пользователя;
- Отображение ключевой информации необходимой для работы программного обеспечения, такой как, название анимации, целевое значение FPS (кадров в секунду), длительность анимации и т.д.;
- Обмен данными с серверной частью программного комплекса.

Сериализация, проводимая над данными, полученными с помощью GUI для внутреннего представления в программном комплексе, и десериализация, проводящаяся для формирования файла протокола анимации, реализуются с помощью инструментов из пакета Newtonsoft.Json.

Особое внимание уделяется проектированию интерфейса пользователя с точки зрения эргономики использования данного комплекса при переходе с других систем. Общие визуальные компоненты, определяющие работу с базовой функциональностью, будут иметь возможность по настройке их расположения.

На текущий момент элементы программного обеспечения, реализующие клиентскую часть, уже позволяют формировать блок файла протокола анимации, содержащий общие сведения об анимации, просматривать данные этого блока в графическом интерфейсе, а также не только просматривать их у только что созданного файла, но и выбрать другой maf-файл, данные из которого требуется вывести в графический интерфейс на данный момент времени.

Разработка системы автоматизации закупок

Попов Д.С., Родин Ф.М.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день процесс организации закупок, в связи с развитием веб-технологий, с одной стороны, сильно упростился за счет возможностей быстрого анализа доступных предложений, с другой стороны объем информации, обрабатываемой человеком для выбора наиболее оптимального предложения из доступных, в разы увеличился. Что в итоге приводит к тому, что люди перестают искать оптимальные предложения ради экономии собственного времени.

Разработанная система позволит автоматически осуществлять поиск и формирования списков доступных предложений и выбор среди них оптимального, основываясь на требованиях пользователя.

Система состоит из четырех основных компонентов:

1. базы данных;
2. парсеров сайтов;
3. сервера;
4. пользовательского веб-интерфейса.

В системе используется реляционная СУБД PostgreSQL. Структура базы данных состоит из таблицы товаров и таблицы магазинов. Таблица товаров включает в себя название товара, его цену, остаток на складе, ссылку на товар в магазине и идентификатор магазина, который связывает таблицу товаров с таблицей магазинов. Таблица магазинов используется для нормализации и предотвращения избыточности данных и включает в себя информацию о названии магазина, времени и стоимости доставки.

Для актуализации данных о цене, количестве товара в наличии, времени и стоимости доставки используются парсеры сайтов. Они осуществляют автоматический поиск нужного товара на сайтах различных магазинов и обновление данных о цене, наличии и магазине в базе данных.

Сервер системы служит для связи пользовательского веб-интерфейса, СУБД и парсеров. Используется фреймворк Django. Сервер предоставляет REST API сервис пользовательскому веб-интерфейсу.

Пользовательский веб-интерфейс позволяет находить нужный товар из списка добавленных в базу данных системы и добавлять новые. Система показывает пользователю наиболее выгодные предложения, при этом возможно отсортировать товары по цене, времени доставки, наличию, магазину или нескольким параметрам и добавить их в список заказа. Веб-интерфейс написан с использованием фреймворка Vue.js и Nuxt.js. Пользоваться веб-интерфейсом возможно с любого устройства, имеющего выход в интернет и веб-браузер.

После формирования списка заказа система способна в автоматизированном режиме оформить заказ.

Данная система автоматизации закупок позволит сократить затраты на поиск товаров, выбора наиболее выгодных предложений, и увеличить производительность.

Повышение точности определения словоформ в библиотеке морфологического анализа текста JMorfSdk

Поречный А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

Предобработка и подготовка входных данных в значительной мере влияет на конечный результат работы любого алгоритма. Так, например, для алгоритмов семантико-синтаксической обработки текста на естественном языке крайне важным является высокая точность результатов двух самых первых этапов анализа текста — графематического и морфологического. Действительно, незначительные ошибки на этих этапах могут значительно исказить конечный результат работы алгоритма, поэтому важно повышать точность работы инструментов графематического и морфологического анализа [1, 2].

Для проведения морфологического анализа существует множество инструментов, которые используют словари (например, JMorfSdk[3], rumorphy2, RussianMorphology [4] и др.), методы машинного обучения (например, Natasha, TreeTagger [5] и др), статистику употребления или сочетаемости слов и т.д. Проведенный сравнительный анализ этих инструментов показал, что процентное количество найденных слов в Национальном корпусе русского языка для большинства инструментов колеблется от 95% до 99%, но при этом процент верно определенных морфологических характеристик без учета снятия омонимии колеблется от 63% до 97%, а с учетом снятия — еще ниже от 48% до 82%, т.е. точность

определения словоформ еще требует значительного повышения. При этом стоит отметить, что скорость обработки отдельных инструментов составляет 1,4-1,6 мкс на одно слово, что является хорошим показателем.

Для повышения точности определения словоформ при морфологическом анализе был выбран JMorfSdk как инструмент с самой высокой скоростью работы (95-й процентиль получения начальной формы слов из Национального корпуса русского языка составляет 1,4мкс, ближайшее по скорости инструменты являются AoT с 1,6мкс и RussianMorphology с 1,9мкс, остальные же показали результаты от 25мкс до 275мкс).

После анализа структур JMorfSdk было выявлено несколько проблем: потеря связей между начальными формами слова для глаголов, причастий, деепричастиями, а также потеря некоторых дополнительных связей, которые не входят в лемму, но значительно облегчают работу, например, связь между общепринятым сокращением и его полной формой («млн.» — сокращение и «миллион» — полная форма). Также было установлено, что в текстах зачастую заменяется буква «ё» на «е», например, «ёж» меняется на «еж», но при этом в словаре учитывается только форма «ёж».

Таким образом, для решения описанных выше проблем было предложено расширение структуры JMorfSdk, которое с одной стороны повысит точность определения словоформ, с другой стороны не потребует значительных изменений. В структуру хранения формы добавляется дополнительная 4-байтовая ссылка. В добавленную ссылку при необходимости помещается ключ на форму, на которую необходимо сделать ссылку. Ключ — это специально рассчитываемое уникальное 4-байтовое число для каждого строкового представления слова, этот же ключ уже используется при поиске необходимых форм по строковому представлению слова при морфологическом анализе. В новую ссылку помещаются ссылки на начальные формы из глаголов, причастий и деепричастий, а также на полные формы сокращений. При этом в новую ссылку также помещаются ссылки на форму с буквой «ё» из форм с буквой «е», что позволяет не создавать дубликаты форм слов.

Таким образом, по предварительным оценкам улучшение структуры JMorfSdk повышает точность определения словоформ от 0,21% до 10,93% или выше за счёт добавления поддержки замены «ё» на «е», а также установкой связей между начальными и производными формами слов.

Список использованных источников:

1. Mohbey K. K., Tiwari S. Preprocessing and morphological analysis in text mining // International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering. — 2011. — Vol. 2. — № 2. — P. 1-7.
2. Губин, М. В. Влияние морфологического анализа на качество информационного поиска / М. В. Губин, А. Б. Морозов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: Труды Восьмой Всероссийской научной конференции (RCDL'2006), Суздаль, 17–19 октября 2006 года / Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова. — Суздаль: Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, 2006. — С. 95-100.
3. Politsyna E. V. Development of the Cross-platform Library of Morphological Analysis of the Russian Language Text for Industrial Software / E. V. Politsyna, S. A. Politsyn, A. S. Porechny // CEE-SECR '18 Central and Eastern European Software Engineering Conference Russia Moscow. — ACM New York, NY, USA, 2018.
4. Официальная страница RussianMorphology. — Режим доступа — <https://github.com/AKuznetsov/russianmorphology>. — (Дата обращения: 20.02.2022).
5. Официальный сайт TreeTagger. — Режим доступа — <https://cis.uni-muenchen.de/~schmid/tools/TreeTagger/>. — (Дата обращения: 20.02.2022).

Решение задачи восстановления скрытых частей объектов с помощью нейронных сетей

Ризов Б.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

Прошло более полувека с момента формализации понятия нейронной сети. Интерес ученых к этой области периодически угасал, когда они сталкивались с трудностями из-за неразвитости технологий. Однако данные проблемы уходили со временем из-за увеличения компьютерных мощностей, накопления больших баз данных или открытий новых подходов к решению тех или иных задач.

Обработка изображений является одной из важных и интересных задач машинного обучения. Несмотря на то, что нейронные сети появились довольно давно, люди считали, что оптимально классифицировать изображения ими не получится из-за их невысокой эффективности. Также ситуацию не поменяло появление свёрточной нейронной сети, архитектура которой чередует свёрточные, полученные в результате использования ядра свёртки на изначальном слое, и субдискретизирующие слои. В 2012 году победа на конкурсе ImageNet архитектуры AlexNet вызвало очень большой интерес к свёрточным сетям. В обработке изображений произошел прорыв, это стало возможным в виду появления огромной базы данных, на котором можно обучить модели.

Нейронные сети по своей структуре хорошо подходят для работы с данными, обладающими какой-то внутренней связанностью и структурой. Например, изображение — набор пикселей, и информация кроется именно в том, как они взаимно расположены. Используются некоторые особенности зрительной коры человека: есть простые клетки, которые реагируют на линии под различными углами, а есть сложные клетки, которые реагируют на активацию определенного набора простых. Так решаются задачи классификации изображений.

Нередко на изображениях какие-то части объектов скрыты или не влезли в кадр. Это проблема актуальна в современном мире, где все мы так или иначе с помощью фотографий хотим сохранить свои воспоминания. Целью моего проекта является прототип решения задачи восстановления скрытых частей объектов. Для этого используется нейронная сеть, предварительно обученная на большой коллекции изображений и синтезирующая недостающие элементы на основе сопоставления оптимальных совпадений с ранее обработанными изображениями.

Данное исследование демонстрирует насколько успешно свёрточные нейронные сети способны восстанавливать изображения, учитывая взаимосвязь пикселей, расположенных на расстоянии, превышающем область «видимости» ядра.

Определение расстояния от источника до приемника по величине фазового сдвига

Родионов В.С., Рубан А.А., Соколова А.К.

Научный руководитель — к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Структуризация звукового потока позволила фактически разметить его структурными единицами, которые могут выступать в качестве знаков [1], адекватно характеризующих информационное содержание звукового и речевого потока. При приеме информации звуковой информации от одного источника в разных точках пространства звуковой поток имеет одинаковое содержание с точностью до фазового сдвига. А это, в свою очередь, дает возможность сопоставлять одинаковые фрагменты в информационной части и выделять фрагмент потока характеризующий фазовый сдвиг. С учетом таких возможностей вполне уместно поставить задачу определения расстояния от источника до приемника по совокупности двух и более потоков записанной информации по величине фазового сдвига, выраженного в количестве отсчетов.

Постановка задачи.

Имеется источник информации — I , порождающий информационный поток S_i в результате воспроизведения звука. Имеются три приёмника информации P^1, P^2, P^3 , которые находятся на расстоянии l_1, l_2, l_3 и записывают звук в виде потока значения амплитуд, таких как S^1_i, S^2_i, S^3_i . Любой из потоков S^k_i разбивается на две составляющие: F^k_i - фазовый сдвиг и U^k_i - информационное содержание, описываемое в терминах знаков-УНИПРИМов [2]. Имеется возможность выделить и сопоставить U^k_i для каждого k и таким образом получить

$$|F^k_i| = |S^k_i| - |U^k_i|$$

длину (мощность множества отсчетов) фазового сдвига в единицах отсчетов.

При условии, что $l_3 > l_2$, а $l_1 > l_2$ имеем

$$|F^2_i| - |F^1_i| = d^0 \text{ и } |F^3_i| - |F^2_i| = d^1$$

Тогда

$$\frac{d^0}{(l_2 - l_1)} = v_0 \qquad \frac{d^1}{(l_3 - l_2)} = v_1$$

Величины v_0 и v_1 будут характеризовать количество отсчетов на единицу расстояния от источника. При этом $v_1 \approx v_2$. Таким образом, имея усредненное значение v , мы можем по величине $|F^k_i|$ вычислять удаленность источника от приемника. Для измерения, безусловно, достаточно двух приемников, но для получения среднего v необходимо три приемника, так как информационная часть имеет инерционный префикс (характеризуется малыми значениями амплитуд) перед проявлением информационной части даже в случае нахождения приемника рядом с источником. Таким образом, более четко можно выделить информационную часть и повысить точность получения v_i при проведении экспериментов.

Зная количество отсчетов на единицу времени, можно определять скорость распространения звука. Кроме этого, данные результаты дадут возможность экстраполировать значения амплитуд в любые точки пространства и таким образом обеспечить 3D-представления распространения звука в пространстве.

Список использованных источников:

1. Балакирев Н.Е., Нгуен Х.З., Малков М.А., Фадеев М.М.. 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. Выпуск №4 — Тверь, 2018 — С. 768-776
2. Фадеев М. М., Евсеева М. В., Балакирев Н. Е. Структуризация звукового потока / Н. Е. Балакирев, М. М. Фадеев, М. В. Евсеева // Сборник тезисов и докладов «Гагаринские чтения — 2020» — Москва, 2020. — С. 520-522.

Вопросы описания алгоритмов неформальными операторами

Рубан А.А., Родионов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Вопросы, связанные с реализацией алгоритмов, требуют их описания в рамках формального языка с весьма ограниченным набором операторов языка.

Расширение возможностей языка осуществляется за счет библиотек подпрограмм, которые расширяют по факту возможности языка, но также действуют в жестких рамках способов вызова и именования таких операторов. Ограниченность набора операторов обеспечивает быстрое овладение пользованием языка, но ограничивает его содержательность и удаляет его от естественного языка, в рамках которого мы формулируем алгоритмы и их анализируем. Не мало важным фактором, затрудняющим осмысление алгоритма, является использование фактически одной английской нотации языка. Учитывая, что в настоящее время создаются не отдельные приложения, а емкие по объему и содержанию программные комплексы, то анализ таких систем сродни археологическим раскопкам. Ну и дополнительно следует отметить фиксированную эффективность приложения, определяемую однозначностью отображения семантического содержания алгоритма в код программы.

Формальная постановка задачи.

И так, имеются:

L — Естественный лингвистический язык на основе общепринятого словаря слов $S=\{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$

M — Макроязык, позволяющий создавать операторы $P=\{p_1, p_2, p_3, \dots, p_k\}$, которые способны преобразовывать входную последовательность символов одного языка в выходную последовательность символов другого языка (включая ассемблер),

A — ассемблерный язык — однозначно отражающий возможности конкретной архитектуры команд процессора в виде операторов (операций, инструкций) $A=\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}$, однозначно соответствующий командам процессора $K=\{k_1, k_2, k_3, \dots, k_n\}$.

LP — язык, который содержательно максимально приближен к языку L с операторами приближения $LP=\{lp_1, lp_2, lp_3, \dots, lp_k\}$.

LF — язык, который ориентирован на функциональную сущность алгоритмических языков.

Конечной целью преобразования является отображение содержания S_i в код приложения K_j , т.е.

$S_i=\{s_1 \# s_2 \# s_1 \# \dots \# s_n\} \Rightarrow K_j = \{k_1 \# k_2 \# k_3 \# \dots \# k_n\}$,

где # знак конкатенации соответствующих элементов.

Таким образом преобразованием из одного языка в другой может быть выражена следующей последовательностью

$L \Rightarrow LP \Rightarrow LF \Rightarrow M \Rightarrow A$

Конструктивная последовательность построения на соответствующих языках операторов осуществляется в обратную сторону, т. е.

$A \Rightarrow M \Rightarrow LF \Rightarrow LP \Rightarrow L$.

Любая предметная область их общего словаря $S=\{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$ имеет подмножество терминов и слов $S_p=\{s_1 p, s_2 p, s_3 p, \dots, s_n p\}$, характерных для данной области знания.

Тогда, учитывая возможность синонимии операторов на уровне макроязыка, можно получить язык LP_p соответствующий словарю S_p .

Основываясь на такой постановке задачи, удалось на специальном языке операторов реализовать систему извлечения информационного содержания волн [1].

Список использованных источников:

1. Flat assembler. Assembly language resources [Электронный ресурс] /. — Официальная документация — Режим доступа: <https://flatassembler.net/docs.php>

Решение задачи классификации биотипов и эко-мониторинга природных заповедников

Рудько И.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В рамках данной работы будет спроектирована и реализована информационно-аналитическая система на базе платформы системы управления контентом Directum-RX. Система представляет собой уникальное решение для автоматизации процессов и процедур экологического мониторинга (далее экомониторинг) Особо Охраняемых Природных Территорий (далее ООПТ) Российской Федерации. Решение разрабатывается на основе существующих материалов и данных по автоматизации задач экомониторинга, с применением современных методов и практик предметной области и в области информационных технологий и информационных систем.

Система является комплексным инструментом для работы сотрудников заповедников и включает набор стандартных и заказных модулей по тематике экомониторинга. Разработка средств автоматизации ООПТ велась в РФ продолжительное время, но материалы и база данных экологических наблюдений являются разрозненными и неструктурированными. Разработка современной платформы сбора и аналитики данных и скорейшая интеграция

накопленной информации ООПТ в глобальную систему, а также последующая возможность преобразования результатов исследований, предоставит возможность российской науке выйти на новый уровень по обработке данных и подготовке прогнозных моделей.

Основные цели внедрения системы:

1. Фиксация данных наблюдений сотрудниками ООПТ;
2. Перевод данных по наблюдения в электронную форму с быстрым доступом сотрудников ООПТ к этим данным;
3. Внесение оперативных сведений о состоянии объектов эко-мониторинга;
4. Централизованный учет и аналитическая отчетность по биологическому мониторингу ООПТ (структура сбора привязана к существующему административному устройству ООПТ);
5. Сбор фото и видео фиксаций в единую базу данных;
6. Управление регламентами и хранение документов в единой базе данных;
7. Совмещение данных эко мониторинга с данными Геоинформационных Систем (далее ГИС) систем;
8. Модуль распознавания типов животных по фото материалам;
9. Возможность получения наглядных отчетов.
10. Построение математических моделей прогноза.

Для реализации системы была выбрана платформа Directum-RX, российского производителя компании Директум. Ключевой возможностью платформы RX является способность адаптировать бизнес-процессы и структуры данных под Заказчика.

Основными объектами мониторинга являются типы животных, проживающие на территории ООПТ, следовательно, первой задачей является классификация животных и других типов объектов экосистемы.

Отдельной важнейшей задачей автоматизации является фиксация фото с последующей классификацией полученной информации с использованием технологий нейросетей. В совокупности система будет накапливать структурированные данные, которые могут быть использованы научными командами для прогнозирования и разработки аналитики животного мира как в отдельно взятом регионе, так и на всей территории РФ.

В заключении, необходимо отметить, что разработка данной системы является комплексной задачей и будет корректироваться в соответствии с самыми передовыми практиками в области тематических научных практик и информационных и технологий. Система предполагает одновременную работу более 500 пользователей и является высоконагруженной, поэтому в части разработки архитектуры системы будут использованы современные облачные сервисы российского производителя.

Улучшение и расширение возможностей библиотеки морфологического анализа JMorfSdk

Рыкунов А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.
МАИ, Москва

Каждый день генерируется настолько большое количество текстовой информации, что автоматизация процесса анализа естественного языка является необходимой задачей. Для использования морфологических анализаторов в современных системах от инструментов автоматического анализа естественного языка требуется большая точность результатов и высокая скорость работы [1].

Для анализа текстов на русском языке постоянно разрабатываются и улучшаются различные инструменты, в том числе и для проведения морфологического этапа. Однако сравнительный анализ библиотеки морфологического анализа JMorfSdk с другими морфологическими анализаторами показал отсутствие инструмента, который бы лидировал по всем сравниваемым параметрам.

В текущей версии библиотеки JMorfSdk был выявлен ряд недостатков, для улучшения которых было предложено внесение следующих изменений:

- Учёт особенностей хранения лемм словаря проекта OpenCorpora и связей между ними;
- Увеличение количества лемм, хранящихся в используемом библиотекой словаре;
- Изменение структуры хранения бинарного файла словаря для хранения связей между словоформами;
- Внедрение функционала частичного снятия омонимии на морфологическом этапе анализа текста.

Расширение словаря достигается путём анализа большого количества текстов. Это позволяет не просто увеличивать словарь, а добавлять только неизвестные слова, используемые авторами в реальных текстах. Ручная проверка всех найденных неизвестных слов трудозатратна из-за их количества, поэтому используется сервис Викисловарь. Среди его преимуществ не только большое количество слов, но и представление морфологических характеристик в соответствии с классификацией, предложенной Зализняком, которая также используется и в словаре OpenCorpora.

В словаре OpenCorpora леммы могут быть связаны. Так, например, глагол, деепричастие и причастие связаны с инфинитивом, и в этом случае ссылка на связанную лемму будет храниться в бинарном файле. Хранение связей в бинарном файле позволит пользователям анализатора получать информацию о других связанных леммах, например, глагола и инфинитива, которые являются различными леммами в словаре.

Использование контекста для разрешения омонимичных случаев позволяет добиться большей точности определения части речи и морфологических характеристик [2]. Структура фреймворка TAWT [3], в состав которого входит библиотека, позволяет реализовать разрешение омонимии на предсинтаксическом уровне, в результате чего учитывается окружение слов омонима для более точного прогноза.

В результате внесённых изменений будет значительно повышена точность лемматизации и получения морфологических характеристик токенов.

Список использованных 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: 22.02.2022 — Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012129>
2. Большакова, Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие / Е.И. Большакова, К.В. Воронцов, Н.Э. Ефремова, Э.С. Клышинский, Н.В. Лукашевич, А.С.Сапин — М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017. — 269 с.
3. Полицына, Е. В. Алгоритмы автоматизации анализа текста на русском языке для решения прикладных задач с применением фреймворка TAWT / Е. В. Полицына, С. А. Полицын, А. С. Поречный // Программные продукты и системы. — 2021. — № 2. — С. 257-268.

Сравнение алгоритмов сжатия звуковой информации алгоритмом Хаффмана и Арифметическим кодированием

Сергеев И.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Сжатие информации происходит за счёт сокращения статистической избыточности. В силу неравномерного распределения частоты кодируемых символов имеется возможность сократить объём информации за счёт присваивания самому часто встречаемому символу код меньшей длины, а самому редкому — большей. Для звуковой информации возможно применять 2 способа сжатия: с потерями и без потерь. В первом случае происходит преобразование данных в сжатые за счёт отбрасывания несущественной информации. Обратное преобразование происходит за счёт восстановления информации. Сжатие без потерь предполагает преобразование символов из одной группы в другую (компактную)

с точным восстановлением исходных данных после декодирования (обратного преобразования).

Любая информация, в том числе звуковая, как правило, обладает своей спецификой и чувствительна к выбору алгоритма сжатия, что означает необходимость сравнения существующих алгоритмов для установления наиболее подходящих к конкретной задаче и выбора наиболее оптимального среди них. Существует множество методов сжатия без потерь. Заведомо известно, что алгоритм Шеннона-Фано хуже алгоритма Хаффмана, поэтому для сравнения выбраны алгоритм Хаффмана и арифметическое кодирование, которые применяются к звуковому файлу WAV. В дальнейшем планируется сравнение наиболее оптимального метода сжатия с используемым для хранения структуры звуковой волны [1].

Для решения задачи сравнения создано ПО, которое проводит сжатие звукового файла и для сравнения позволит учесть:

- Размер файла до и после сжатия;
- Коэффициент сжатия (исходный файл/сжатый файл);
- Время сжатия и восстановления

Сокращения: Алгоритм Хаффмана (X), Арифметическое кодирование (AK).

Исходный размер файла (Кб):

Файл 1. 2933,

Файл 2. 391,06,

Файл 3. 46830

Размер после сжатия (Кб):

Файл 1: 2409 (X); 2398 (AK),

Файл 2: 205,228 (X); 198 (AK),

Файл 3: 37983 (X); 37788 (AK)

Коэффициент сжатия:

Файл 1: 1,217 (X); 1,22 (AK),

Файл 2: 1,905 (X); 1,975 (AK),

Файл 3: 1,232 (X); 1,239 (AK)

Время сжатия (сек):

Файл 1: 1,9 (X); 0,7 (AK),

Файл 2: 4,28 (X); 2,8(AK),

Файл 3: 57 (X); 39 (AK)

Время восстановления (сек):

Файл 1: 24,1082 (X); 16,239 (AK),

Файл 2: 4,88 (X); 4,80 (AK),

Файл 3: 229,3389 (X); 238 (AK)

Из результатов сжатия следует, что арифметическое кодирование даёт лучшие показатели в коэффициенте сжатия, размере и времени, затрачиваемом на сжатие и восстановление файла. Исключение составление время восстановления звукового файла, размеров 46830 кб, где Хаффман показал результат восстановления лучше на 9 секунд.

Список использованных 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

Возможности масштабирования автоматизированной системы мониторинга и контроля расхода топлива

Серогодский А.Е.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Чернова Т.А.

МАИ, Москва

По данным Росстат, на протяжении более чем десятилетия повышаются цены на ГСМ. Предприятия, занимающиеся перевозками, вынуждены повышать цены на свои услуги, поскольку их прибыль зависит от стоимости топлива. Топливоснабжающие организации используют автоматизированные системы мониторинга и контроля расхода топлива для предоставления актуальной информации своим клиентам — фирмам, имеющим собственный (или арендованный) автопарк, для оптимизации потребления топлива и исключения несанкционированных трат.

В случае использования серверов запросы к системе могут обрабатываться довольно долго при повышении нагрузки на сервера, поскольку вычислительная мощность сервера строго ограничена. При недогрузке, то есть снижении количества запросов к системе, предприятие, по сути, платит за простой сервера. Возникает проблема необходимости масштабирования вычислительной мощности этой системы.

Сегодня существуют технологии облачных вычислений и хранения данных, распределённые системы, например, от компаний Microsoft или Amazon, кроме того, в России IT-компания Parallels запустила проект создания российской облачной платформы взамен решениям Microsoft Azure, Amazon Web Services. Самым важным преимуществом этих разработок для решения поставленной проблемы является динамическое масштабирование, позволяющее работать всей инфраструктуре при быстро меняющихся рабочих нагрузках, исключая недостаточность вычислительных ресурсов на пиках и гарантируя взимание платы только за использованные ресурсы.

Таким образом, целью работы является адаптация и размещение автоматизированной системы мониторинга и контроля расхода топлива в облачном сервисе, что позволяет сделать систему масштабируемой.

Разработка прототипа универсальной системы графического представления данных для пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций

Сидорин К.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Зыков А.В.

ПАО «РКК «Энергия», Королёв

Человеко-машинные интерфейсы (ЧМИ) различных пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций решают схожие задачи с точки зрения оператора, однако с точки зрения программной реализации ЧМИ разных изделий существенно отличаются друг от друга. Разработки для одного изделия оказываются неприменимы для других изделий, в связи с чем цикл разработки программного обеспечения (ПО) каждый раз начинается с нуля. Исторически это обусловлено тем, что использованная для ЧМИ аппаратура была сильно ограничена в вычислительных мощностях, поэтому ПО разрабатывалось под работу только на конкретном устройстве, чтобы максимально использовать возможности конкретного «железа».

В настоящее время проблема низкой производительности средств ЧМИ теряет свою актуальность, и становится возможным применение более сложных алгоритмов работы, необязательно предназначенных для работы на определенной аппаратуре. В связи с этим в данной работе предлагается новая универсальная концепция, в основе которой лежит независимый от аппаратной платформы компонент ПО, решающий только задачу представления экипажу визуальной информации о работе бортовых систем в заданном виде, в то время как остальные зависящие от специфики устройства ЧМИ функции, как например запрос и получение данных от бортовых систем, выполняются другими, оптимизированными под эту задачу компонентами ПО.

Применение такого подхода, при котором ЧМИ состоит из нескольких взаимодействующих компонентов, позволяет значительно упростить и ускорить процесс создания ЧМИ конкретного изделия. Это достигается за счет того, что при разработке визуальной составляющей ЧМИ нет необходимости учитывать аппаратные и программные возможности конкретного изделия. Кроме того, появляется возможность переноса уже имеющихся наработок на разные изделия.

С целью проверки жизнеспособности концепции был разработан и испытан прототип системы сбора и графического представления бортовых данных. В рамках проведенных работ были решены следующие задачи:

- Разработка прототипа универсального графического интерфейса, с возможностью отображения бортовой информации по заданному описанию;
- Разработка прототипа системы сбора данных о работе бортовых систем.

Проведенный эксперимент по отображению бортовых данных на тестовых форматах подтвердил работоспособность принятых решений и применимость концепции универсальной системы графического представления данных для пилотируемых космических аппаратов.

Вопросы получения спектра волн на основе структуры УНИПРИМ

Соколова А.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

На практике любая фиксация волн характеризуется сложной картиной на осциллограмме, которая образуется как сумма множества волн. Математический способ получения гармонического ряда волн, как обратная операция к физическому смешиванию волн, когда, по факту, из значения амплитуды устанавливается значения составляющих амплитуд волн, которые сформировали такое суммарное значение, соответствует понятию получения спектра. Полученные частоты и образуют тот спектр, который привел к образованию наблюдаемой волны.

В условиях стационарности генерации множества волн, применяя известные преобразования Фурье, Лапласа и т. д., возможно получить такой спектр [1]. Но, когда источники колебаний носят не стационарный характер (как, например, при фиксации речи), а меняют свое значение на разных временных интервалах, то получаемый спектр волн может оказаться далеким от истины.

В рамках структуризации волнового потока (на примере звука) предлагается получение локального спектра, основываясь на введенной структуре УНИПРИМ [2].

Основой фиксации являются характерные точки, в которых наиболее значительно проявляются реперные значения тех или иных волн. В рамках данной структуры, получив отдельные значения Максимальных Характерных Точек (ММХТ) и Минимальных Характерных Точек (МНХТ). их можно рассмотреть по отдельности и подвергнуть структуризации. Тогда мы получаем нечто подобное производной первого уровня. Рассматривая отдельно ММХТ и МНХТ как поток амплитуд, мы вновь можем получить следующий по уровню набор ММХТ и МНХТ. Таким образом можно продолжить процесс и далее. Расстояние между характерными точками определяет длину волн и соответственно можно получить частотные характеристики.

Нулевой уровень рассмотрен будет соответствовать волнам наименьшей длины и большей частоты, следующий уровень «производной» выделит волны уже большей длины и меньшей частоты. Стоит заметить, что такие длины необязательно кратны двум как при разложении Фурье. Возможность целенаправленной выборки интервала рассмотрения с точностью до структуры УНИПРИМа позволяет наиболее точно получать численные значения частот в условиях постоянно меняющейся совокупности составляющих волн.

Получение спектра волн позволит решить задачи распознавания голосовых характеристик человека (распознавание голоса), распознавания тональности в языках юго-

восточной Азии, так и тональности произношения. В настоящее время создается программная база библиотек получения спектра волн.

Список использованных источников:

1. Кузнецов Ю.В., Баев А.Б. Спектральный и временной анализ импульсных и периодических сигналов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2007. — 95 с.: ил.

2. Балакирев Н.Е., Евсеева М.В., Нгуен Хоанг Зуй, Фадеев М.М. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн / Н.Е. Балакирев, М. В. Евсеева, Нгуен Хоанг Зуй, 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.

Нейросетевая система диагностики заболеваний в области офтальмологии

Спандияр С.М.

Научный руководитель — к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

МАИ, Москва

Диагностика заболеваний и их последующее лечение является основной задачей любого врача. Каждый организм и отдельные органы этого организма требуют пристального изучения при любых сбоях. Именно поэтому специалисты имеют различные направления изучаемых объектов (органов организма). К сожалению, такое разделение приводит к дефициту некоторых специалистов. В основном, такое наблюдается в малонаселенных местностях. Врачи широкого профиля могут быть не всегда корректными в диагностике узконаправленных заболеваний.

Существует множество методов решения проблемы, но самым модернизированным стало применение возможностей искусственного интеллекта, а именно искусственной нейронной сети (ИНС). Искусственная нейронная сеть — математическая модель, имитирующая работу мозга. В программных продуктах для диагностирования заболеваний ИНС выполняет основную функцию — саму диагностику. Такая ИНС обучается на основе уже существующих проверенных данных, после чего нейронная сеть тестируется: на вход подаются те данные, которые сеть еще не обрабатывала. После чего измеряется точность выявленных заболеваний. ИНС с точностью менее 80% использовать рискованно. Поэтому при низкой точности необходимо отрегулировать веса и переобучить ИНС.

В данной работе рассматривается система, основанная на нейронных сетях, которая определяет заболевания в области офтальмологии. Входными данными для этой системы являются изображения сетчатки глаза. В отличие от существующих программных средств, диагностирующих заболевания, разрабатываемое ПО 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).

Таким образом, разрабатываемая программа будет выполнять следующие функции:

• Выделение области возможных заболеваний на основе результатов изображений сетчатки глаза;

- Моделирование системы нейронных сетей для определения заболевания;
- Проведение предварительной диагностики заболевания на основе нейронных сетей;
- Ведение статистики заболеваемости зарегистрированных больных;
- Составление электронного справочника болезней в области офтальмологии;
- Составление базы данных пациентов;
- Составление базы данных медицинских работников;
- Обеспечение предварительной записи на прием к врачу;
- Автоматизация ведения врачебной документации;
- Обеспечение защиты информации от нежелательного доступа;

- Отслеживание здоровья пациента в зависимости от возраста и частоты посещений. ведение статистики.

Разработка данного продукта позволит облегчить работу специалиста (врача) путем уточнения вероятностного диагноза, оптимизируется время работы врача, так как врачебная документация будет оформляться автоматически. Внедрение такой программы даст возможность уменьшения погрешности постановки диагноза в случае отсутствия необходимого специалиста.

Разработка алгоритма контроля канала информационного обмена бортовой аппаратуры с летательным аппаратом

Стародубец М.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Миронов П.Н.

МАИ, Москва

Для контроля информационного обмена бортовой аппаратуры с летательным аппаратом необходимо осуществить программный контроль взаимодействия двух абонентов в линии обмена, отладку и корректировку вычислительных процессов с последующей обработкой данных.

Для отладки рабочей программы, установленной в изделие, необходимо контролировать информационное взаимодействие всех узлов для устранения ошибок и сбоев из-за задержек работы алгоритмов или ошибок в программном коде. Это позволяет локализовать ошибки рабочей программы.

Алгоритм контроля реализован в виде программного модуля канала (монитор), готового для сбора, контроля и анализа информационного взаимодействия изделия с летательным аппаратом.

Канал информационного обмена реализован с использованием последовательного интерфейса взаимодействия SPI в соответствии с ГОСТ 52070-2003. Реализована среда взаимодействия двух абонентов в линии обмена, используя C++.

Интерфейс SPI, наряду с I2C, относится к самым широко-используемым интерфейсам для соединения микросхем в соответствии с ГОСТ 26765.52-87. Шина SPI организована по принципу 'ведущий-подчиненный' [1]. Главным составным блоком интерфейса SPI является сдвиговый регистр, сигналы синхронизации и ввода/вывода битового потока которого образуют интерфейсные сигналы.

Программный модуль канала предназначен для мониторинга и записи транзакций по шине, без вмешательства во взаимодействие контроллера и оконечных устройств. Эта запись может быть использована для последующего анализа.

В данном исследовании предложено решение по взаимодействию двух абонентов в линии обмена, отладке и корректировке вычислительных процессов, и последующей обработке данных для устранения ошибок и сбоев из-за задержек работы алгоритмов или ошибок в программном коде. Конечным продуктом исследования является программный модуль канала (монитор), готовый для сбора, контроля и анализа информационного взаимодействия изделия с летательным аппаратом, использующий мультиплексный канал информационного обмена (МКИО).

Разработка элементов серверной части программного комплекса для формирования визуализированного представления производственных процессов

Страхов Р.Д.

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

МАИ, Москва

Выбор инструментов для подготовки интерактивных электронных технических руководств (ИЕТМ) весьма ограничен, особенно в части отечественных решений. Однако, постоянное стремление современных машиностроительных предприятий в оптимизации

внутренних бизнес-процессов заставляет искать более эффективные и рациональные подходы даже на этапах технического обслуживания и ремонта (ТОиР) как производимой продукции, так и собственного оборудования.

Целью данной работы является разработка элементов серверной части программного комплекса для формирования визуализированного представления производственных процессов.

Программные компоненты с аналогичной функциональностью уже имеются в популярных САД-системах, однако разрабатываемые программные элементы позволяют создать более легкое и гибкое программное решение, в отличие от систем, решающих более широкий спектр задач, а потому предъявляющих повышенные требования к аппаратной составляющей.

Разрабатываемое программное обеспечение позволяет начать работать с готовыми моделями в формате STL, что не ограничивает конечного потребителя в выборе САПР. Появляется возможность для комбинирования состава задействованных моделей в финальной визуализации.

В состав конечного программного комплекса входит инструмент, позволяющий управлять параметрами анимации с помощью графического пользовательского интерфейса. Однако, процесс обработки протокола анимации может быть запущен в пакетном режиме без привлечения дополнительных действий со стороны пользователя, как отдельная процедура общего процесса формирования результирующей электронной документации. Аналогичные решения в тяжелых САД-системах часто не имеют возможности быть интегрированными в общий процесс информационного сопровождения на предприятии.

Для управления процессом создания визуализированного представления производственных процессов был разработан собственный протокол Miodenus Animation File (MAF). Файл в формате JSON состоит из нескольких блоков, описывающих общие сведения о создаваемой анимации, данные об используемых 3D-моделях, действия над моделями и блок привязки действий к конкретным моделям.

Благодаря обобщенной форме описания производимого над объектом действия становится возможным его применение в любой момент времени к различным моделям, что минимизирует количество корректировок в случае замены модели.

Особенностью реализованного алгоритма в части трансформации моделей, включая освещение, является то, что вычисление происходит с использованием ресурсов графической подсистемы компьютера (GPU), что позволяет распределить общую нагрузку и более рационально использовать аппаратный комплекс в целом. При этом на протяжении всего процесса генерируемые кадры собираются библиотекой ffmpeg в итоговое видео. Также приложение поддерживает выдачу конкретного кадра по его номеру.

В дальнейшей перспективе возможно добавление функционала, позволяющего производить инженерные расчеты по нагрузкам, расчеты физических параметров системы, а также расчеты фотореалистичных кадров.

На данный момент спроектирован прототип консольного приложения, выполняющего преобразование входных параметров анимации сборки в итоговый видеофайл.

Разработка сервиса аналитики проведения видеоконференций в СЭО МАИ

Струнин Р.А.

Научный руководитель — Квашнин В.М.

МАИ, Москва

Целью является разработка страницы статистики для постоянного наблюдения и оценки загруженности серверов BigBlueButton (открытое программное обеспечение для проведения веб-конференций). В Веб-сервисе должны быть представлены графики количества участников и количества комнат для проведения конференций, максимальную и среднюю нагрузку по серверам за различные промежутки времени.

Данные о состоянии сервера хранятся в базе данных системы управления обучением Moodle, для работы с которой используется Application Programming Interface (API).

Data Manipulation API используется исключительно для извлечения или изменения содержимого базы данных. Такой подход предоставляет высокий уровень абстракции и гарантирует корректную работу запросов при работе с различными реляционными СУБД.

Выборка и обработка данных реализована с использованием языка программирования PHP. Для каждого графика разработан собственный сценарий, который осуществляет выборку данных и производит манипуляции над ними. Обработанные данные передаются в JavaScript-файл в формате JSON.

Для загрузки обработанных данных с сервера HTTP-методом GET использован функционал API XMLHttpRequest, который позволяет делать запросы без перезагрузки страницы. XMLHttpRequest имеет асинхронный и синхронный режим работы. В данном случае он выполняется асинхронно, в таком случае запрос не блокирует JavaScript до тех пор, пока не будет завершена загрузка.

Для отрисовки интерактивных графиков используется библиотека Highcharts. Гибкая и конфигурируемая библиотека обеспечивает разработчика всеми необходимыми инструментами для визуализации данных. Такие диаграммы работают с использованием исключительно JavaScript, поддерживаются всеми современными браузерами и не требуют использования дополнительных плагинов.

Библиотека поддерживает следующие типы вывода графиков: line, spline, area, areaspline, column, bar, pie и scatter. Они могут быть скомбинированы между собой и выведены в одном контейнере. В данном случае использованы bar chart (гистограмма) и line chart (линейный график).

Гистограмма показывает среднее и максимальное количество комнат по серверам за выбранный период. Линейные графики показывают общую загруженность всех серверов за последний месяц и нагрузку по каждому выбранному серверу за необходимый период времени.

Прогнозирование биржевых индексов рекуррентной нейронной сетью

Терпелюк В.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Черкай А.Д.

МАИ, Москва

В настоящее время важными показателями динамики мирового фондового рынка и экономики являются биржевые индексы. С их помощью можно судить об ситуации на фондовом рынке, оценивая направления движения рынка в зависимости от изменения значений биржевых индексов. При этом отслеживая в динамике и строя их прогнозы можно оценивать состояние и динамику развития, как отдельных отраслей экономики, так целых государств.

Существуют различные способы обработки, анализа и прогнозирования рядов цен акций и биржевых индексов. При решении задач прогнозирования в настоящее время все более активно используются нейронные сети. Их применение на практике перспективно, так как это мощный способ имитации процессов и явлений, позволяющий эффективно моделировать и прогнозировать сложные зависимости реального мира. В последние годы на конкурсах по прогнозированию победу одерживали разработчики программных продуктов с нейронными сетями, что и подтверждает тот факт, что нейронные сети позволяют эффективно решать эти задачи. Так, например, в 2018 году на Всемирном конкурсе прогнозирования M4 Макридакиса первое место занял Славек Смил, используя экспоненциальное сглаживание совместно с рекуррентной нейронной сетью [1].

Современные языки программирования богаты библиотеками машинного обучения и нейронными сетями на их базе. Так в JavaScript это TensorFlow.js, в Java — Weka, а C# предлагает воспользоваться ML.NET, при этом одной из наилучших является библиотека машинного обучения Keras для Python. Для обработки и анализа больших объемов данных полезны такие библиотеки, как NumPy и Pandas, а с оптимизацией, линейной алгеброй, интеграцией и статистикой справится SciPy.

В настоящей работе для прогнозирования биржевых индексов нами выбрана и используется рекуррентная нейросеть на базе библиотеки Keras для Python, а также в дополнение к ней более простые статистические модели.

Список использованных источников:

1. Makridakis S., Spiliotis E., Assimakopoulos V. The M4 Competition: 100,000 time series and 61 forecasting methods. International Journal of Forecasting, Volume 36, Issue 1, January–March 2020, Pages 54–74.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207019301128>.

Прогнозирование футбольных матчей с помощью нейросетей

Туразян Л.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Черкай А.Д.

МАИ, Москва

На сегодняшний день футбол является спортом номер один на всей планете. Одной из причин является его доступность. По данным ФИФА в футбол играют более 1 миллиарда населения Земли. Но не только игроки являются частью футбольного мира, большую роль так же играют сотрудники футбольных клубов, их владельцы, организаторы различных турниров и конечно же болельщики. Что приводит нас к ещё одному выводу почему футбол на первом месте — это большой объем денег вращающийся в нём. Футбольные клубы зарабатывают хорошие деньги, чтобы в будущем иметь возможность вложить их покупку новых игроков, в открытие детских академий, развитие инфраструктуры, благотворительность и т.д. Но это всё невозможно без побед. Во многих сферах жизни человека возможность прогнозирования является очень важной, так как помогает избежать различные неприятности и возможные потери как в финансовом, так и в материальном планах. В футболе возможность спрогнозировать футбольные матчи даёт весомое преимущество.

В наше время наиболее популярными являются искусственные нейросетевые модели прогнозирования. В футболе они так же применяются. Им на вход поступает огромное количество данных с уже сыгранных матчей (сыгранные матчи, победы, поражения, забитые и пропущенные голы и т.д.) и на их основе предсказываются последующие. Футбольный тренер это по сути живая нейросеть, он старается не только предсказать результат его команды в предстоящем матче, но и вносит изменения состав и тактику борьбы команды в нем, чтобы она вышла победителем. Такими же живыми нейронными сетями являются болельщики, прогнозирующие и с той или другой степенью успешности стремящиеся предугадать результаты матчей и делающие ставки у букмекеров.

Существуют универсальные нейросетевые пакеты, предназначенные для решения любых задач, от распознавания речи и образов до решения задач прогнозирования и управления. Одним из наиболее интересных и удобных является алгоритм машинного обучения LinearRegression из библиотеки Scikit-Learn. В настоящей работе на основе этой библиотеки с использованием нейронных сетей решаются задачи прогнозирования результатов футбольных матчей с оценкой их точности, определяющей применимость таких прогнозов на практике.

Проектирование и разработка инструментов тестирования и отладки интернет-сервисов в изолированной среде

Усанин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В процессе разработки интернет-сервисов программистам приходится собирать, запускать и тестировать код на своей машине. Однако в современных ИТ компаниях, где используется сервис-ориентированная архитектура, сделать это бывает весьма затруднительно.

Рассмотрим проблему с точки зрения разработчика. Программист разрабатывает сервис оформления заказов. Но внутри кода этот сервис через сетевые вызовы обращается к другим сервисам, например, к сервису пользователя, сервису адресов, сервису отправлений. А еще есть база данных, брокер сообщений кэш и так далее. При запуске кода сервис оформления заказов локально нужно решить, что делать со всеми этими зависимостями.

Все компоненты, от которых зависит сервис заказов можно разделить на два типа: у которых нет транзитивных зависимостей и у которых они есть. С первыми все относительно просто — мы всегда можем запустить локально базу данных или кэш в минимальной конфигурации, они не потребуют дополнительного запуска компонентов, так как не от кого не зависят. Но с другими сервисами дело обстоит иначе — например, запуск сервиса пользователя потребует запуск всех его зависимостей: база, кэш другие сервисы и так далее. В худшем случае это может привести к тому, что программисту придется запустить у себя на машине всю инфраструктуру компании. И все это ради отладки одного сервиса. Есть несколько вариантов решения этой проблемы:

1. На уровне кода. Собрать сервис, заменив модули, ответственные за внешний вызов, на модули-заглушки с определенным в коде поведением. Но тогда протестирована будет совершенно другая версия приложения.

2. На уровне сетевых интерфейсов. Обращаться к зависимым компонентам, которые развернуты где-то удаленно. Но в этом случае нельзя будет определить поведение этих компонентов заранее и созданные действия при отладке окажут негативное влияние на внешнюю систему.

Основная идея заключается в том, чтобы определить заранее поведение внешних зависимостей, изолировав тестируемый сервис от остальной инфраструктуры. Но каждый раз разрабатывать универсальный сервис, который может имитировать внешние зависимости тестируемого сервиса слишком долго и дорого.

Поэтому для решения был разработан инструмент, позволяющий на основе файлов-спецификации и описания внешних зависимостей сгенерировать универсальный сервис, который может отвечать на входящие запросы, согласно этим контрактам и заранее определенным правилам. Формат правил интуитивно понятен и не зависит от протокола взаимодействия. Правило ответа содержит следующую информацию:

1. Набор ключей и ожидаемых значений, которым должен удовлетворять пришедший запрос.

2. Время задержки — имитируемая задержка ответа на запрос.

3. Тело ответа — данные в формате json, которые будут преобразованы согласно контракту.

Для удобства пользователя, пример правила будет сгенерирован для каждого обрабатываемого метода, согласно файлу спецификации.

Программное обеспечение расчета координат положения отделяющихся частей космических аппаратов и их фрагментов

Хамзин Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

МАИ, Москва

Запуски космических аппаратов (КА) сопровождаются падением на землю отделяющихся частей (ОЧ), обеспечивающих их выведение на орбиты.

Под предполагаемые места падения отделяющихся частей (ОЧ) КА, таких как створки головного обтекателя, отработавшие ступени, хвостовые и переходные отсеки, отводятся специальные территории, называемые районами падения (РП).

Под эксплуатацией РП ОЧ КА понимается совокупность действий, которые включают в себя 3 стадии:

1. Открытие РП, в процессе которого выполняется:

- Расчёт размеров и ориентации РП ОЧ по трассе выведения. Расчётные размеры РП определены на основе статистического моделирования интерференционных параметров при полете ОЧ после её отделения от КА до расчётного момента падения;

- Проведение разведки на местности, уточнение границ и размеров РП.

2. Использование РП в соответствии с его назначением при подготовке и проведения пуска КА:

- Перед стартом КА производится обследование РП (чаще всего с помощью воздушных средств) для выявления групп людей и их эвакуации за границы РП;

- Сбор проб грунта на территории РП;

- Исследуются подъездные пути для наземных поисковых групп;

- Производится выбор точек размещений измерительных средств;

- Разбивка полевого лагеря, установка и подготовка средств измерений для измерения параметров траектории ОЧ и их фрагментов;

- При запуске КА включаются измерительные приборы и измеряются параметры траекторий ОЧ и их фрагментов;

- После пуска КА полученные измерения обрабатываются и далее прогнозируются возможные координаты ОЧ и их фрагментов, осуществляется облет зоны поиска с воздуха;

- Производится оценка последствий падения ОЧ и их фрагментов на территорию РП, а также их поиск с попутным забором проб грунта;

- Проводится сбор, разделка приборов, содержащих драгоценные металлы, и вывоз найденных фрагментов ОЧ из РП с их последующей утилизацией;

- Производится поправка в размерах и ориентации РП по результатам статистической обработки информации найденных фрагментов ОЧ.

3. Закрытие РП с дальнейшим приведением его в исходное состояние, возвращение эвакуированных на прежнее место проживания.

При благоприятных погодных условиях легко осуществимо визуальное наблюдение траектории первой ступени с момента ее отделения от КА до точки ее падения. Сотрудники наземных поисковых групп предварительно выдвигаются к границе РП и в процессе взлета КА определяют примерную точку падения ступени. Ситуация с верхними ступенями КА кардинально отличается от описанной выше. Имея достаточно высокие скорости при входе в плотные слои атмосферы, верхние ступени испытывают большие тепловые и аэродинамические нагрузки, в результате чего интенсивно разрушаются на высоте 35-45 км. Дальше к земле летит большое количество фрагментов с различными массовыми и аэродинамическими характеристиками, что вызывает значительный разброс (40-50 км) положений точек падения фрагментов.

Для этого необходимо решить задачу о применении специализированных технических средств для поиска, обнаружения и расчета траектории падения фрагментов ОЧ КА.

В настоящее время используются различные измерительные средства, но из-за их высокой стоимости и низкой мобильности используются не на всех пусках КА.

Основным назначением программного обеспечения (ПО) является прием и обработка угловых параметров измерительных средств наземной поисковой группы (НПГ) посредством расчета координат положения ОЧ КА по четырем углам, полученных с помощью мобильного приложения. Данное ПО позволит спрогнозировать точку падения ОЧ и фрагментов и сузить зону поиска.

Актуальность разработки обусловлена отсутствием специализированных аналогов ПО расчета траектории падения ОЧ КА с помощью данных (угловых параметров, координат местоположения НПГ), полученных посредством мобильного приложения и наличием потребности в нём для более эффективного решения задач обработки и прогноза координат точек падения.

Разработка архитектуры программного комплекса, расчет и моделирование траектории полета для управления движением БПЛА

Хорошко А.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хорошко Л.Л.

МАИ, Москва

Во время всеобщего распространения инноваций, существенно возросло использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для осуществления различных задач, в том числе гражданских. На сегодняшний день БПЛА являются перспективным инструментом логистики, позволяющим экономить деньги на доставке грузов в различных сферах индустрии, таких как логистика, добыча полезных ископаемых, геология, производство наукоемких изделий, геодезии, фото и видеосъемка. При этом, задача управления и навигации подобных летательных аппаратов на сегодняшний день является наиболее актуальной.

В областях применения беспилотных летательных аппаратов, существуют условия, в которых участие оператора в управлении летательным аппаратом невозможно. Примером таких условий могут быть опасные для человека производства, трудные погодные условия, недостижимые сложной техникой и необходимым оборудованием во многих географических точках (горы, тайга, океан).

В работе изучены возможности разработки архитектуры программного комплекса управления и навигации на базе различных алгоритмов, разработана имитационная модель беспилотного летательного аппарата в системе автоматизированного проектирования для создания анимации и расчета траектории полета БПЛА. Проведен аналитический обзор и систематизация перспективных методов и алгоритмов реализации приложений управления, в том числе на основе альтернативных систем навигации БПЛА. Проведён анализ актуальной литературы и выбраны наиболее перспективные направления в уровне техники.

Бессерверная система управления цифровыми активами с автоматическим развертыванием в облаке AWS (Amazon Web Services)

Юлдашев А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

Значительная часть современного бизнеса основана на информационных технологиях — управление ресурсами компании, продуктами для потребителей и данными пользователей. Перечисленные вещи необходимо хранить в определенном месте, а также каким-то образом структурировать для быстрого и своевременного поиска требуемых файлов.

Расположить всю эту информацию на дисках внутри компании становится не рациональным способом решения вышеописанной проблемы, так как предприятию придётся организовать работу и поддержку такого хранилища данных. В дополнение к этому, при использовании стандартных способов или облачных хранилищ, усложняется обработка метаданных для каждого отдельного объекта, нет возможности расширенного, с тонкой настройкой, поиска файлов. Создание групп пользователей с разными правами необходимо организовывать вручную и отслеживать процесс добавления и хранения файлов, а также затруднителен процесс ведения лога всех действий.

В современном мире таким задачам уделено огромное внимание и введено специальное название подобных платформ: Digital Asset Management Software [1] или Системы Управления Цифровыми Активами (далее DAM-системы). Облачное решение в таком случае является естественным выбором для многих компаний, поскольку оно предлагает множество преимуществ, связанных с затратами, скоростью, масштабируемостью, доступностью и распространением при работе с данными.

Однако, использовать программное обеспечение предыдущего поколения и разместить его в облаке — это не то же самое, что использование облачной архитектуры [2], которая позволяет работать с новейшими инструментами, такими как микросервисы,

контейнеризация и системы без серверов, где управление всей предоставляемой платформой на себя берёт облачный провайдер.

Используя именно этот подход, в данном проекте была разработана Система Управления Цифровыми активами, предоставляющая возможности размещения файлов в облачном хранилище с указанием метаданных, прав на владение различными смарт-папками для организации информации, а также позволяющая применять один из лучших сервисов поиска с открытым кодом — OpenSearch [3], работая с которым можно очень тонко настроить все критерии.

Не менее важным аспектом при использовании облачной архитектуры является автоматизация процесса создания всей инфраструктуры в облаке для работы приложения, что было достигнуто в рассматриваемой Системе управления Цифровыми Активами при помощи команд операционной системы Linux и языка Python. Это позволяет запускать DAM-систему в любом окружении за один клик мыши. Также это значительно ускоряет процесс разработки и тестирования приложения, так как для создания полной копии системы необходимо лишь запустить процесс автоматического развертывания в другом облачном аккаунте.

Стоит отметить, что инфраструктура разработанного приложения хранится в виде файла с кодом, описывающим всю конфигурацию используемых сервисов в облаке. Это даёт возможность применить системы контроля версий, таких как Git при работе с облачной архитектурой.

Для реализации разработанной DAM-системы используется облачный провайдер AWS (Amazon Web Services), так как на данный момент эта компания является лидирующей на рынке облачных сервисов. Для хранения файлов используется сервис S3, все метаданные объектов находятся в нереляционной базе данных, разработанной Amazon и предоставляющей задержку в миллисекундах даже при работе с большой нагрузкой, аутентификация пользователей совершается через сервис Cognito. Для индексирования добавленных файлов и структурированного поиска используется обновленный сервис поиска AWS OpenSearch, а для автоматизированного создания всех ресурсов в облаке — микросервис CloudFormation.

Предлагаемый подход [4] в рамках работы позволяет повысить эффективность работы с цифровыми активами для бизнес-процессов компании, а также для хранения большого объёма структурированных данных, системная обработка которых необходима для ежедневной работы (загрузка, описание, организация, быстрый поиск). Эту задачу удалось решить, использовав современные возможности cloud-технологий и обеспечив выполнение всех требований к хранению корпоративных данных.

Список использованных источников:

1. Wager S. Digital asset management, media asset management, and content management: From confusion to clarity // *Journal of Digital Asset Management*. С. 1743—6559. DOI: <https://doi.org/10.1057/palgrave.dam.3640008>.
2. Alan Porter: статья из сети интернет. URL: <https://www.nuxeo.com/blog/cloud-native-dam/> (дата обращения 13.02.2022).
3. Официальный сайт компании Amazon. URL: <https://aws.amazon.com/ru/opensearch-service/the-ek-stack/what-is-opensearch/> (дата обращения 13.02.2022).
4. Юлдашев А. А., Романенков А. М. Система управления цифровыми активами для организации хранения файлов с архитектурой, размещённой в облаке AWS (Amazon Web Services). С. 478—479. URL: <https://gagarin.mai.ru/files/2021/abstracts2021.pdf>

Прогнозирование пандемии COVID-19 нейронной сетью

Ягфаров Т.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Черкай А.Д.

МАИ, Москва

Вирус SARS-CoV-2 уже в течение нескольких лет влияет на наше общество, и на данный момент невозможно со стопроцентной точностью сказать, когда это влияние будет сведено к минимуму. В любой момент может появиться новый штамм с вирулентностью и контагиозностью, отличными от предыдущих. Поэтому крайне необходима возможность в кратчайшие сроки реалистично спрогнозировать влияние любой потенциальной версии SARS-CoV-2 на человека, ведь это позволит своевременно выбрать наиболее эффективную стратегию противодействия вирусу, а следовательно, и минимизировать ущерб, наносимый обществу.

На текущий момент прогнозирование практически ни одной эпидемиологической ситуации не обходится без использования моделей типа SIR (Susceptible — Infected — Recovered / Восприимчивый — Инфицированный — Выздоровевший). Отдельного упоминания заслуживают следующие разновидности данной модели — SEIR и SIS. В первой в качестве дополнительного параметра Exposed/Подвергнутый выступает инкубационный период болезни. Во второй учитывается отсутствие пожизненного иммунитета от успешно перенесенной болезни. Основными преимуществами моделей типа SIR являются их относительная простота и высокие прогностические возможности. После обработки исходных данных с использованием разновидности модели SIR, входные и выходные данные анализируются нейросетью, что минимизирует ошибку между прогнозируемыми данными и фактическими результатами.

На сегодняшний день все современные и широкораспространенные языки программирования обладают широким набором средств машинного обучения и возможностей прогнозирования. Примерами данных средств являются фреймворки Microsoft Azure ML Studio, Amazon Machine Learning, Samsung Veles и библиотеки Apache.SINGA (C++), ML.NET (C#), Keras (Python). Наиболее удобным и широкофункциональным является последнее из перечисленных выше средств, и именно на его базе нами, с использованием нейронных сетей, рассматриваются решения задач прогнозирования динамики изменения параметров пандемии COVID-19.

Датасетом служат данные по COVID-19, взятые с сайта Университета Джона Хопкинса (Johns Hopkins University) — одного из самых авторитетных ресурсов по статистике коронавирусной пандемии. Эти данные выгружаются в эпидемиологическую модель, результаты которой и подвергнутся нейросетевой обработке.

Секция №3.5 Электротехника, электротехнические комплексы и электроника

Использование корректора коэффициента мощности в структуре перспективной системы электроснабжения летательных аппаратов

Алексеев А.О., Остапчук М.А., Шишов И.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

Снижение массо-габаритных показателей является одним из направлений развития систем электроснабжения летательных аппаратов (СЭС ЛА). При этом перспективные СЭС ЛА по-прежнему должны удовлетворять требованиям к качеству потребляемого тока от первичного авиационного генератора, утвержденным ГОСТ Р 54073-2017. Одним из путей решения этой задачи является создание СЭС ЛА постоянного тока повышенного напряжения. Для организации такой системы целесообразно использовать магнитоэлектрический генератор (МЭГ) с высокотемпературно сверхпроводниковой (ВТСП) обмоткой якоря, работающий совместно с выпрямительным устройством.

Выпрямительное устройство, входящее в структуру СЭС ЛА, должно обладать функцией коррекции коэффициента мощности. Корректор коэффициента мощности (ККМ) принципиально необходим для: минимизации тока нейтрали, обеспечения малого коэффициента гармоник, обеспечения коэффициента мощности, стремящегося к единице. ККМ является трехфазным, четырехпроводным, на выходе имеет двухполярное выходное стабилизированное напряжение $+270\text{ В} - 270\text{ В}$. Была разработана структурная схема такой СЭС ЛА, созданы имитационные компьютерные модели, проведено компьютерное моделирование, по результатам которого проведен сравнительный анализ параметров различных силовых каскадов (с дросселями постоянного тока, с дросселями переменного тока; с ключами постоянного тока, с ключами переменного тока) и произведен выбор оптимальных структур с пофазным и с общим управлением.

Так как в вышеописанную СЭС ЛА входит МЭГ с ВТСП обмоткой якоря, то для его работы принципиально необходима система криогенного охлаждения. В качестве хладогента в такой системе используется жидкий азот. В связи с этим для дальнейшего исследования возможности криогенного охлаждения полупроводниковых преобразователей энергии, было решено устанавливать выпрямительное устройство с ККМ на радиаторе, подключаемом к контуру жидкого азота системы охлаждения.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р 54073-2017 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.
2. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. В 3-х ч. Ч.1 Линейные электрические цепи: Учебник для вузов. — 5-е изд., испр. И доп. -М.: Энергия, 1978-592с. Ил.
3. Bhim Singh, Brij N. Singh, Ambrish Chandra, Kamal Al-Haddad, Ashish Pandey, and Dwarka P. Kothari, A Review of Three-Phase Improved Power Quality AC–DC Converters, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 51, No. 3, June 2004.
4. Johann W. Kolar, Fellow, IEEE, and Thomas Friedli, The Essence of Three-Phase PFC Rectifier Systems — Part I, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 28, No. 1, January 2013.
5. Thomas Friedli, Michael Hartmann and Johann W. Kolar, The Essence of Three-Phase PFC Rectifier Systems — Part II, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 28, No. 1, January 2013.
6. Мелешин В. И. Овчинников Д. А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. — М.: Техносфера, 2011. — 584 с., ил.
7. Шевцов Д.А., Исследование и формирование динамических свойств импульсных регуляторов и преобразователей электроэнергии: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2004. — 68с.: ил.
8. Волкович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств, 2-е изд., испр. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. — 528с., ил.

Исследование трехфазного трехуровневого инвертора (ТТИ) со связью со средней точкой через диоды для бортовой системы электроснабжения (СЭС)

Аляутдинов К.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Данилина А.Н.

МАИ, Москва

На летательных аппаратах (ЛА) в качестве вторичных источников применяются преобразователи постоянного напряжения в переменное — инверторы. При создании любого устройства для ЛА главным критерием является минимум массы. В инверторах габаритным узлом является силовой фильтр (СФ), который обеспечивает заданное качество выходного напряжения.

В свете развития полупроводниковых преобразователей электроэнергии в центре внимания многих исследователей находится трехфазный трехуровневый инвертор (ТТИ), который широко применяется в различных сферах. ТТИ в сравнении с классическим трехфазным двухуровневым инвертором (ТДИ) имеет ряд преимуществ [1]:

- Выходное напряжение содержит меньшее число низших из высших гармоник, что ведет к минимизации массы СФ;

- Меньшая частота коммутации транзисторных ключей, т.е. сниженных динамических потерь;

- Достаточно высокий КПД;

- Рабочее напряжение транзисторов и диодов в два раза меньше напряжения питания.

Исследования показывают, что ТТИ выигрывает практически по всем критериям по сравнению с ТДИ.

Для ТТИ характерен ряд недостатков:

- Удвоенное число транзисторных ключей;

- Удвоенное энергопотребление;

- Сложная схема управления;

Опираясь на вышеизложенные положения, проведено моделирование ТТИ. Исходные данные: мощность 9 кВт, выходное напряжение 115/200 В, частота 400 Гц, число коммутаций за период основной гармоники 24 [2]. Результаты моделирования позволили подтвердить превосходство ТТИ, в частности меньшим содержанием низших гармонических составляющих, чем в ТДИ. Однако, был выявлен недостаток трехуровневой топологии — из-за характера импульсного преобразования энергии, быстрое изменение тока через индуктивность фильтра приводит к существенным колебаниям напряжения на нагрузке. Обычный LC-фильтр с расчетными значениями не обеспечивает необходимое качество напряжения.

Последнее утверждение ставит под вопрос снижение массы СФ при, казалось бы, меньшем числе низших гармоник ТТИ в сравнении с ТДИ. Предлагаемый в литературе LCL-фильтр не приводил к снижению массы СФ, но обеспечивал заданное качество выходного напряжения. Поэтому была поставлена цель найти структуру СФ, удовлетворяющую массогабаритному критерию.

В ходе проведенного исследования выяснилось, что решением является использование параллельного колебательного LC-контура (ПКК) и емкостного фильтра, подключаемых к фазе. Использование ПКК значительно снижает колебания напряжения на нагрузке. Детальный анализ результатов моделирования показал, что ПКК необходимо рассчитывать на резонанс с низшей из высших гармоник фильтруемого напряжения [3]. Емкостной фильтр рассчитать сложнее, поэтому он рассчитывается как RC-фильтр и уточняется моделированием. Последнее указывает на то, что снижение массы СФ тем труднее, чем ниже частота инвертора и ниже сопротивление нагрузки. Сравнивая СФ ТТИ и ТДИ, можно сделать вывод, что фильтр для ТТИ в два раза лучше по массе.

В итоге в ходе исследования найдена структура и разработана методика расчета СФ с минимумом массы, разработаны рекомендации.

Выводы: существенным преимуществом является возможность не использовать индуктивность в основном звене СФ; ТТИ перспективен для применения в бортовой СЭС.

Список использованных источников:

1. Владислав Филатов. Двух- и трехуровневые инверторы на IGBT. — Силовая электроника, № 4, 2012, С. 38—41.
2. ГОСТ Р 54073—2017. — Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.
3. Моин В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи.— М.: Энергоатомиздат, 1986. 376 с.

Автоматизированный цифровой комплекс роботизированной системы перемещения и позиционирования

Блохин Г.М.
МАИ, Москва

Целью разработки автоматизированного цифрового комплекса роботизированной системы перемещения и позиционирования (далее АЦК РСПП) является создание универсального комплекса технических устройств и программных средств, представляющего собой программно-аппаратный эквивалент РСПП, предназначенный для проведения отработки и испытаний программного обеспечения (далее ПО) в замкнутом контуре в реальном масштабе времени без использования конструктивных элементов РСПП.

Автоматизированный цифровой комплекс (АЦК) — комплекс аппаратных и программных средств, а также персонала, предназначенный для моделирования различными процессами в рамках производства, предприятия.

АЦК применяются в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте и т. п. Термин «автоматизированная», в отличие от термина «автоматическая», подчёркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации. Основной задачей АЦК — является отработка управления объектом на основе математической модели. Основанием для разработки АЦК РСПП является техническое задание на выполнение составной части опытно-конструкторских работ по теме «Разработка роботизированной системы перемещения и позиционирования пациента для комплекса дистанционной нейтронной терапии на основе генератора типа НГ-24».

В ходе работы был собран автоматизированный цифровой комплекс, аппаратура которого реализовывает режим реального времени и осуществляет информационную связь центрального вычислителя и других подсистем АЦК РСПП при помощи интерфейсов RS-485, RS-232, последовательного синхронного стандарта SPI и Ethernet. Под подсистемами АЦК подразумевается набор специализированных плат, разработанных в рамках вышеупомянутой темы. Также было написано ПО.

ПО АЦК РСПП состоит из:

- ИПО АЦК РСПП.

Основной функцией ИПО АЦК РСПП является имитация входной информации в центральный вычислитель с помощью математических моделей.

ИПО АЦК РСПП должно реализовывать моделирование пространственного движения центра масс РСПП, а также имитировать функционирование устройств управления РСПП.

- СПО АЦК РСПП

Основной функцией СПО АЦК РСПП является организация процесса моделирования РСПП в штатном режиме работы.

Результатами данной работы является: отработка функционального программного обеспечения (ФПО) роботизированной системы перемещения и позиционирования пациента, отработка системы организации вычислительного процесса, организация процесса моделирования, а также работа по штатным интерфейсам. На основании полученных данных была произведена доработка и отладка ПО всего комплекса «роботизированной системы перемещения и позиционирования пациента».

Гидроэнергетика и её основные параметры

Гайфутдинов С.А., Набиуллин Э.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Гумерова Р.Х.

КНИТУ-КАИ, Казань

Масса воды, движущаяся вниз с перепада высот, содержит энергию, которую можно использовать с помощью водяного колеса или турбины. Движущаяся вода приводит в движение водяное колесо, и это вращение либо напрямую приводит в действие механизмы (например, мельницу, насос, молоток, молотилку и т. д.), либо в сочетании с генератором, вырабатывающим электроэнергию.

Гидроэнергетика, вероятно, является первой формой автоматизированного производства энергии, которая не управляется человеком. Её постоянная доступность не требует накопления энергии (в отличие от энергии ветра / солнца). В основном это механическое оборудование. Это делает её относительно простым для понимания и ремонта/обслуживания. В более мелких единицах её воздействие на окружающую среду становится пренебрежимо малым.

Для производства электроэнергии из гидроэнергетики критически важны два параметра: поток или минимальное количество воды, которое постоянно доступно в течение всего года и разница в высоте.

Эти особые условия ограничивают обобщение и стандартизацию того, «как устанавливать гидроэлектростанции». Выбор правильного места и планирование требуют определенных знаний. Зная поток воды и перепад высот, можно оценить потенциальную мощность.

Первым шагом для оценки гидроэнергетического потенциала участка является измерение/оценка напора и потока:

1. Напор (расстояние по вертикали между впуском и турбиной)
2. Поток (сколько воды стекает по течению)

Напор очень часто меняется в течение года.

Напор и поток — два наиболее важных факта о гидроузле. Это будет определять все, что касается гидросистемы — объем строительных конструкций, размер трубопровода, тип турбины и выходную мощность. Неточные измерения приводят к низкой эффективности, высокой стоимости и нехватке электроэнергии. Легче всего оценить высоту, если есть крутой склон (водопад) по веревке.

Гидроэнергетика безусловно является одной из важнейших способов получения электроэнергии. Вода одна из крупнейших ресурсов на Земле, что делает гидроэнергетику актуальной на многие века. Поэтому очень важно грамотно использовать энергию, получаемую с её помощью.

Разработка управляемого эквивалента электрической нагрузки

Демокидов А.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

ВШЭ, Москва

Система включает в себя ИВЭП и подключенный к нему, контрольно-измерительный модуль, который соединен с компьютером или ноутбуком через USB. Эквивалент электрической нагрузки управляется через микроконтроллер и тестирует ИВЭП на соответствие значений параметров, перечисленных в паспорте, действительности.

На данный момент на мировом рынке существует около 30% некачественных импульсных источников вторичного электропитания. Установки таких ИВЭП в определенную компьютерную технику (персональный компьютер, ноутбук, принтер) может привести не только к сбою работы системы в целом, но и влечет за собой выход из строя большинство установленных электронных компонентов. Данная разработка позволит сократить финансовые расходы на устранение последствий отказов импульсных ИВЭП в

ходе эксплуатации благодаря своевременному выявлению таких ИВЭП с браком при входном контроле.

Целью разработки является повышение эффективности проведения входного контроля источников вторичного электропитания. Установка разработанного управляемого эквивалента электрической нагрузки позволит повысить надежности и мобильность, приведет к снижению стоимости контрольно-измерительной системы. Входной контроль будет автоматизированным, с возможностью настройки параметров для удобства его проведения.

В основе эквивалента электрической нагрузки лежат MOSFET-транзисторы, работающие в импульсном режиме. Данный режим позволяет работать в допустимых температурах, а коэффициент полезного действия (КПД) может достигать 93%–98%. Импульсный режим обеспечивается подачей широтно-импульсного сигнала с микроконтроллера. Для лучшего управления полевыми транзисторами (ПТ) используются специальные электрорадиоизделия (ЭРИ) — высокоскоростные драйверы ПТ. Данные драйверы обеспечивают сбалансированное взаимодействие между управляющей частью схемы и полупроводниковыми триодами. Также в эквивалент входят различные датчики, позволяющие измерять необходимые для проверки параметры ИВЭП.

Для управления эквивалентом электрической нагрузки с персонального компьютера разработан виртуальный интерфейс пользователя. Разработан принцип двухсторонней параллельной связи приложения и микроконтроллера. Программа разработана в системе для построения клиентских приложений Windows Presentation Foundation. Также к приложению подключена БД, содержащая параметры блоков питания.

Для начала проверки ИВЭП необходимо выбрать проверяемый блок питания из предложенных на главном экране или внести параметры о блоке питания самостоятельно. После выбора ИВЭП нужно подключиться к порту, и только после этого начать изменять параметры проведения входного контроля. Закончив с настройками необходимо нажать на соответствующую кнопку. Последним пунктом будет сравнение полученных значений с заявленными в паспорте.

Таким образом, управляемый эквивалент электрической нагрузки, встроенный в КИС, объединяет необходимые измерительные приборы, тем самым делая возможным охват всех контролируемых характеристик, и позволяет тестировщику более эффективно осуществлять проверку параметров ИВЭП с использованием программного продукта. Данная разработка позволит сократить финансовые расходы на устранение последствий отказов импульсных ИВЭП в ходе эксплуатации благодаря своевременному выявлению таких ИВЭП с браком при входном контроле.

Список использованных источников:

1. П. С. Королев, Эквивалент электрической нагрузки для источников вторичного электропитания, Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского. Материалы конференции. — М. ~: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2017, стр. 177–177.
2. Широтно-импульсная модуляция. [Электронный ресурс]: <<http://mypractic.ru/urok-37-shirotno-impulsnaya-modulyaciya-v-arduino.html>>, 01.03.2022.
3. Управление мощной нагрузкой постоянного тока. Часть 3. [Электронный ресурс]: <<http://easyelectronics.ru/upravlenie-moshhnoj-nagruzkoj-postoyannogo-toka-chast-3.html>>, 02.03.2022.

Использование информационных технологий в расчетах энергетических систем авиакосмической отрасли

Ивлев А.Д., Карпенко В.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Орешина М.Н.
МАИ, Москва

Энергетические системы обеспечивают приведение в рабочее состояние всех элементов летательных устройств, от их слаженной и надежной работы зависит качество выполнения программы полета и сохранность самих устройств. Бортовые системы летательных аппаратов включают силовые установки, двигатели, системы запуска двигателями и системы автоматизированного управления летательного аппарата, пилотажно-навигационные системы и др. Разработка новых конструкций энергетических систем ведется путем моделирования с использованием современных информационных технологий, позволяющих реализовать принципы математического моделирования, физического моделирования, создание интерактивных 3D-моделей [1-3].

Для определения характеристик энергетических систем создается схема сложной цепи, описываются с помощью известных электротехнических зависимостей процессы распределения тока и напряжения на элементах цепей, задаются зависимости изменения электротехнических параметров. Для энергоснабжения летательных устройств используются различные виды цепей, в том числе и трехфазные цепи, соединенные по схемам «звезда» и «треугольник», в рамках данной работы рассмотрено моделирование трехфазных цепей с использованием компьютерной среды Matlab. Выбор среды Matlab объясняется широким расчетным функционалом, графическим интерфейсом, удобством использования, возможностью взаимодействия Matlab с приложениями Microsoft Office, LabVIEW, Multisim.

В разработанной модели рассматривалось изменения фазных и линейных токов и напряжений, мощности фаз и приёмника, по результатам расчета строились векторные диаграммы токов и напряжений при заданных значениях нагрузки фаз в виде комплексных чисел.

Для описания модели использовались стандартные базовые функции Matlab, с помощью которых задавалось изменение параметров во времени.

С помощью графических команд Matlab строились векторные диаграммы токов и напряжений.

Моделирование энергетических систем летательных аппаратов с использованием современных информационных технологий позволяют определить рабочие характеристики электрических цепей установок, рассчитать основные параметры устройств, отработать внештатные ситуации, и таким образом повысить надежность и эксплуатационные параметры систем.

Список использованных источников:

1. Орешина М.Н. Модельные и стендовые испытания технических систем с использованием IT- технологий / М. Н. Орешина, В. Ю. Кириллов. — Материалы III-ого Международного научного форума «Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: SMART NATIONS: Экономика цифрового равенства — С.225-230
2. Орешина М.Н. Использование цифровых технологий в машиностроении и авиационной промышленности // Материалы 23 -й Международной научнопрактической конференции «Актуальные проблемы управления — 2018» (14-15 ноября). М.: Издательский дом ГУУ, 2018. Выпуск 3. С. 344 — 349.
3. Орешина М.Н. Защита информации на промышленных предприятиях в рамках перехода к цифровому формату ведения хозяйственной деятельности. — Материалы II-ого Международного научного форума «Шаг в будущее: Искусственный интеллект и цифровая экономика» (6-7 декабря 2018 г.), — М.: Издательский дом ГУУ, выпуск 4, 2018. — С. 320-323.

Программно-аппаратная реализация контроля сопротивления изоляции системе электропитания космических аппаратов

Ковкин И.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кремзуков Ю.А.

НИИ АЭМ ТУСУР, Томск

Одной из важнейших подсистем космического аппарата (КА), обеспечивающих его работоспособность, является система электропитания (СЭП). Срок активного существования и показатели эффективности КА во многом определяются качеством энергоснабжения его платформы и бортовой аппаратуры. Зачастую к аварийным ситуациям приводят невыявленные до полета дефекты, возникшие при проектировании или изготовлении энергопреобразующей аппаратуры (ЭПА) [1]. Поскольку мощность СЭП и срок активного существования КА с каждым годом неизменно увеличиваются, повышаются и требования к надежности ЭПА. В связи с этим необходимо проводить этап наземной отработки бортовых систем КА, при которой проверяются как отдельные блоки СЭП, так и весь комплекс электрооборудования.

Для проведения подобных испытаний используются специализированные программно-аппаратные комплексы, обладающие высокой скоростью обработки информации и соответствующие установленной мощности СЭП КА. При этом используется метод имитационно-физического моделирования, когда отдельные элементы СЭП заменяются силовыми энергопреобразующими имитаторами, приближенные по своим вольт-амперным и частотным характеристикам к реальным элементам СЭП. Совместная работа имитаторов элементов и ЭПА в единой системе обеспечивается автоматизированной системой контроля энергопреобразующей аппаратуры (АСК ЭПА). Она позволяет наблюдать и контролировать процесс входных испытаний силовой аппаратуры КА, а также проводить экспериментальную отработку СЭП с использованием контрольно-испытательного оборудования. Одной из функций АСК является измерение сопротивления изоляции подключаемых шин питания для защиты АСК и СЭП от пробоя или недопустимого снижения сопротивления изоляции.

Устройство контроля изоляции (УКИ) обеспечивает мониторинг значений сопротивления изоляции в реальном времени и автоматическую защиту от нарушения целостности или деградации изоляции в рамках единой системы АСК. Оно представляет собой программно-аппаратное решение, позволяющее на основе измерений нескольких различных напряжений определить соответствующую величину сопротивления изоляции и обмениваться данными с верхним уровнем АСК ЭПА. Для получения значения сопротивления в УКИ используется алгоритм трех отсчетов вольтметра, который основан на измерении следующих величин: напряжение шины питания, напряжение между корпусом и положительной шиной, напряжение между корпусом и отрицательной шиной. Далее на основе полученных значений производится расчет величины сопротивления изоляции. Данный метод позволяет добиться высокой точности измерения, однако требует вычислений, которые реализуются в УКИ. Измерения сопротивления изоляции проводятся в одном из трех диапазонов: 100 кОм, 1 Мом и 10 Мом.

Информация о сопротивлении изоляции и состоянии УКИ передается в АСК ЭПА по цифровому интерфейсу. Далее эта информация поступает на верхний уровень автоматизированной системы, где располагается рабочее место оператора испытаний СЭП. Полученные от УКИ данные архивируются вместе с сигнальной, телеметрической и другой информацией, полученной АСК в процессе входного контроля энергопреобразующих устройств.

Использование УКИ в составе АСК ЭПА позволяет с наименьшими затратами рабочего времени расширить область исследования и настройки блоков СЭП, а также произвести полный контроль сопротивления изоляции силовых линий СЭП КА.

Исследование процессов в преобразователе постоянного напряжения на основе несимметричной полумостовой схемы

Лукошин И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Данилина А.Н.

МАИ, Москва

Однотактный прямоходовой мостовой конвертер (далее ОПМК) был впервые представлен в 1973 в журнале Philips и с тех пор широко применяется в области разработки ИВЭП и других устройств силовой электроники. ОПМК выгодно выделяется среди других типовых схем преобразователей, с мощностью преобразования порядка 0,2–1 кВт. При этом верхний предел использования ОПМК оценивается в 2–3 кВт.

В сравнении с однотактной схемой на одном транзисторе, в которой напряжение на ключе равно удвоенному напряжению питания, ОПМК имеет преимущество, так как на силовом транзисторе максимальное напряжение равно напряжению питания. Это означает, что можно использовать транзистор с меньшим допустимым напряжением, а у таких транзисторов меньше сопротивление канала, соответственно и потери в схеме будут меньше, а КПД больше. В ОПМК не требуются снабберные цепи, необходимые для размагничивания сердечника, в которых возникают дополнительные потери энергии. Размагничивание сердечника (сброс энергии) в анализируемой схеме осуществляется обратно в сеть, благодаря чему повышается КПД и уменьшаются помехи. К недостаткам ОПМК можно отнести более сложную схему управления. Однотактные схемы на одном транзисторе существенно проигрывают ОПМК. Следует учесть, что в сравнении не брались однотактные схемы на одном транзисторе без гальванической развязки, поскольку их мощность и коэффициент передачи много меньше, чем у полумостовой схемы.

Следующей типовой схемой является мостовой преобразователь, который относится к классу двухтактных, что позволяет использовать всю петлю гистерезиса трансформатора, тогда как ОПМК использует лишь половину. Благодаря этому на выходе частота возрастает в два раза, т.е. необходимы меньшие по габаритам трансформатор и выходной фильтр в мостовой схеме. Однако проблема сквозных токов ограничивает повсеместное использование двухтактных преобразователей, поскольку в них повышены потери на переключение, что может привести к выходу из строя преобразователя. В ОПМК сквозные токи отсутствуют. Это обусловлено тем, что транзисторы переключаются синхронно, а обратные диоды успевают восстановиться до момента открытия транзисторов. Отдельно можно выделить сложность регулирования мостовых схем, что в маломощных системах совсем невыгодно.

Полумостовая схема с емкостным делителем довольно похожа на ОПМК, но, в свою очередь, имеет все те же недостатки, что и мостовая схема. Учитывая довольно высокий технологический разброс конденсаторов, добавляется необходимость выравнивания напряжения на них, что обеспечивается установкой высокоточных резисторов. Как следствие, увеличиваются потери и стоимость изделия. К преимуществам можно отнести двухтактность схемы и возможность реализации различных режимов управления.

Каждая из рассмотренных схем имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо проанализировать разработчику и выбрать подходящую. ОПМК до сих пор остается популярной схемой, что подтверждается тем, что в печати постоянно появляются новые технические решения по улучшению схемотехники, методов управления и, как итог, улучшение технических характеристик преобразователей. Среди таких улучшений отдельно можно выделить схему двудвонного ОПМК, который может серьезно конкурировать по эффективности с мостовыми конверторами.

Список использованных источников:

1. Сергей Петров. Однотактный прямоходовой мостовой конвертер: области применения и развитие схемотехники. — Силовая Электроника. 2009, № 5, С. 74 — 81
2. ГОСТ Р 54073-2017. — Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.
3. В.И. Мелешин Транзисторная преобразовательная техника Москва: Техносфера, 2005. — 632 с. ISBN 5-94836-051-2

Проблемы и особенности проектирования систем электроснабжения (СЭС) гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА)

Максаковская А.В., Мананникова Н.Г., Мананникова А.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Данилина А.Н.

МАИ, Москва

Электрическая энергия на летательном аппарате (ЛА) впервые была применена А.Н. Лодыгиным. Его проектом был вертолёт с приводом винта от электродвигателя (ЭД) (аппарат «электролёт») в 1869 году. У использования электрической энергии по сравнению с другими видами энергии на борту следует отнести следующее преимущества:

- Лёгкость преобразования других видов энергии в электрическую;
- Возможность преобразовать электроэнергию во многие другие виды энергии;
- Удобство передачи электроэнергии на большие расстояния;
- Возможность дистанционного и автоматического управления;
- Простота регулировки и контроля агрегатов;
- Высокая надёжность в работе электрооборудования.

К современным самолётам предъявляются высокие требования, особенно к ЛА 5-го и 6-го поколений, с точки зрения стоимости эксплуатации, экологичности и топливной эффективности. Перед авиационными специалистами стоит ряд научно-технических проблем, для решения которых необходимо искать принципиально новые пути решения. Если под шестым поколением иметь в виду гиперзвуковые летательные аппараты (ГЛА), полёт которых реализуется на очень высоких скоростях ($M=20$ и более) на рабочем диапазоне высот 25-140 км, то в первую очередь возникает проблема, связанная с возрастающими линейными и вибрационными механическими нагрузками, высокотемпературному аэродинамическому нагреву корпуса ЛА.

При проектировании ГЛА предполагается использование мощных двигательных установок, близкое расположение бортовой аппаратуры к которым требует нестандартных проектировочных решений для дальнейшей надёжной работы такого изделия.

При разработке ГЛА, учитывая сложность проблемы, имеет смысл решать их в несколько этапов. На первом этапе предполагается производить исследование и оценку гиперзвуковой технологии в целом — конструкция планера, силовая установка, конструкционные материалы, топливо. На последующих этапах — разрабатывать требования к конкретным боевым системам. Так, одной из важнейших задач является создание надёжных и высокоэффективных систем электроснабжения самолёта (СЭС).

Список использованных источников:

1. Халютин С.П. Системы электроснабжения летательных аппаратов. Издание ВУНЦ ВВС «ВВА им. Проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010.

Источник вторичного электропитания с новой структурой силового каскада преобразователя постоянного напряжения

Мананникова Н.Г., Мананникова А.Г., Максаковская А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

Одним из основных функциональных узлов любого преобразователя электроэнергии является силовой каскад, который во многом определяет энергетические, массогабаритные, регулировочные и динамические характеристики всего устройства. У каждого силового каскада есть свои достоинства и недостатки, поэтому для различных применений целесообразно использование того, либо другого вида.

Однотактные преобразователи имеют ряд преимуществ по сравнению с двухтактными. Так, например, у однотактных отсутствует проблемы симметрирования сердечника трансформатора и структурно невозможны сквозные токи, что делает реализацию каскада значительно дешевле, а схему управления проще.

Однотактные преобразователи постоянного напряжения (ППН) можно разделить по количеству транзисторов в каскаде на однотранзисторные и двухтранзисторные. По способу потребления электроэнергии каскадом от первичной сети и ее передачи во вторичную цепь разделяются на прямоходовые, обратногоходовые и прямо-обратноходовые.

Известные структуры силовых каскадов для построения однотактных однотранзисторных прямо-обратноходовых преобразователей обладают рядом недостатков:

- Необходимость применения RCD-цепей для снятия перенапряжений, обусловленных наличием индуктивности рассеяния обмоток трансформатора;
- Применение RCD-цепей, обеспечивая работоспособность силового каскада, снижают КПД устройства, из-за рассеяния энергии;
- Если ИВЭП многоканальный, то наличие индуктивности рассеяния обуславливает большую перекрестную нестабильность между каналами.

В соответствии с достоинствами и недостатками отдельных структур однотактных преобразователей постоянного напряжения, предложена новая структура силового каскада однотактного однотранзисторного прямо-обратноходового преобразователя напряжения. Новая схема исключает применение RCD цепи и позволяет работать в широком диапазоне изменения коэффициента связи между обмотками. У предложенной структуры высокий коэффициент полезного действия, и она позволяет снять перенапряжения.

Особенностями предлагаемой схемы являются 2 абсолютно одинаковых между собой моточных элемента, работающих попеременно как дроссель-трансформатор, что является технологично и уменьшает себестоимость. При этом для более эффективной работы каскада требования к петле гистерезиса сердечников этих элементов не такие как для прямоходовых преобразователей постоянного напряжения и не такие как для обратноходовых, а что-то среднее между ними. Из отечественных материалов для этих целей может подойти аморфное железо (54ДС-90) или пермаллой (П-140) марки ГАММАМЕТ.

Благодаря предложенной схеме можно получать большую мощность, чем при ранее разработанных однотактных обратно-прямоходовых силовых каскадах.

К достоинствам новой структуры можно отнести:

1. Использование всего 1 транзистора;
2. Отсутствие RCD-цепи;
3. Моточных элемента всего 2, и они однотипные.
4. Простой алгоритм управления;
5. Энергия не теряется на тепло;
6. Отсутствуют перенапряжения;
7. Малая амплитуда пульсаций тока в конденсаторе;
8. Мощность больше, чем у прямоходовых и обратноходовых.

На основе предложенной структуры силового каскада была разработана компьютерная модель стабилизированного источника вторичного электропитания (ИВЭП).

Управление однотранзисторным прямо-обратноходовым преобразователем можно осуществлять при помощи микросхемы ШИМ-контроллера серии UC1845. Эта микросхема удовлетворяет всем заданным требованиям: малое потребление мощности во время пуска, фронты переключений 40...60 нс, имеет плоский корпус с малым тепловым сопротивлением, наличие минимального количества выводов. Более того, такая интегральная микросхема (ИМС) имеет необходимые функциональные возможности для создания схем управления сетевыми импульсными источниками питания. Применение такой микросхемы позволяет существенно уменьшить массу и габариты схемы управления, повысить надежность и существенно сократить сроки проектирования. Такой ШИМ-контроллер обеспечивает управление с подчиненным регулированием по току, что позволяет расширить область устойчивой работы, улучшить динамические характеристики ИВЭП и упростить схему токовой защиты.

Одним из способов запуска системы управления и защиты (СУЗ) стабилизированного ИВЭП является применение пускового резистора, пускового конденсатора, реле напряжения питания и подпитывающих обмоток. Для устранения «икающего» режима авторами была

предложена альтернативная схема запуска и питания СУЗ с непрерывным стабилизатором напряжения (НСН), который обеспечивает поддержание постоянного напряжения на нагрузке при воздействии различных дестабилизирующих факторов.

Предложенная авторами схема была исследована с помощью имитационного компьютерного моделирования в программе OrCAD. Анализ результатов показал, что схема остается работоспособной даже при плохом коэффициенте связи между обмотками трансформатора.

Опыт разработки отечественной элементной базы в Multisim для проектирования электронных устройств

Мостовой Д.Н., Баричев Ю.С., Карасев Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.
МАИ, Москва

В настоящее время обучение без широкого использования студентами разнообразных компьютерных средств уже не представляется возможным. В области электротехники и электроники компьютерное моделирование позволяет глубже понять суть происходящих в устройствах процессов и сделать учебный процесс интерактивным, увлекательным и познавательным. Так, 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. В учебном процессе НИУ МАИ при изучении этой дисциплины используется ПО Multisim, известное как уникальный интерактивный эмулятор, позволяющий моделировать и тестировать электрические схемы в одной среде разработки с использованием виртуальных приборов. Компонентная база программы состоит из огромного количества импортных элементов мировых производителей: Analog Devices, National Semiconductor, NXP и Phillips.

Однако в соответствии с постановлением №719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» с 1 января 2022 г. соблюдение процентной доли использования российских электронных компонентов (микропроцессоров, микроконтроллеров, схем памяти и интерфейсных микросхем) должно составлять не менее 90 процентов от общего количества указанных электронных компонентов. В связи с этим была поставлена задача разработки отечественной базы электронных компонентов в среде Multisim. С целью получения опыта разработки моделей отечественных приборов в пользовательскую электронную библиотеку были внедрены ряд простейших электронных компонентов (биполярных полупроводниковых транзисторов) и микросхем: дешифратор K155ИД10, приоритетный шифратор 8 каналов в 3 K155ИВ1, двухразрядный сумматор K155ИМ2, мультиплексор K155КП5. По справочникам были найдены все параметры, необходимые для создания моделей элементов, такие как: емкостные, параметры коэффициента усиления в режиме постоянного тока, напряжения включения и коэффициент усиления по току в полосе пропускания. Созданы компоненты микросхем с выбором типа корпуса и условного графического обозначения элементов, определена логика работы через создание таблицы истинности. А также осуществлена демонстрация работы ИМС, на примере схемы, состоящей из источника тока, резистора, ИМС K155ИД10, светодиодов и многоканального ключа. Результаты моделирования тестовых сборок показали работоспособность схем и корректность их работы.

Приобретенные навыки создания отечественной элементной базы в среде Multisim послужат основой для создания более сложных электронных устройств, применяемых в авиационной, с дальнейшим их экспериментальным исследованием.

Список использованных источников:

1. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. Том 01. Серии K100-K142;

2. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. Том 02. Серии К143-К174;

3. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. Том 03. Серии К175-К505;

4. Гололобов В. Н. СХЕМОТЕХНИКА с программой Multisim для любознательных. — СПб.: Наука и Техника, 2019. — 272 с.

Солнечные домашние системы

Набиуллин Э.И., Латипов Р.Х.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Гумерова Р.Х.

КНИТУ-КАИ, Казань

Солнечные домашние системы (СДС) представляют собой автономные фотоэлектрические системы, которые предлагают экономичный способ подачи электроэнергии для освещения и работы бытовой техники в удаленных домохозяйствах, не подключенных к общей сети. В сельской местности, не подключенной к сети, СДС можно использовать для удовлетворения потребностей домохозяйства в электроэнергии. Во всем мире СДС обеспечивают электроэнергией сотни тысяч домохозяйств в отдаленных районах, где электрификация по сети невозможна. СДС обычно работают при номинальном напряжении 12 В постоянного тока и обеспечивают питание маломощных устройств постоянного тока, таких как фонари, радиоприемники и небольшие телевизоры, в течение примерно 3-5 часов в день. Кроме того, они используют такие устройства, как кабели, переключатели, крепления и конструкционные детали, а также стабилизаторы напряжения/инверторы, которые изменяют мощность 12/24 В на мощность 240 В переменного тока для более крупных устройств. СДС лучше всего использовать с эффективными устройствами, чтобы ограничить размер массива.

СДС обычно включает в себя один или несколько фотоэлектрических модулей, состоящих из солнечных элементов, контроллера заряда, который распределяет энергию и защищает батареи и приборы от повреждений, и, по крайней мере, одну батарею для хранения энергии для использования, когда солнце не светит.

Они способствуют повышению уровня жизни за счет:

- уменьшения загрязнения воздуха в помещении и, следовательно, улучшение здоровья, поскольку они заменяют традиционные лампы;
- обеспечения освещения для домашних занятий;
- возможности работать в ночное время;
- облегчения доступа к информации и связи (радио, телевидение, зарядка мобильных телефонов).

Кроме того, СДС позволяет избежать выбросов парниковых газов за счет сокращения использования традиционных источников энергии, таких как керосин, газ, сухие батареи, или замены дизельных генераторов для производства электроэнергии.

Автономные фотоэлектрические системы также могут использоваться для обеспечения электроэнергией медицинских пунктов для включения ламп в ночное время и холодильников для вакцин и лекарств, чтобы лучше служить обществу.

Технические стандарты для солнечных домашних систем (СДС)

Солнечная панель на крыше

Для обеспечения качества фотогальванической энергетической системы и ее правильного функционирования, а также гарантии удовлетворенности клиентов важно, чтобы компоненты системы и система в целом соответствовали определенным требованиям.

Планирование, установка и обслуживание солнечных домашних систем (СДС)

Перед установкой фотогальванической СДС необходимо рассчитать ее размер в соответствии с различными предположениями, такими как измерение солнечной радиации, солнечной инсоляции и потребности в энергии. Что касается процесса установки, солнечную домашнюю систему должен устанавливать обученный техник, который знает, как обращаться с его различными частями.

Расходы.

Типичные системные затраты в регионе Восточной Африки варьируются от 170 долларов США для системы на 12 Вт до 2000 долларов США для системы на 150 Вт. Для развитых стран средняя стоимость установленного ватта для системы бытового размера составляет от 6,50 до 7,50 долларов США, включая панели, инверторы, крепления и электрические элементы. В Восточной Африке стоимость в 2-3 раза выше.

Солнечные домашние системы в Перу.

В Перу реализован ряд проектов по возобновляемым источникам энергии, в основном с использованием гидроэнергетики и солнечной фотоэлектрической энергии (ФЭ). Солнечная энергия является надежным источником, поскольку в ней нет движущихся частей, она легко применима к географическим условиям проживания сельского населения, а соответствующая информация легкодоступна.

Около 21% населения страны не имеют доступа к электричеству, и единственный способ получить к нему доступ — расширить существующие сети или реализовать проекты по возобновляемым источникам энергии. Таким образом, по оценкам Главного управления электрификации сельских районов, примерно 2,48 миллиона человек в Перу могут быть обеспечены электроэнергией за счет возобновляемых источников энергии.

В последние годы фотогальваническая энергия стала жизнеспособным вариантом для сельского и изолированного населения, поскольку их затраты на производство электроэнергии стали конкурентоспособными по сравнению с другими вариантами, такими как расширение обычной электросети или использование дизельных генераторов.

В начале 90-х годов количество проектов электрификации сельских районов в разных странах, в том числе и в Перу, значительно увеличилось. Опыт, полученный в ходе этих проектов, позволил улучшить реализацию будущих фотоэлектрических проектов.

Список использованных источников:

1. Бринкворт Б.Дж. Солнечная энергия для человека: М.: Мер, 1976. — 278 с.
2. Берковский Б.М., Кузьмин В.А. Возобновляемые источники энергии на службе человека. М.: Наука, 1987. — 125 с.

Исследование применения криогенного охлаждения для полупроводниковых диодов

Остапчук М.А., Алексеев А.А., Трошин П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шишов Д.М.

МАИ, Москва

Промышленное внедрение высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) встречает множество препятствий. Это связано как со сложностью технологий производства, так и с многими неизученными эффектами при эксплуатации. Системы на базе ВТСП устройств в большинстве случаев содержат силовые полупроводниковые преобразователи. Эти преобразователи вносят свой вклад в общую эффективность системы. При этом характеристики преобразователей значительно влияют на потери в приборах с применением ВТСП [2]. В этой связи уменьшение потерь на преобразованиях является актуальной задачей в рамках внедрения сверхпроводимости. Так как криогенное охлаждение ВТСП является необходимым условием для перехода материалов в сверхпроводящее состояние, было решено проверить привносит ли положительный эффект использование криогенное охлаждение для полупроводниковых приборов.

В данный момент единой модели изменения свойств полупроводников с уравнениями изменений характеристик не существует. На основании многих статей делаются различные обобщения [4], однако авторы многих исследований оценивают изменение характеристик только при двух температурах — при комнатной и при температурой кипения жидкого азота [7].

В этой связи необходимо было исследовать возможность использовать диоды в широком диапазоне температур. Из-за существующих конструкций охлаждения актуальной была бы проверка диодов закрепленных на радиаторе с управляемой температурой. Разработанный

стенд позволял менять и удерживать необходимую температуру радиатора, а также предотвращать образование наледи с помощью вакуумирующего насоса. На диоды подавался тестовый сигнал. Параметры тока и напряжения диода регистрировались с помощью осциллографа самописца.

Благодаря возможности исследования ВАХ в широком диапазоне температур была выявлена закономерность изменения порогового напряжения и дифференциального сопротивления диодов. Был выявлен линейный характер изменения порогового напряжения диода прямой ветви ВАХ и существенно нелинейный характер изменения дифференциального сопротивления. Так как характер изменения дифференциального сопротивления вносят больший вклад в потери на диоде, итоговые потери некоторых диодов существенно снижаются. Снижение потерь при криогенных температурах характерны не для всех диодов.

Исходя из результатов исследования можно заключить о перспективности дальнейших исследований в области использования криогенного охлаждения силовых каскадов полупроводниковых преобразователей, работающих с одной системе со сверхпроводниковыми электрическими машинами. Для того, чтобы подтвердить рациональность такого решения необходимы дальнейшие исследования влияния криогенных температур на обратные статические, динамические и ресурсные характеристики силовых полупроводниковых компонентов.

В дальнейшем эффект снижения потерь в полупроводниках при криогенных температурах может быть использован для значительного снижения потерь в задачах преобразования с большими токами, без устройств на основе ВТСП. Правдоподобным преимуществом такой конфигурации перед классическим способом охлаждения будет повышенный ресурс, уменьшенное время отклика и возможность использовать меньшие компоненты в более мощных задачах. Также, гипотетически, повышая эффективность преобразования при длительном преобразовании, можно добиться энергетической целесообразности использования криогенного охлаждения. При этом важными будут два удельных временных показателя — разница между энерговыделениями при комнатной и криогенной температурах, и энергозатраты на поддержание криогенной температуры устройства.

Разработка автоматической посадочной платформы для мультикоптеров

Павлов О.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

На сегодняшний день мультикоптеры используются для решения различных задач в картографии, сельском и лесном хозяйстве, для мониторинга различных систем. Ключевой проблемой в таких системах является время работы мультикоптеров. В зависимости от конфигурации время работы от аккумулятора может отличаться но зачастую не превышает 3 часов. Данная проблема зачастую решается сменой аккумуляторов на квадрокоптере между вылетами, большая часть промышленных квадрокоптеров имеет быстросъемные разъемы для аккумуляторов. Другим способом решения данной проблемы является создание зарядных станций для квадрокоптеров. Данный способ наиболее удобен для систем где требуется совершать вылеты мультикоптера с определенной периодичностью, в промежутках между вылетами квадрокоптер полностью заряжается, что избавляет от необходимости в дополнительном обслуживающем персонале и позволяет обеспечить большую автономность системы.

Разрабатываемая посадочная платформа является частью системы мониторинга узлов котельных. Для мониторинга используется квадрокоптер, оснащенный различными камерами, который осуществляет облёт и съёмку определенных элементов котельной по предварительной программе.

Последней точкой программы является посадочная платформа, после получения разрешения от сервера системы квадрокоптер заходит на посадку, приземляясь на QR метку,

расположенную на посадочной платформе. Используемый метод посадки не обладает достаточной точностью для гарантированной стыковки с зарядным устройством. Для центровки квадрокоптера используется платформа с параллельными толкателями, это один из самых простых и универсальных способов центровки мультикоптеров, также он позволяет разместить зарядные разъемы на толкателях, что упрощает разработку остальных элементов платформы.

Система центровки представляет собой две пары параллельных толкателей выравнивающих и передвигающих мультикоптер в заданную позицию. Толкатели перемещаются шарико-винтовой передачей с помощью шаговых двигателей. Каждый из винтов управляется с помощью отдельного шагового двигателя, это позволяет упростить настройку и тестирование, а также оставляет возможность изменения угла толкателей для работы с коптерами сложной геометрии. Каждый из двигателей управляется драйвером шаговых двигателей DM556, управляемым по протоколу STEP/DIR контроллером системы на основе микроконтроллера AtMega 2560. Для определения крайних и целевых положений каждого из толкателей на платформе расположены оптические концевики. Контроллер получает по ethernet команду на центровку коптера, управляет шаговыми двигателями и отслеживает корректность работы с помощью концевиков и сообщает о результате на сервер системы.

Разработанная система позволяет осуществлять, центрирование и зарядку мультикоптера и интегрирована в общую систему.

Список использованных источников:

1. UAV Positioning Mechanisms in Landing Stations: Classification and Engineering Design Review Sensors Volume 20 Issue 13

2. Трофимов, А. А. Выбор компоновки основных систем тяжелого мультикоптера с учетом требований авиационных правил / А. А. Трофимов, С. Е. Постников // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. — 2021. — № 64. — С. 54-66. — DOI 10.15593/2224-9982/2021.64.06.

3. Дуничев, Н. В. Параметр грузоподъемности БПЛА и мультикоптеров для установки навесного оборудования / Н. В. Дуничев, Н. Бережнов // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: Материалы V Национальной научно-практической конференции, Кемерово, 30 декабря 2020 года. — Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. — С. 192-195.

4. Ким, Н. А. Поиск маркера зарядной станции БПЛА типа мультикоптер с использованием компьютерного зрения / Н. А. Ким, Ф. В. Безручко // Информационные технологии XXI века: сборник научных трудов / Ответственный за выпуск Е.А. Шеленок. — Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2015. — С. 316-321.

Имитационная модель для исследования энергетических характеристик солнечной батареи космического аппарата с учетом деградации параметров

Пичугин А.П.

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

ТПУ, Томск

Ключевой системой, обеспечивающей работоспособность космического аппарата (КА), является система электропитания, первичным источником энергии которой является солнечная батарея (БС). Деградация параметров БС в пределах срока активного существования (САС) приводит к ухудшению выходных параметров СЭП, а в следствии к ограничению диапазона целевых задач КА. Таким образом, при превышении САС, КА выводят из орбитальной группировки (ОГ) с её дальнейшим восполнением. Исключение КА отработавших САС, но при этом сохраняющих работоспособность выполнять целевые задачи без существенных ограничений экономически нецелесообразно. При этом результаты наземной экспериментальной обработки КА и его систем подтверждают только выполнение

требований назначения в течение САС, но не за его пределами. Поэтому складывается ситуация, когда технически обоснованные критерии, которые могут быть использованы для принятия решения по восполнению ОГ при превышении КА из её состава гарантированного САС — отсутствуют. Одним из таких технически обоснованных критериев может являться исследование энергетических характеристик БС при помощи имитационной модели, учитывающей деградацию ее параметров.

Задачей настоящей работы является разработка в среде Matlab адекватной модели БС космического аппарата для исследования ее энергетических характеристик.

Разработанная имитационная модель позволяет получать удобные для анализа многомерные зависимости энергетических характеристик от значений уровней освещенности и температуры фотопреобразователей БС.

Анализ полученных зависимостей позволяет определить закономерности изменения энергетических характеристик БС под действием изменения уровня освещенности и температуры, а также получить соответствующие уравнения для реализации численных методов исследования.

Список использованных источников:

1. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: Пер. с англ.— М.: Энергоатомиздат, 1983.— 360 с.
2. <https://www.mathworks.com/>

Анализ помех, создаваемых бытовыми электроприборами в сетях электропитания

Разумова О.Д.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

В последнее время всё большую актуальность приобретают системы «умный дом», предполагающие удалённое управление бытовой техникой и контроль её параметров. Такое управление предполагает наличие некоторого канала обмена данными между устройствами, либо между устройством и некоторой базовой станцией. Помимо решений, связанных с применением стандартов WLAN и BlueTooth, существуют также более экологичные с точки зрения излучения электромагнитных волн решения, связанные с передачей управляющих команд непосредственно через сеть бытового электропитания. Так как основная гармоника электросети (50 Гц) достаточно низкочастотна, то применяя фильтры высоких частот можно передавать сигналы на несущих частотах 30–100 кГц по тем же проводам, что и сетевое питание.

Наиболее популярные на данный момент решения предполагают передачу данных короткими радиопульсами в момент пересечения нуля основной гармоникой сетевого напряжения. Частота заполнения у этих импульсов определяет смысл посылки, и в классическом варианте предполагаются три частоты, соответствующие значению «Старт», «0» и «1». Дальность связи и уровень ошибок в таком канале определяется, в том числе, помеховой обстановкой, то есть уровнем шумов, порождаемых различными источниками. Таким образом, для обеспечения максимальной дальности передачи информации и максимальной корректности данных в точке приёма необходимо осуществлять обмен данными в тех частотных полосах, где уровень шумов минимален.

Были разработаны и изготовлены прибор, позволяющий записывать выборки помех, создаваемых бытовыми электроприборами в частотном диапазоне 10–100 кГц для последующего поиска таких интервалов частот, где уровень помех минимален. С использованием данного прибора было проведено статистическое исследование, накоплен достаточно большой объём выборок реальных помех, создаваемых различными приборами, и это позволило провести поиск наиболее оптимальных частотных диапазонов для передачи в них радиопульсов команд систем «умного дома».

Разработка устройства формирования сигналов и опроса каналов для системы оценки состояния мышц биоимпедансным методом

Сазонов О.И.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

При решении задач считывания состояния мышц, в частности мышц управления кистью руки, расположенных в области предплечья, возникают трудности, связанные с большим уровнем шумов в сигналах, поступающих от измерительных электродов. Это происходит по той причине, что используемые в данном случае сигналы уровней биопотенциалов являются достаточно низкочастотными и сильно подвержены помехам. Альтернативным способом является биоимпедансный метод, основанный на измерении комплексного сопротивления той или иной мышцы в различном её состоянии. Для этого применяются зондирующие сигналы, степень прохождения которых через ту или иную мышцу определяется её состоянием.

Прикладной задачей для данной разработки являлась задача корректного управления протезом кисти руки, функционал которого предполагает независимое управление пальцами и состоянием ладони. Для этого требовалось считывать состояние девяти поверхностных мышц последовательно (во избежание влияния соседних тканей) с периодом опроса не более 2 секунд с последующей записью полученной выборки при помощи платы сбора данных и оценки импеданса каждой из опрошенных мышц.

На базе СКБ-4 МАИ было разработано устройство, позволяющее формировать гальванически развязанный с источником питания зондирующий сигнал и осуществлять коммутацию данного сигнала между комбинациями электродов, закрепленных на теле человека в области предплечья, с целью проведения сканирования состояния мышц и определения их импеданса.

Был проведен эксперимент, отражающий зависимость импеданса той или иной мышцы от положения пальцев и степени сгиба кисти руки, показавший корректность работы разработанного устройства и его пригодность для проведения дальнейших экспериментов в области оценки жестов и непосредственного управления протезом.

Обзор значимости возобновляемых источников энергии

Фаретдинов И.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Гумерова Р.Х.

КНИТУ-КАИ, Казань

Исследования последних лет всё более достоверно показывают, что потребности в энергии покрываются за счет возобновляемых источников энергии, полученных из природных ресурсов, которые пополняются естественным путем. Применение альтернативных источников, такие как вода, ветер, солнце связано, в первую очередь, с целью снижения ископаемых видов топлива, которые оказывают значительное воздействие на окружающую среду: выделение вредных газов, способствующие глобальному потеплению.

Стоит обратить внимание на то, что «чистые» виды энергии характеризуются значительной пространственной и временной изменчивостью. Поэтому возобновляемую энергетику нельзя назвать полноценной, потому что, в любом случае, она имеет недостатки и не может быть использована во всем мире без каких-либо проблем и нюансов.

1. Поскольку возобновляемая энергия часто зависит от погодных условий, это может повлиять на надежность постоянного энергоснабжения. Её выработка не соответствует часам пикового спроса. Солнечный свет и ветер не могут обеспечить источник энергии по требованию 24 часа в неделю. Существует волатильность в генерации и волатильность в нагрузках. Одним из часто упоминаемых решений для преодоления несоответствия между спросом и предложением, обеспечиваемым возобновляемой генерацией, является гибридизация двух или более источников энергии в единую электростанцию (например,

ветро-солнечную, солнечно-гидро или солнечно-ветро-гидро). Также аккумуляторная система хранения помогает сохранять избыточную энергию для последующего использования [1].

2. Из-за высокой стоимости оборудования, аккумуляторов этот энергетический ресурс труднодоступен для большинства населения.

3. Система внедрения и использования альтернативных источников имеет ряд сложностей, которые зависят от трудностей привлечения заинтересованных инвесторов, способных вкладывать огромные инвестиции, что обусловлено минимальной отдачей и отсутствием получения быстрой прибыли для них. Недостаточная поддержка государственных структур, отсутствие надлежащей правовой базы и государственных заказов также тормозят развитие [2].

Таким образом, несмотря на важность перехода к возобновляемой генерации, имеющиеся недостатки этих систем не могут заменить в полной мере традиционные виды топлива, но являются вектором развития будущего для человечества, которое мы можем и делаем сегодня.

Список использованных источников:

1. Aza-Gnandji, M., Fifatin, F.X., Hounnou, A.H.J., Dubas, F., Chamagne, D., Espanet, C., Vianou, A., 2018. Complementarity between solar and wind energy potentials in Benin Republic. *Adv. Eng. Forum* 28, 128–138.

2. Matthew J. Burke, Jennie C. Stephens. Political power and renewable energy futures: A critical review // *Energy Research & Social Science*. 2018. № 35. С. 78–93.

Анализ уровня электромагнитного поля мобильного телефона

Федотов Ю.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Томилин М.М.

МАИ, Москва

Сегодня мобильный телефон является неотъемлемой частью жизни человека. По статистическим данным, смартфонами пользуются около 66% населения Земли. В России телефоном пользуется около 70% населения [1]. В связи с прогрессом, каждый день этот показатель растет.

Для современных мобильных устройств важными характеристиками являются быстродействие и поддерживаемая частота мобильной сети. В настоящее время представляется перспективным использование сетей 5G. Это позволит передавать данные со скоростью до 25 Гбит/с с задержкой при передаче данных менее 1 мс [2].

Несмотря на многочисленные исследования, вопрос о влиянии электромагнитного излучения, создаваемого мобильным телефоном сети 5G, на тело человека остается открытым.

В данной работе проведено компьютерное моделирование электромагнитного поля, создаваемого мобильными телефонами различных сетей. Полученные результаты сравнивались с нормативными значениями. Сформулировано заключение о влиянии электромагнитного поля мобильных телефонов на организм человека. Предложены рекомендации позволяющие ограничить воздействие электромагнитного поля мобильного телефона.

Список использованных источников:

1. Исследование: почти 70% россиян используют смартфон для выхода в интернет [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/9508331> (дата обращения 21.02.2022).

2. Что такое 5G и когда в России появится мобильный интернет со скоростью 20 Гбит/с [Электронный ресурс]. URL: <https://www.samsung.com/ru/explore/brand/what-is-5g-and-when-it-will-be-in-russia> (дата обращения 23.02.2022).

Сверхпроводящий соленоид из ВТСП ленты второго поколения

Франц В.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ковалев К.Л.

МАИ, Москва

В настоящее время устройства на основе сверхпроводящих материалов представляют большой интерес. Благодаря значительному увеличению эксплуатационных характеристик высокотемпературных сверхпроводящих (ВТСП) лент 2-го поколения эти материалы становятся наиболее подходящими для использования их в электрофизическом оборудовании.

Целью данной работы является разработка и исследование сверхпроводящего соленоида галетного типа на 2 Тл. В качестве сверхпроводящего материала будет использована ВТСП лента 2-го поколения производства компании ООО «С-Инновации».

Ленты произведены методом импульсного лазерного осаждения промышленным способом. Исследовались два типа ленты, первый тип — ленты, используемые для высоких диапазонов температур и низких значений полей и второй тип, ленты, используемые для низких диапазонов температур и высоких значений полей. Сверхпроводящие характеристики ВТСП лент 2-го поколения, измерялись на установке Quantum Design (PPMS) в магнитных полях до 9 Тл в диапазоне температур от 20 до 77К. Полевые зависимости лифт-фактора (отношение критического тока во внешнем магнитном поле к критическому току, измеренному при нахождении образца в собственном магнитном поле) представлены на основании полученных результатов исследования и расчетов конструкции для разработки соленоида был отобран второй тип лент. Расчёт магнитного поля производился с помощью программного обеспечения, разработанного в ОИВТ РАН. Каркас соленоида будет выполнен из стеклотекстолита. По предварительным расчётам сверхпроводниковый соленоид будет состоять из 10 разделенных секций двойных галет, для обеспечения охлаждения, соединенных последовательно. Внутренний и внешний диаметры галет составляют $d = 120$ мм и 220 мм, соответственно. Число витков ВТСП ленты шириной 12 мм в одной галете $n = 586$. Расчетное магнитное поле при заданных параметрах составляет 2,077 Тл при токе 60 А.

Анализ использования регенеративных теплообменников

Шакиров Ш.Т.

Научный руководитель — доцент, Гумерова Р.Х.

КНИТУ-КАИ, Казань

В современном мире повышение эффективности электростанций, решение проблем энергосбережения невозможно без создания эффективных теплообменников, которые включают регенеративные теплообменники.

Регенеративные теплообменники — это те, в которых оба теплоносителя попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью теплообмена, нагреваясь (аккумулируя тепло) во время прохождения горячего потока и охлаждаясь (отдавая накопленное тепло) во время последующего прохождения холодного потока. В теплообменниках происходят непростые процессы: охлаждение, испарение, конденсация.

Основным преимуществам работы устройств можно отнести высокую теплопередающую способность, практически постоянную среднюю температуру нагреваемого воздуха, компактность и дешевизна.

К недостаткам относятся дополнительные энергозатраты, сложность конструкции и невозможность герметичного отделения полости нагрева от полости охлаждения, поскольку через них проходит одна и та же подвижная насадка. Поэтому при разном давлении теплоносителей эффективность теплообменника такой схемы во многом зависит от качества уплотнения между его полостями.

Благодаря своим преимуществам, регенераторы имеют предпочтительное применение там, где требуется небольшой температурный набор между теплоносителями и высокий

КПД. Они используются в качестве воздухонагревателей, которые утилизируют тепло выхлопных газов от энергетических парогенераторов, сжатого воздуха в компрессоре воздушных холодильных и воздухоразделительных машин, газов доменных печей и мартеновских печей, установок МГД, вентиляционных выбросов из промышленных помещений.

Разработка блока питания системы визуализации взлётно-посадочной полосы

Щуровский Ю.В.

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

МАИ, Москва

Весь перелёт летательного аппарата можно разделить на три этапа: взлёт, полёт, посадка. Современный самолёт — сложная система, оснащённая автоматическими системами управления и навигации. Теперь самолёт управляется пилотом только во время взлёта и посадки. Но «компьютер» не совершенен, поэтому гарантия безопасного полёта все еще зависит от человека. На полёт также влияют и внешние факторы. Один из них — погодные условия, которые имеют свойства изменяться внезапно. И бывают моменты, когда возникает необходимость посадить летательный аппарат в метеоусловиях III категории ИКАО. Для контроля взлёта и посадки в критических условиях на любом ЛА необходимо наличие средств визуализации взлетно-посадочной полосы.

Лазерные системы визуализации потребляют большую мощность, которая необходима для закачки лазера. Моей задачей является разработка мощной системы питания лазера, на основе которого будет строиться система визуализации ВПП.

Метод зарядки лазера двухкаскадный — зарядка основного лазера осуществляется через вспомогательный. Этот способ позволит использовать электроэнергию для первичной зарядки полупроводникового лазера и переноса энергии на основной.

Для решения подобной задачи возможно использовать два вида накопителей энергии — индуктивный и ёмкостной. Достоинством индуктивного накопителя являются простота конструкции, высокая надёжность, температурная устойчивость и, при высоком уровне накапливаемой энергии — хорошие массогабаритные показатели. При этом недостатком подобных накопителей являются критичность к скорости ввода и вывода энергии, необходимость наличия мощных коммутаторов тока и неприспособленность к длительному хранению энергии. Ёмкостные накопители приспособлены к хранению и полной отдаче энергии, обеспечивают большую импульсную мощность и могут применяться в сетях постоянного и переменного тока. Выбор системы накачки лазера основан на том, что имеется необходимость уменьшить массу блока питания при неизменных параметрах зарядки.

В работе представлены две схемы зарядного устройства, основанные на описанных выше способах накопления энергии, и методики расчёта зарядных устройств с индуктивным дозированием энергии и зарядных устройств на основе инверторных схем. Результатом работы является сравнение массогабаритных параметров импульсных электроэнергетических установок и оценка их возможной применяемости на борту летательного аппарата.

Список использованных источников:

1. Байбородин Ю. В. Введение в лазерную технику — Киев: Техніка, 1977 — 240 с.
2. Кофман Д. Б. Импульсные электроэнергетические установки летательных аппаратов — Москва, 1984 — 54 с.
3. Лазеры в авиации/ Под ред. В. М. Сидорина — М: Воениздат, 1982 — 160 с.

Направление №4 Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем

Секция №4.1 Радиотехнические устройства и системы

Разработка методики проверки устройств USRP для высокоточного исследования в информационно-телекоммуникационных технологиях радиосистем

Абрамов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Михайлов В.Ю.
МАИ, Москва

Такие проблемы, как неэффективное использование спектра [1], невозможность гибкого управления аппаратными устройствами и другие причины привели к все большему возрастанию интереса к программно-управляемому радио (SDR), зарекомендовавшем себя как надежную систему тщательного анализа радиочастотных сигналов с возможностью гибкого управления и модифицирования [2].

Наглядным примером технологии SDR может служить высокоточная и недорогая модель USRP 2901 из серии 29xx, разработанная компанией National Instruments (NI), способная работать в диапазоне от 70 МГц до 6 ГГц. Актуальность данной технологии связано с большими перспективами развития в рамках решения задач прототипирования радиосистем, радиоразведки, контроля использования спектра, пеленгации, создания систем локального позиционирования, разработки когерентных многоканальных приёмо-передающих систем и решения других важных задач в аэрокосмической сфере.

Данная работа посвящена разработке и апробации методики проверки устройств серий USRP 29xx для выполнения высокоточных экспериментальных исследований для решения задач широкого спектра в сфере инфокоммуникаций с помощью радиокомплекса Омега. Предметом исследования является оценка эффективности использования SDR на платформе NI.

Чтобы получить данные, наиболее близкие к истинным, исключить максимальное количество различных видов погрешностей (ошибок), в работе детально проанализирован план и этапы экспериментов, в частности, проведено планирование экспериментов на тактическом уровне, описание которого указано в публикациях [3, 4]. Проведенный расчёт требуемой выборки обеспечивает необходимую вероятность и достоверность результатов [5]. Однако в технической документации к устройствам USRP нет информации, что они могут быть использованы для высокоточных исследований. Отсюда и необходимость выбора соответствующего оборудования проверки. В качестве измерительного оборудования использовался радиокомплекс Омега, который обеспечивает широкий диапазон измерения величины спектральной плотности мощности (СПМ) от 40 МГц до 18 ГГц, высокую чувствительность и скорость сканирования, а также малую величину абсолютной погрешности определения частоты в режиме анализа (до 0,2 кГц). После планирования экспериментов была разработана методика проверки устройств, которая включила в себя конкретные 6 этапов (серий) экспериментов, оценивающих физические величины, характеризующих точность и качество работы оборудования USRP.

В результате апробации данной методики были получены следующие результаты:

1. Определена погрешность частоты передаваемого сигнала и предложены рекомендации по настройке функции сдвига частоты генератора.
2. Указано уменьшение средней мощности сигнала при работе на 6–10 радиоканалах Wi-Fi (2,4 ГГц). Отсюда слабые сигналы передавать по данному диапазону будет менее эффективно.

3. Отмечено линейное и равномерное усиление радиосигнала вне зависимости от выбранной частоты, при отклонении усиления не более 5 дБ от среднего значения, что значительно лучше, чем, например, у усилителя RTL-SDR.

4. Использовать усилитель на радиоканалах Wi-Fi целесообразно только до 54 дБ, далее — нерационально, несмотря на заявленном в документации более высоком пороге усиления.

5. Подключение блока питания к USRP не оказывает существенного влияния на форму спектра, если не использовать оба канала устройства USRP.

Список использованных источников:

1. Rita Mahajan and Deepak Bagai, “Cognitive Radio Technology: Introduction and its Applications”, International Journal of Engineering Research and Development, vol. 12, Issue 9 (September 2016). — September 2016. — PP. 17-24.

2. J Baddour, Kareem & Dobre, Octavia & Oner, Menguc & Serpedin, Erchin & Spagnolini, Umberto. Special issue on Cognitive radio: The road for its second decade. Physical Communication. — 2013. — p. 145–147.

3. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие. — 2-е изд., исправл. и дополн. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 496 с.

4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. — М.: Высш. шк., 1985. — 271 с.

5. Важенин Н.А. Планирование экспериментов с имитационными моделями на тактическом уровне: Учеб. Пособие. — С. 1, 4-6.

Разработка и моделирование МНТ-алгоритма вторичной обработки данных для многопозиционной локации

Александров А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуков С.Г.

МАИ, Москва

Цель рассматриваемой работы заключается в применении МНТ (Multi-Hypothesis Tracker Многогипотезное сопровождение) алгоритма при моделировании вторичной обработки данных для многопозиционной локации.

Основная сложность одновременного сопровождения нескольких целей связана с неопределенностью принадлежности измерений к сопровождаемым трассам. В случае наблюдения близко расположенных целей может иметь место перепутывания — неверное отождествления отметок и сопровождаемых траекторий.

Таким образом, плотные потоки целей делают затруднительным сопровождение с приемлемым качеством с помощью простого и, по-видимому, самого популярного алгоритма — алгоритма ближайшего соседа (GNN — Global Nearest Neighbor).

В случае приземлённости существенного роста вычислительных затрат ради повышения качества сопровождения целей принимают алгоритм МНТ.

Замысел на алгоритм МНТ сводится к отложенному решению о сопровождении или сбросе с сопровождения всех возможных траекторий, образуемых путем предположения о том, что каждая из отметок в стробе может быть обусловлена своей траекторией, с предысторией, соответствующей предыстории экстраполированной в рассматриваемый строб траектории.

Вкратце алгоритм МНТ может описан в виде последовательности следующих операций:

1. Обнаруживаем отметки.

2. Рассчитываем точки экстраполяции для существующих трасс.

3. Рассчитываем расстояния от отметок до точек экстраполяции и формируем матрицу стоимости.

4. Из матрицы стоимости формируем матрицу проверки, в которой записаны всевозможные варианты событий, путем сравнения стоимости с порогом.

5. Для каждой отметки, «попавшей» в строб анализируемой трассы, реализуем фильтрацию так, как будто обрабатывается отметка от истинной трассы. Число трасс

обрабатываемых таким образом растет сообразно с тем, сколько отметок приходится на стробы каждой из сопровождаемых трасс.

6. Для каждой «новой» трассы в пределах каждого строба находим функцию правдоподобия.

7. Далее идет сравнение значения функции правдоподобия с порогом. Есть 2 вида порогов, если значения функции правдоподобия будет больше 1 и 2 порога, то трасса является истинной, если больше 1, но меньше 2, то эта трасса возможно (наблюдение продолжается), если меньше 1 и 2, то трасса будет считаться ложной (сброс трассы).

Типовым приемом, снижающим вычислительные затраты при реализации МНТ-алгоритма можно считать выбор вектора наблюдения в виде декартовых координат цели. При этом статистическая матрица пересчёта вектора состояния в вектор наблюдения оказывается неизменной во времени и не зависящий от взаимного положения цели и позиций локационной системы.

В связи с этим целесообразно исследовать свойства алгоритма МНТ в случае многопозиционной локации для двух видов вектора наблюдаемых — в виде декартовых координат цели и в виде реального наблюдаемых (например, разностей дальности в разностно-дальномерной локации).

Моделирование, разработка и испытание укороченной передающей антенны УКВ-2 диапазона

Аникин Г.С.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

В настоящее время в задачах обеспечения безопасности садоводческих товариществ применяются системы удаленного мониторинга показателей температуры, датчиков огня, дыма, угарного и бытового газов и т.п., которые предполагают передачу этой информации на сторожевой пункт для оперативного контроля. Одним из вариантов решения данной задачи является автономная система, предполагающая непосредственную передачу кодовых посылок на расстояние до 2 км в диапазоне УКВ-2, при этом передача информации осуществляется на частотах между станциями гражданского FM-радиовещания.

Данный диапазон используется в данном случае ввиду хорошей проходимости в условиях зеленых насаждений и застройки, и позволяет на сравнительно низкой мощности (до 100 мВт) обеспечить передачу данных на большое расстояние. Однако хорошие параметры антенны зачастую можно получить лишь при использовании крупногабаритных антенн, что часто является проблемой для тех, кто предполагает устанавливать в своих загородных домах подобную систему.

Предпринимаемые ранее разработчиками системы попытки уменьшить габаритные размеры антенны приводили к тому, что дальность связи значительно снижалась и система становилась ненадежной. Поставленная задача состояла в разработке передающей антенны на диапазон УКВ-2 (частота 100 МГц), габаритные размеры которой были бы минимальны без серьезных потерь в эффективности. Данная задача была решена путём моделирования, благодаря чему была разработана конструкция антенны. Далее, на базе СКБ-4 МАИ была осуществлена сборка прототипа антенны, пригодного для проведения экспериментов как в лабораторных условиях, так и в условиях установки на реальном объекте с учётом климатических факторов. Данный прототип был исследован в безэховой камере, после чего было проведено сравнение соответствия полученных экспериментальных характеристик теоретическим, определенным при моделировании.

Разработка и моделирование алгоритма JPDA вторичной обработки данных для многопозиционной локации

Батищев В.Ю.

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

МАИ, Москва

Неопределённость источника измерения является основной трудностью при слежении за несколькими трассами. При фильтрации каждой из отслеживаемых целей нужно учесть все возможные гипотезы о совместных отождествлениях измерений.

Одним из возможных подходов для решения данной задачи является алгоритм Joint Probabilistic Data Association (Совместное вероятностное отождествление данных)

Чтобы при отождествлении наблюдений и сопровождаемых траекторий (формировании пар «измерение-цель») снизить вычислительные нагрузки, для каждого момента зондирования принято использовать концепцию стробирования.

Отождествление — измерение в алгоритме JPDA происходит за счёт вычисления вероятностей возможных событий о принадлежности наблюдения трассе, с учётом трасс, со стробами которых пересекается строб данной трассы.

В расчете используются матрицы возможных отождествлений. В соответствии с этим, целью работы является реализация следующего алгоритма:

1. Обнаружение отметок — формирование векторов наблюдения на текущем такте зондирования;

2. Экстраполирование оценок векторов состояния (результатов фильтрации) на текущий момент времени наблюдений по всем сопровождаемым траекториям;

3. Формирование стробов по каждой из сопровождаемых траекторий;

4. Пересчет экстраполированных оценок векторов состояния в экстраполированные векторы наблюдения;

5. Расчет невязок между векторами наблюдения и экстраполированными векторами наблюдения, формирование матрицы стоимости (стоимость — Махаланобисова метрика невязки);

6. Формирование матрицы проверки на основе матрицы стоимости путём сравнения стоимости с порогом (по сути, результат стробирования);

7. Формирование списков отметок, «попавших» в соответствующие стробы сопровождаемых траекторий;

8. Формирование кластеров из наборов траекторий, стробы которых пересекаются;

9. Для траекторий, стробы которых не имеют пересечений с другими стробами, дальнейшая обработка выполняется, следуя алгоритму PDA;

10. Для кластеров из наборов траекторий, стробы которых пересекаются, реализуется подход, отличающий алгоритм JPDA от алгоритма PDA.

По сути, и в алгоритме PDA, и в алгоритме JPDA, на момент собственно фильтрации на каждую сопровождаемую цель приходится столько фильтров, сколько отметок попадает в соответствующий строб.

Выходы всех этих фильтров (в пределах каждого строба) суммируются, но каждый со своим весом. Результат суммирования и есть выходное значение фильтра (PDA или JPDA) по соответствующей сопровождаемой траектории.

Отличие JPDA от PDA — в расчете весов в том, что учитывается вероятность принадлежности отметки и соседнему стробу, с которым имеет место пересечение.

Представляет интерес сравнение эффективности сопровождения и вычислительной сложности реализации фильтрации при следующих двух решениях на синтез фильтра в многопозиционной локации:

1. Вектор наблюдения в уравнениях фильтрации — в виде декартовых координат цели;

2. Вектор наблюдения в уравнениях фильтрации — в виде реально наблюдаемых переменных (например, в случае разностно-дальномерной локации — разностей дальностей).

В первом случае привлекательной оказывается простота фильтра и меньшие вычислительные затраты, а во втором случае — большая мотивированность гипотезы нормальности вектора наблюдений.

Направления совершенствования критериев классификации метеоявлений в доплеровских метеорологических РЛС

Бояренко Э.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Васильев О.В.

МГТУ ГА, Москва

Любой полет воздушного судна в настоящее время невозможен без учета состояния условия погоды. Поэтому учет климатических условий очень важен при планировании полетов. Как известно, метеорологические радиолокационные станции (РЛС) являются универсальными средствами наблюдения за погодными явлениями, позволяющими своевременно получать необходимую информацию о характере и локализации атмосферных осадков на местности. При современных методах радиолокационной классификации метеоявлений решение об их опасности принимается на основании комплексных критериев. С развитием метеорологических РЛС происходило и развитие критериев классификации опасных метеоявлений. В большинстве случаев эти критерии зависят от информационных возможностей метеорологических станций.

Первая метеорологическая РЛС была разработана в 60-х годах и представляла собой некогерентный, импульсный, однопараметрический радиолокатор МРЛ-1. Классификация опасных метеоявлений в нем проводилась при помощи измерения радиолокационной отражаемости Z , а также учитывала высоту верхней границы радиоэха. Это давало возможность оценить структуру мощной облачности и осадков, а также позволило произвести оценку высоты, расположения и тенденции развития облаков, что в свою очередь способствовало формированию радиолокационных методов распознавания явлений. В дальнейшем при классификации метеоявлений использовались доплеровские методы радиолокационных наблюдений, которые помимо параметра Z могли измерять радиальную доплеровскую скорость и ширину доплеровского спектра. Это предоставило возможность обнаруживать метеоявления, связанные с ветром (смерч, торнадо). Значительным шагом в развитии метеорологических РЛС и, следовательно, критериев классификации стало внедрение поляризационных методов, которые, помимо традиционных измерений отражаемости, стали учитывать спектральные и поляризационные параметры. Применение данного метода позволило повысить достоверность обнаружения, точность измерения осадков, детальность классификации типов гидрометеоров и фаз осадков [1].

Очевидно, что критерии распознавания различны для разных физико-географических районов, сезонов года, конкретных МРЛ, принятых методик измерения.

Для классификации метеорологических явлений в современных отечественных метеорологических РЛС типа ДМРЛ-С–диапазона и МРЛК-БЗ «Монокль» X-диапазона используются критерии распознавания на основе распределения радиолокационной отражаемости Z и температуры атмосферы по высотам [1,2].

Однако данные доплеровские метеорологические локаторы могут измерять и ветровые характеристики, такие как турбулентность, вертикальный и горизонтальный сдвиги ветра. Причем, в МРЛК БЗ, как и в ДМРЛ-С данные о скорости ветра используются только для классификации смерча. При классификации же довольно часто встречающихся и опасных метеоявлений таких, как ливень, гроза и град информация о ветровых характеристиках не учитывается [3].

Применение теории атмосферной турбулентности позволит существенно облегчить интерпретация доплеровских радиолокационных измерений в кучево-дождевых образованиях, т.к. в большинстве случаев поля скоростей в них являются турбулентными и зависят от фазы их развития. Однако, современных знаний о зависимости характеристик турбулентности этих метеоявлений недостаточно для корректировки критериев принятия решений при их классификации.

Автором были рассмотрены частные случаи характерных значений параметра скорости диссипации турбулентности для синоптических явлений, связанных с кучево-дождевой облачностью. Проведен анализ событий 1576 наблюдений ливней, гроз и града на

территории Тверской области в летний период 2021 г. посредством МРЛК-БЗ X-диапазона (аэродром Орловка, КТА 56.08°41' СШ, 034.59°23' ВД).

Первичный анализ показал, что рассматриваемые случаи высотного распределения отражаемости соответствуют критериям классификации данных метеоявлений для данной МРЛК БЗ [2]. Полученные сведения высотного распределения характеристик турбулентности для ливней, гроз и града, в общем, согласуются с данными, полученными в других исследованиях [3]. Выявлено, что максимальные значения скорости диссипации турбулентности для ливней, гроз и града наблюдаются на высотах 4 км, 10-11 км, 11 км соответственно, а максимальная высота для отражаемости для ливней, гроз и града равна 2 км, 7 км и 8 км.

Полученная, пока неявная, зависимость скорости диссипации турбулентности для рассматриваемых погодных условий требует проведения дополнительных статистических исследований по изучению вертикального профиля турбулентности с учетом географического фактора.

Список использованных источников:

1. Безрукова Н.А., Беликов С.Г., Белякова Т.А. и др. Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. — М: ФГБУ «ГГО» — 2014, 110 с.

2. Специальное программное обеспечение. Автоматизированное рабочее место метеорологического радиолокационного комплекса. Руководство оператора. 643.МАНФ.59901-01 34 01, 2014 г.

3. Feist M. A statistical approach to evaluate the parametrisation of turbulence in convection-permitting models using radar-retrieved eddy dissipation rates: дис. — University of Reading — 2019

Перспективы применения биорадиолокационных средств в пилотируемых космических модулях с применением технологии СШП РЛС

Виноградов М.С., Ковалкина Н.Г., Анциферов И.С.

Научный руководитель — к.т.н. Нелин И.В.

МАИ, Москва

В настоящее время радиолокация применяется в самых различных сферах. Широкое использование она получила в решениях задачи обнаружения человека, а также в сфере медицины. С помощью радиолокационных сигналов можно детектировать человека, в том числе за оптически непрозрачными препятствиями, проводить измерения физиологических показателей организма дистанционными путём, контролировать физическое, а также эмоциональное состояние человека, анализировать психологическое состояние.

Применение биорадиолокации возможно и для таких ситуаций, как контроль состояние человека во время пилотируемого полёта в космическом пространстве. На данный момент существует глобальная стратегия развития космической отрасли: освоение Марса, исследование Луны, зондирование Земли из космоса. Важным вопросом остаётся не только подготовка человека к космическим полетам, но и контроль его состояния во время пилотирования. Применение средств биорадиолокации, так же повысит эффективность определения состояния членов экипажа, так как особенностью всех имеющихся на данный момент устройств контроля и диагностирования состояния экипажа является наличие датчиков, для считывания показаний организма, которые соединяются посредством кабелей с основными блоками системы. Данное обстоятельство не только уменьшает надежность системы, так как присутствуют датчики — как отдельные устройства, а также разъёмные и неразъёмные кабельные соединения, что влияет на точность снятия показаний, но и вносит искажения в получаемые данные, так как присутствует фактор «наблюдателя», который нивелируется при дистанционном зондировании человека.

Диагностика функционального состояния всех членов экипажа может являться методом, исключаяющим человеческий фактор при принятии решений, а дистанционный метод измерений позволяет исключить проблемы, связанные с непосредственным подключением

аппаратов измерения к телу человека: например, незапланированное отсоединение датчика, проблема большого количества проводов при подключении датчиков, увеличенное время для замены оператора и т.п. Таким образом, процесс измерения таких показателей, как электрокардиограмма, а также частота сердечно-сосудистых сокращений, становится более простым и быстрым для самих членов экипажа. Более того, измерения могут проводиться не только планоно, но и во время внештатной ситуации, когда необходимо оценить психофизиологическое состояние человека, чье решение остается решающим. Система, использующая технологию СШП РЛС, может дистанционно измерить показатели и принять решение о предоставлении права управления космическим аппаратом человеку или отдать приоритет действиям автопилота.

Этот вопрос может быть решён с помощью прикладных вопросов биорадиолокации. С помощью СШП радиолокационных сигналов можно проводить измерения дыхания, сердцебиения и на основании полученных данных выносить решение о функциональном состоянии человека. Биорадиолокатор обнаруживает, принимает сигнал, который промодулирован дыханием или сокращением сердечно-сосудистой мышцы. После обработки сигнала система может сделать вывод о состоянии космонавта на основе уже заведомо известных показателей, являющихся нормой для конкретного исследуемого. Так, например, повышенный пульс может свидетельствовать о состоянии повышенной возбуждённости, при котором принятие важных решений не является рациональным.

Таким образом, объединив технологию биорадиолокации в качестве способа получения информации, а также искусственную нейросеть, обученную при помощи записей показателей экипажа при нормальных условиях и данных нормальных реакций в процессе отработки внештатных ситуаций, можно выявлять отклонения показателей во время возникновения необходимости принятия решения на протяжении полета, и автоматизировано расставить приоритеты управления. Также открываются огромные перспективы исследовать влияние космических полетов и состояния невесомости на организм человека.

В работе рассматриваются принципы построения системы проведения измерений, а также способы и методы определения состояния человека и выявления отклонений на основании результатов измерений при использовании данных о нормальном состоянии как при помощи искусственных нейросетей, так и другими методами.

Список использованных источников:

1. Биорадиолокация / [А. В. Абрамов и др.]; под ред. А. С. Бугаева, С. И. Ивашова. — 2-е изд. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 396 стр.
2. Система мониторинга состояния экипажа в пилотируемых космических модулях с применением технологии СШП РЛС / Виноградов М.С., Нелин И.В., ФГБОУ «МАИ (НИУ)», г. Москва, Россия.

Исследование систем охлаждения бортовых РЭС на основе контурных тепловых труб

Гриценко С.М.

Научный руководитель — Кузнецов А.С.

МАИ, Москва

Согласно закону Мура каждые 24 месяца происходит удвоение числа транзисторов на кристалле интегральной схемы. В современной электронной промышленности идет постоянная борьба за увеличение производительности систем для этого производители электронных модулей увеличивают количество транзисторов и уменьшают их размеры, повышают быстродействие и увеличение плотности компоновки, основной проблемой для применения более мощных электронных модулей является проблема обеспечения нормального теплового режима работы. Для применения более мощных электронных модулей необходима более эффективная система охлаждения. Самой эффективной системой охлаждения на сегодняшний день является жидкостная система охлаждения, но применение

данной системы на борту летательного аппарата имеет ряд ограничений, а применение воздушной и принудительно воздушной системы охлаждения не дает необходимого результата. Поэтому необходимо производить модернизацию имеющихся воздушных и принудительно воздушных систем для повышения их эффективности.

В данной работе исследуется возможность повышения эффективности системы принудительного воздушного охлаждения путём применения контурных тепловых труб. В рамках проведения работы были рассмотрены несколько вариантов применения контурных тепловых труб для повышения эффективности системы.

Экспериментальные исследования проводились средствами САПР SolidWorks с использованием расширения FlowSimulation. Объектом исследования являлся полупроводниковый усилитель мощности СВЧ. Исследование тепловых режимов конструкции усилитель мощности СВЧ показало, что применение в системе контурных тепловых труб позволяет снизить температуру источников тепла не менее чем на 15%, а перегрев корпуса модуля не менее чем на 40%, без существенного изменения в конструкции и массе изделия.

Список использованных источников:

1. Улитенко А. И., Гуров В.С., Пушкин В.А., Принципы построения индивидуальных систем охлаждения электронных приборов. — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 274 с.
2. Лукс А.Л., Матвеев А.Г. Анализ основных расчетных и экспериментальных теплофизических характеристик аммиачных тепловых труб повышенной тепловой проводимости из алюминиевых сплавов: Вестник СамГУ №3(62) 2008 — С. 331–357.

Бортовое радиоприемное устройство

Джичоная В.Л.

Научный руководитель — к.т.н. Бруханский А.В.

МАИ, Москва

Целью выполненной работы было построения модели радиоприёмного устройства (приемника) перспективной системы измерений дальности двух летательных аппаратов.

В ходе работы были сформулированы следующие задачи:

- Проанализировать характеристики имеющихся радиоприемных устройств систем взаимных измерений и сформулировать требования на разработку нового приемного устройства;
- Подобрать отечественные радиоэлементы взамен импортных, используемых в существующем варианте приемника;
- Создать программную модель радиоприемного устройства на основе функциональной схемы и выбранных радиоэлементов.

Моделирование сигналов и приемного устройства было выполнено в среде Simulink системы Matlab.

В ходе анализа и сравнения радиоприемных устройств потребовалось увеличить чувствительность перспективного радиоприемного устройства по отношению к радиоприемному устройству предыдущего поколения на несколько порядков. При этом расширился динамический диапазон мощностей входного сигнала. Общий уровень шумов приемника удалось понизить за счет использования перспективного отечественного МШУ. В результате анализа было принято решение увеличить возможность регулирования сигнала в радиоприемном устройстве, добавив аттенуатор с каскадом усилителей. Добавление еще одного каскада УПЧ увеличило усиление всего приемного тракта до 100 дБ. Также были существенно доработаны все элементы схемы приемника. В модели перспективного радиоприемного устройства использовались цифровые эквиваленты отечественных радиокомпонентов.

Моделирование бортового радиоприемного устройства, показало его устойчивость к воздействиям пассивных и активных помех. Создание реального устройства на основе модели возможно и целесообразно. В дальнейшем будет выполнена оптимизация параметров схемы приемника.

Исследование помехоустойчивости алгоритма MUSIC в корреляционном пеленгаторе

Климина И.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Коновалюк М.А.

МАИ, Москва

Основной характеристикой пеленгатора является точность пеленгования. При использовании пеленгаторов в реальных условиях множество факторов оказывает пагубное влияние на результирующую точность работы устройства [1].

В данной работе будет проведено исследование таких алгоритмов, как MUSIC (Multiple Signal Classification — многосигнальная классификация), Root — MUSIC, ESPRIT (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariant Techniques — оценка параметров сигнала с помощью вращательно-инвариантных методов). Данные алгоритмы реализуют спектральное оценивание со сверхразрешением [2]. В алгоритме MUSIC предполагается разложение матрицы ковариации принятого сигнала на собственные значения, после чего производится оценка псевдоспектра, по максимуму которого определяется искомый пеленг [2]. Метод Root — MUSIC разработан на основании принципа нахождения корней полинома. Для нахождения угловых координат используется ортогональность собственных сигнальных и шумовых векторов [3]. Метод ESPRIT позволяет оценивать параметры сигнала за счет использования свойства инвариантности сигнального пространства относительно вращения. Данный алгоритм базируется на том факте, что вектор, определяющий направление прихода сигнала, имеет один и тот же сдвиг на каждом элементе линейной антенной решетки [4].

Кроме классических методов пеленгации существуют их различные вариации, в частности выделяют циклические методы. Данные методы основаны на использовании вместо обычной корреляционной матрицы циклической корреляционной матрицы, элементами которой являются значения циклической корреляционной функции с известной циклической частотой α и фиксированной задержкой τ [5].

Изменение преобработки исходных данных позволяет повысить помехоустойчивость алгоритма по сравнению с классическим вариантом. Данный эффект возникает за счет того, что сигнал и помеха имеют разные циклические частоты, и при настройке на циклическую частоту сигнала можно исключить влияние помехи [6].

В работе используется двухканальный SDR (Software-defined radio — программно определяемая радиосистема) приемник. Пеленгование проводится на частоте 2,4 ГГц. Данная частота соответствует сложному диапазону беспроводных сетей. В данном диапазоне работают как персональные, так и локальные сети беспроводной связи Wi-Fi, различные интерфейсы связи, как, например, Bluetooth.

Эксперимент проводится в аудитории университета. В силу отсутствия полной изоляции от внешних факторов (излучение техники и персональных источников излучения сигналов Wi-Fi диапазона) на SDR приемник оказывается дополнительное воздействие помех. Источником BPSK (Binary phase-shift keying — двоичная фазовая манипуляция) сигнала, направление на который необходимо определить, является роутер. Сигнал помехи, который был заранее записан, излучается генератором ARB (генератор сигналов произвольной формы — Arbitrary Waveform Generator). Сигнал помехи является управляемым. SDR приемник принимает смешанный сигнал от роутера и генератора ARB, передавая данные на управляющий компьютер. Дальнейшая обработка сигнала для определения направления прихода сигнала роутера производится на управляющем компьютере.

По результатам дальнейшего анализа экспериментальных данных удалось пронаблюдать повышение на 10% количества правильных определений пеленга источника для циклического метода по сравнению с классическим методом MUSIC при условии действия мощной помехи на уровне отношения помеха-сигнал не более 4 дБ.

Список использованных источников:

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. — М.: Радиотехника, 2004, — 320 с.

2. T.E. Tuncer, B. Friedlander «Classical and Modern Direction-of-Arrival Estimation», 2009, — с. 429
3. Защита радиолокационных систем от помех. Состояние и тенденции развития/ под ред. А.И. Канащенкова, В.И. Меркулова. — М.: Радиотехника, 2003. — 416 с.
4. Van Trees, H.L. Optimum array processing. Part IV of detection, estimation, and modulation theory / H.L. Van Trees — New York: John Wiley & Sonss Inc., 2002 — 1472 p.
5. A. Gorbunova, A. Denisov, M. Konovalyuk, A. Baev, Y. Kuznetsov, “ Parametric Methods for Cyclostationary Signals DOA Estimation” 2019 European Microwave Conference in Central Europe (EuMCE), Prague, Czech Republic, 13-15 May, pp. 58-61, 2019.
6. S. V. Schell, R. Calabreta, W. A. Gardner and B. G. Agee, “Cyclic MUSIC algorithms for signal-selective direction estimation,” in Proc.IEEE ICASSP, pp. 2278-2281, 1989.

Построение и моделирование конформных антенных решеток с печатным излучателем

Король Д.Г.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Темченко В.С.

МАИ, Москва

На сегодняшний день одним из важных научно-технических направлений является разработка выпуклых антенных решеток, повторяющих форму объекта, на котором они расположены. Эти антенны называются конформными и их используют в спутниковой связи, авиации т.д. Геометрия решетки является одним из важных факторов, влияющих на характеристики излучения антенны. По сравнению с линейными и плоскими антенными решетками, конформные решетки имеют значительные преимущества в охвате луча, использовании пространства конформных элементов антенны, увеличении апертуры антенных решеток и улучшение аэродинамических характеристик. Проектирование, в соответствии с рядом требований к антенной решетке — это довольно сложный процесс, который необходимо выполнить, и в нем присутствуют множество параметров, которые нужно оптимизировать. После выбора типа отдельных излучающих элементов, их количество и расположение должны быть также оптимизированы с учетом формы объекта [2]. Также важной задачей при разработке конформной антенной решетки (КАР) является нахождение оптимального амплитудно-фазового распределения. К сожалению, общие методы синтеза, включая синтез исходной геометрии, не подходят для конформных антенн, так что многие подходы основаны на численной оптимизации. К ним относят такие методы, как генетический алгоритм [1], имитационный отжиг, оптимизация роя частиц и так далее. Но для КАР с тысячами элементов такие методы требуют больших вычислительных затрат.

В качестве основного элемента конформной антенны удобно использовать печатный излучатель, так как он легко принимает форму выпуклой поверхности, дешев в изготовлении и хорошо встраивается в печатные платы. В данной работе рассмотрены основные принципы построения КАР и ее характеристики, проведено численное моделирование КАР и сделаны выводы по полученным результатам.

Список использованных источников:

1. Mitilineos, S. A., Symeonidis, S. K., Mpatsis, I. B., Iliopoulos, D., Kliros, G. S., Savaidis, S. P., & Stathopoulos, N. A. (2013). Conformal Patch Antenna Arrays Design for Onboard Ship Deployment Using Genetic Algorithms. *Advances in Power Electronics*, 2013, 1–5.
2. L. Josefsson and P. Persson, *Conformal Array Antenna Theory and Design*, IEEE Press and John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 2006

Измерение тангенциальной скорости сосредоточенной наземной движущейся цели в РЛС с синтезированием апертуры при поступательном движении фазового центра реальной антенны

Кучмий А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ясенцев Д.А.

МАИ, Москва

Одним из основных режимов функционирования бортовых радиолокационных комплексов является селекция наземных движущихся целей (СНДЦ). Данный режим важен для систем воздушной разведки, предназначенных для обзора подстилающей поверхности, который в настоящее время включает в себя не только определение факта наличия подвижных объектов на радиолокационном изображении (РЛИ), но и определение их истинного положения, а также оценку радиальной и тангенциальной составляющих вектора скорости.

В бортовых РЛС обзора подстилающей поверхности селекция малоразмерных наземных движущихся целей (НДЦ) производится совместно с режимом синтезирования апертуры антенны, который реализуется благодаря длительному когерентному накоплению траекторного сигнала при движении носителя РЛС по заданной траектории, в данном случае при прямолинейном движении. Использование РЛС с синтезированием апертуры антенны (РСА) позволяет повысить разрешающую способность по углу, что приводит к значительному увеличению отношения «сигнал-фон» для наблюдаемых малоразмерных целей, а, следовательно, повышает вероятность их обнаружения.

Одной из наиболее сложных задач в режиме СНДЦ является оценка тангенциальной составляющей вектора скорости НДЦ, сложность которой обусловлена малым изменением фазовой структуры сигнала. Как показывают исследования, значительного изменения формы отклика при ненулевой составляющей вектора тангенциальной скорости цели по сравнению с неподвижной целью не происходит.

В работе описан алгоритм обнаружения НДЦ, двигающихся с тангенциальной скоростью, заключающаяся в разбиении реализации траекторного сигнала на две подапертуры, с их последующей совместной обработкой, которая позволяет получить информацию о направлении вектора тангенциальной скорости и его модуле на основе выделенной разности фаз.

Для оценки эффективности предложенного алгоритма проведены аналитические исследования и математическое моделирование, их результаты, отражающие возможность применения описанной обработки для точечной цели, а также особенности работы данного алгоритма применимо к сосредоточенным целям, представлены в работе.

Обнаружение и определение местоположения подвижных объектов в многопозиционной РЛС малой дальности действия

Митькин М.А.

Научный руководитель — доцент, Каменский И.В.

МАИ, Москва

Рассмотрена задача обнаружения и определения местоположения живых людей при вертикальном зондировании помещения с помощью многопозиционной РЛС малой дальности. Дальность действия РЛС определяется высотой помещения (обычно, не более 10 м), а зондирование происходит через межэтажные перекрытия.

В состав РЛС входят передающие и приемные позиции, которые работают независимо друг от друга. Обнаружение целей и измерение их координат происходит на основе совместной обработки сигналов всех приемных позиций. Отраженные от цели сигналы приёмных каналов представлены в виде набора векторов с комплексными отсчетами в быстрое время (т.е. в течение одного периода зондирования).

В качестве зондирующего сигнала используется сверхширокополосный сигнал со ступенчатой частотной модуляцией (СЧМ), обеспечивающий высокое разрешение по

дальности вплоть до 10 см. Разработан алгоритм формирования двумерных радиолокационных изображений (РЛИ), соответствующих отражениям от объектов на различном горизонтальном уровне. Формирование РЛИ основано на использовании суммарно-дальномерного метода при сжатии СЧМ-сигнала с помощью алгоритма ДПФ. Результаты обработки отраженных сигналов представлены в виде двумерных матриц, соответствующих РЛИ горизонтальных сечений зондируемого помещения от уровня пола до потолка. Шаг формирования таких сечений, выбираемый с учетом размеров целей и сути задачи, составляет значения от 5 до 50 см.

Обработка сигналов компьютерного моделирования на основе разработанного алгоритма позволяет провести выбор наиболее подходящих параметров зондирующего сигнала, геометрии расположения позиций РЛС и параметров алгоритма обработки, обеспечивающих наибольшую информативность РЛИ для решения задач обнаружения и определения местоположения объектов в пределах контролируемого помещения.

Предложенный алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Построение двумерных матриц отраженных сигналов для каждого горизонтального сечения пространства с 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 помеховым выбросам.

3. Пороговая обработка сигналов во всех элементах дальности для обнаружения целей.

Макет радара обеспечивает выбор полосы частот зондирующего сигнала в пределах 1-2 ГГц (значение центральной частоты около 2 ГГц). Число прием-передающих может быть равно 4 или более, максимальная однозначная дальность одной позиции равна 20 м.

Список использованных источников:

1. Moeness G Amin. Through the wall radar imaging. — Boca Raton: CRC Press, 2011.
2. Гаврилов К.Ю., Каменский И.В., Кирдяшкин В.В., Линников О.Н. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. – М.: Радио-техника, 2020.
3. 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.

Разработка программного модуля имитации ФКМ последовательности на основе ПЛИС

Молибиг Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кирдяшкин В.В.

МАИ, Москва

Цифровая обработка сигналов является быстро развивающейся областью техники, обеспечивающей общий прогресс радиолокации. Существует два основных альтернативных способа построения устройств обработки сигналов РЛС, основанных на использовании аналоговой техники и цифровых методах обработки.

По мере развития электроники, более широкое распространение находили программируемые процессоры обработки сигналов и программируемые логические интегральные схемы. Такой подход дает несомненные преимущества:

- Возможность адаптировать, под изменяющиеся условия работы;
- Модернизация устройства за счёт модификации ПО, без изменения аппаратной части;
- Повышение надежности за счет снижения массы и габаритов устройства;
- Простота настройки;
- Во всем диапазоне условий эксплуатации стабильная работа устройства.

Разработано устройство имитации псевдослучайных последовательностей, используемых для синтеза ФКМ сигналов. Устройство имитации позволяет отладить правильную работу устройства, при этом выявив разнообразные ошибки при проведении анализа. Имитатор может использоваться совместно с обработкой реальных сигналов,

которые приходят из эфира. Проведено моделирование схемы имитации псевдослучайной последовательности, чтобы проверить правильность работы при варьировании начальных значений. Все начальные значения были заранее просчитаны для различных входных воздействий, т.е. доказывает, что схема имитации работает верно. При изменении нескольких параметров в разумных пределах, получаем полное соответствие, делая вывод что схема имитации ПСП работает верно и может быть использована в других проектах.

Список использованных источников:

1. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы: Перевод санглийского под ред. В. С. Кельзона. Советское радио, 1971. 568 с.
2. В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие 2-е издание под ред. И.Б. Федорова. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 768 с.
3. Трухачев А.А. Радиолокационные сигналы и их применения: М.: Воениздат, 2005. 320 с.
4. Радиолокационные системы. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Радиотехника, 2015. — 440 с., ил.
5. Ю.С. Лёзин. Введение в теорию радиотехнических систем. — М.: Радио и связь, 1985, — 384 с.
6. Л.Е. Варакин. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М.: Радио и связь, 1985, — 372 с.

Разработка предложений по организации мониторинга технического состояния удаленных объектов средств РТОП и АЭС в Санкт-Петербургском региональном центре

Петров М.А.

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

СПБГУ ГА, Санкт-Петербург

1. Введение

Несмотря на то, что в функции современных аэропортов входит не только обеспечение передвижения воздушных транспортных средств, повышение безопасности полётов является их основной задачей. Для этого оборудование в аэропортах постоянно обновляется и модернизируется, позволяя улучшить точность систем посадки и взлёта самолётов.

Важными элементами в обеспечении безопасности полётов являются объекты средств РТОП (радиотехническое обеспечение полётов) и АЭС (авиационная электросвязь), поэтому необходимо постоянно поддерживать их в исправности и готовности к эксплуатации. Так как многие объекты РТОП и АЭС находятся удалённо и не имеют постоянного эксплуатационного персонала, для надёжной работы аэропорта им необходим постоянный контроль. Одним из способов оптимизации работы Пулково может стать организация системы мониторинга технического состояния удаленных объектов средств РТОП и АЭС в Санкт-Петербургском региональном центре. Целью данной работы является сбор информации мониторинга от всех средств, обработка её в отдельной системе и удобное отображение для сменного инженера службы.

2. Назначение Санкт-Петербургского регионального центра

Санкт-Петербургский региональный центр был запущен в январе 2022 года и стал последним из серии региональных центров, открытых по всей территории Российской Федерации. Данный региональный центр позволил объединить в себе 6 районных центров Единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД): Санкт-Петербургский, Мурманский, Архангельский, Котласский, Вологодский и Сыктывкарский.

Центр обеспечивает аэронавигационное обслуживание эксплуатантов воздушного пространства в Северо-Западном федеральном округе и поддерживает взаимодействие с соседними региональными центрами. Международные маршруты семи государств (Белоруссия, Исландия, Норвегия, Финляндия, Эстония, Латвия, США) проходят через зону

ответственности Санкт-Петербургского регионального центра. Центр обслуживает внутренние и международные воздушные трассы, маршруты зональной навигации..

Работа Санкт-Петербургского регионального центра позволяет:

- Снизить риски по безопасности полетов в регионе
- Установить оптимальную структуру воздушного пространства и оперативное ее изменение
- Комплексно развивать элементы технической инфраструктуры системы ОрВД
- Оптимизировать структуру органов обслуживания воздушного движения
- Уменьшить расходы на эксплуатацию
- Увеличить профессиональный уровень сотрудников оптимизировав методики обучения.

3. Цель и принцип работы центра мониторинга

Центр мониторинга необходим для контроля и управления всеми средствами РТОП и АЭС, используемыми для Санкт-Петербургского регионального центра. Это нужно для получения оперативной информации об их состоянии для целей быстрого реагирования на отказы и неисправности, ухудшения в работе, перераспределения ресурсов в автоматизированных системах УВД (управление воздушным движением), и подключения других источников информации. Информацию от системы мониторинга можно вывести старшему сменному инженеру службы, чтобы оперативно руководить персоналом на объектах, доводить информацию о состоянии диспетчерам, и организовывать устранение отказов и замечаний. Работа центра мониторинга позволит вовремя выявлять недостатки и оценивать состояние объектов РТОП и АЭС, что снизит риски возникновения авиационных происшествий.

4. Заключение

Таким образом центр мониторинга способствует повышению оперативности работы, надёжности и готовности всех средств автоматизации и связи в Санкт-Петербургском региональном центре. Работа центра мониторинга позволит повысить безопасность полётов и эффективность управления воздушным движением в зоне ответственности Санкт-Петербургского регионального центра.

Список использованных источников:

1. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь / С. А. Кудряков, В. К. Кульчицкий, Н. В. Поваренкин [и др.]: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2021. — 299 с. — (Высшее образование: Специалитет). — ISBN 978-5-16-016820-3. DOI 10.12737/1242223.

2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь / С. А. Кудряков, В. К. Кульчицкий, Н. В. Поваренкин [и др.]. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2019. — 167 с. — ISBN 978-5-6041020-5-3.

3. Рубцов, Е. А. Авиационные радиоэлектронные системы и комплексы и основы их применения: Учебное пособие / Е. А. Рубцов, О. М. Шикавко, В. В. Пономарев. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2019. — 141 с. — ISBN 978-5-6043133-5-0.

Антенные решётки спутниковых мобильных телекоммуникационных систем

Поландов А.Л.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Овчинникова Е.В.

МАИ, Москва

В настоящее время не угасает интерес к антенным системам телекоммуникации и спутниковой связи, которые устанавливаются на подвижных объектах, в первую очередь речь идёт о воздушном и наземном транспорте. Заметная доля таких систем функционирует в Ки-диапазоне. Передача информации производится в диапазоне 14,0 ~ 14,5 ГГц, а приём — 12,25 ~ 12,75 ГГц. Кроме того, для создания систем широкополосного доступа (ШПД),

а также увеличения возможностей специальных систем спутниковой связи идет освоение Ка-диапазона.

Цель данной работы — подбор, систематизация и аналитический обзор публикаций, освещающих разработку антенных систем спутниковой связи.

Разнообразие используемых для разработки антенных систем спутниковой связи технических решений, предназначенных для установки на мобильных объектах, предполагает их упорядочивание по способу синтеза антенного полотна, управления поляризацией, структуре фидерной системы и т.д. В данной работе проведен обзор антенных систем спутниковой связи и телевидения, функционирующих в Ku- и Ка-диапазонах [1-4]. Рассмотрены особенности их строения, главные недостатки и достоинства. Упомянуты отдельные излучающие элементы антенных решёток и способы реализации распределительных схем на актуальной элементной базе. Указаны способы синтеза таких антенных систем. Рассмотрены совмещенные и многодиапазонные антенны. Одну из основных ролей при разработке антенных систем играет моделирование [5-7]. Поэтому в данной работе рассмотрены модели, созданные в программах электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ. Таким образом, в данной работе приведен обзор антенн спутниковой связи, который позволяет выявить основные направления развития, такие как миниатюризация, гибкое управление характеристиками для улучшения качества связи, расширение сектора сканирования. Рассмотрены выпуклые антенные решетки, обеспечивающие широкоугольное сканирование [4].

Список использованных источников:

1. Двухдиапазонная микрополосковая антенная решётка системы спутникового телевидения / Ф.В. Винь, Э.В. Гаджиев, О.В. Васильев [и др.] // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. — 2017. — Т. 161. — № 6. — С. 12-16.

2. Широкополосные антенны систем спутникового телевидения / В.В. Фам, С.Г. Кондратьева, П.А. Шмачилин, Э.В. Гаджиев // 27-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2017): Материалы конференции: В 9 томах, Севастополь, 10–16 сентября 2017 года. — Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 2017. — С. 618-622.

3. Двухдиапазонные и широкополосные антенны телекоммуникационных систем / Е.В. Овчинникова, В.В. Фам, С.Г. Кондратьева [и др.] // VII Всероссийские Армандовские чтения. Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн: материалы Всероссийской научной конференции, Муром, 27–29 июня 2017 года. — Муром: Муромский институт (филиал) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 2017. — С. 330-338.

4. Антенные решётки спутниковых мобильных телекоммуникационных систем / Е.В. Овчинникова, Э.В. Гаджиев, С.Г. Кондратьева [и др.] // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. — 2021. — Т. 182. — № 3. — С. 39-54.

5. Исследование характеристик направленности бортовых антенн космических аппаратов на ранней стадии разработки / Е.В. Овчинникова, П.А. Шмачилин, С.Г. Кондратьева, Э.В. Гаджиев // Электросвязь. — 2016. — № 7. — С. 56-59.

6. Гаджиев Э.В. Исследование характеристик направленности бортовых антенн космических аппаратов на ранней стадии разработки путём компьютерного моделирования / Э.В. Гаджиев, Е.В. Овчинникова, П.А. Шмачилин // Гагаринские чтения — 2016: Сборник тезисов докладов XLII Международной научной молодёжной конференции. В 4-х томах, Москва, 12–15 апреля 2016 года. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2016. — С. 509-510.

7. Оценка результатов моделирования бортовых антенн с помощью САПР / Е.В. Овчинникова, П.А. Шмачилин, С.Г. Кондратьева [и др.] // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. — 2018. — Т. 18. — № 4. — С. 896-899.

Беспроводная передача информации внутри аппарата CubeSat

Предеин К.В., Кладенцова В.Н.

Научный руководитель — Рудой И.А.

МАИ, Москва

Беспроводная передача данных представляет собой технологию, позволяющую передавать информацию между двумя и более точками на расстоянии без использования проводных коммуникаций. Этот вид связи может как полностью заменить проводной аналог, так и дополнить его. В большинстве случаев используются радиоволны различных частот, но также применяются оптические, лазерные или инфракрасные системы. В современном мире беспроводная связь пользуется большой популярностью. Таким вниманием она обязана рядом преимуществ: мобильности, простоте использования и независимости от проводов.

В настоящее время растет популярность использования спутников формата CubeSat — малых космических аппаратов с габаритами $10 \times 10 \times 10$ см с массой не более 1,33 кг. Такие параметры описывают базовый размер стандарта 1U. Не смотря на маленькие габариты, CubeSat-ы являются сложными конструкциями, имеющими схожий с большими спутниками спектр возможностей. Эти системы используются для научных, учебных и наблюдательных полетов из-за простоты изготовления и их низкой себестоимости. Более того, их достаточно просто доставить в космос с помощью ракеты-носителя. Они предоставляют возможность эффективно проводить эксперименты, осуществлять испытания и быстро получать данные из космоса [1].

Беспроводная передача данных внутри аппарата имеет несколько преимуществ. Во-первых, в результате исключения проводов уменьшается масса спутника. За счет этого увеличивается допустимая масса полезной нагрузки. Интерфейсное оборудование и разъемы составляют примерно 7-10% массы спутника, половина из которых приходится на провода [2]. Во-вторых, сильно упрощается и ускоряется сборка аппарата и становится возможной частичная или полная замена модулей. Более того, данная технология позволяет избавиться от слабых мест спутника, таких как соединительные элементы кабелей. Это довольно большое преимущество, учитывая суровые условия космической среды, предполагающие механические повреждения вследствие вибрации и ударов во время запуска.

Также беспроводная передача данных имеет некоторые недостатки. Проблемами являются воздействие помех и чувствительность к электромагнитному излучению внутри спутника. Дополнительно нужно учитывать влияние космических лучей.

Существует множество технологий для сокращения использования кабелей. Предпочтение отдается радиочастотной беспроводной связи [3]. Ее преимущество заключается в сравнительно небольшом количестве потребляемой энергии. Кроме того, достоинством является распространенность, надежность и доступность технологии. Также, рассматриваются варианты оптической или инфракрасной связи [4]. Важно достичь наиболее быстрой передачи данных с наименьшими потерями и энергетическими затратами.

Применение новых технологий в космосе осуществляется при полной уверенности в их надежности. Такие требования накладывают определенные ограничения на составляющие аппарат детали. Данная новация должна пройти множество испытаний, учитывающих радиацию, температуру, вакуум, вибрацию и другие факторы воздействия агрессивной космической среды. Перспективой данного проекта является возможность обслуживания спутников на орбите и продление их работы путем замены старых модулей передачи данных на новые.

Список использованных источников:

1. Fortescue P., Stark J., Swinerd G., "Spacecraft Systems Engineering", 3rd Edition. Wiley, 2003.
2. Plummer C., Plancke P., "The spacecraft harness reduction," presented at the DAta Systems In Aerospace Conf. — DASIA (ESA SP-509), Dublin, Ireland, May 13-16, 2002.
3. Kara O., Birkeland R., Zhang L., Kaytaz U., "Future Cubesat swarms pose significant communications challenges." Aerospace Sphere Journal №2(95) 2018.
4. Arruego I., Guerrero H., Rodríguez S., Martínez-Oter J., Jiménez J. J., "OWLS: A ten-year history in optical wireless links for intra-satellite communications." article in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, January 2010.

Алгоритм траекторного управления носителем пассивной радиолокационной станции

Пучиньян Р.П.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Получено выражение, описывающее дисперсию ошибки местоопределения радиоизлучающей цели при ее многократной пеленгации. С его использованием определено значение бортового пеленга цели, при котором достигается минимум дисперсии ошибки местоопределения цели. Методами статистической теории оптимального управления разработан алгоритм траекторного управления летательным аппаратом, оптимальный по критерию минимума локального квадратичного функционала качества Летова-Калмана. Проведен аналитический выбор значения коэффициента штрафа за величину управляющего летательным аппаратом сигнала.

Анализ разработанного алгоритма траекторного управления позволил установить, что его использование приводит к движению летательного аппарата по траектории, близкой спирали Архимеда, шаг которой определяется отношением базы пеленгации к дальности до цели.

Таким образом, разработанный алгоритм траекторного управления ЛА — носителя пассивной радиолокационной станции обеспечивает его движения по криволинейной траектории, минимизирующей среднеквадратическую ошибку местоопределения наблюдаемой радиоизлучающей цели, при ограничениях на величину управляющего бокового ускорения. Для реализации алгоритма на борту ЛА необходимо формировать оценки дальности до цели, скорости сближения с ней, пеленга и угловой скорости цели, а также собственного бокового ускорения. Недостатком алгоритма является существенное увеличение времени сближения с целью, что делает целесообразным его применение для управления ЛА, решающим задачи радиомониторинга в интересах целеуказания средств поражения радиоизлучающих целей.

В интересах сравнительной оценки точности местоопределения радиоизлучающих целей при наведении летательного аппарата с использованием предлагаемого и известных алгоритмов траекторного управления создана имитационная модель процесса наблюдения целей бортовой пассивной радиолокационной станцией в среде компьютерной алгебры «MathCad». В результате подтверждена целесообразность использования предлагаемого алгоритма траекторного управления летательным аппаратом.

Разработка и моделирование устройств распознавания изображений с использованием контурного описания объектов

Рябов А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуков С.Г.

МАИ, Москва

Распознавание образов в области авиации является неотъемлемой частью решения задач разведки, применения боевых средств, навигации, картографии и множества других перспективных задач. Актуальными направлениями применения распознавания образов в области науки и техники являются дистанционное зондирование земной поверхности, ведение фото и видео съемки местности с борта летательного аппарата (ЛА).

В данной работе ставится задача разработки устройства распознавания образов, инвариантного к углу поворота, работа которого осуществляется на основе изображений, полученных способами, изложенными выше.

На основе данной задачи представляет интерес создание программного продукта, использование которого возможно средствами бортовых комплексов ЛА, а также устройствами наземного оборудования.

Устройства распознавания образов находят широкое применение в военной авиации, являясь источником информации о технике противника, ее количестве и местоположении. Данные задачи решаются с помощью обработки оптических и радиолокационных изображений. Существует множество разных способов обработки этих изображений, но не

все способы инвариантны к углу поворота, а это создает проблему для алгоритма распознавания образов, которая как правило решается путем осуществления постепенного поворота цели в плоскости, что значительно увеличивает число математических операций системы в десятки, а то и в сотни раз. Весьма перспективным является использование алгоритма распознавания образов, инвариантного к углу поворота, что позволило бы сравнивать любую цель с эталоном, несмотря на любой угол поворота цели.

Поэтому представляет определённый интерес разработка устройства распознавания образов, инвариантного к углу поворота. Исследованию этой темы и посвящена данная диссертационная работа.

В данной диссертационной работе в качестве поступающей на вход информации — будут использованы оптические и радиолокационные изображения высокого разрешения.

Анализируя современные методы распознавания, можно выделить 3 основных категории методов:

- Корреляционные;
- Методы на основе нейронных сетей;
- Адаптивные (инвариантные);

В рамках данной работы стоит обратить большее внимание на адаптивные методы, так как среди них есть методы инвариантные к углу поворота. В литературе, в том числе в работе Я.А. Фурмана «Введение в контурный анализ», а также в автореферате А.А. Рожнецова «Синтез и анализ систем распознавания изображений групповых точечных объектов с оценкой потенциальной помехоустойчивости» приводится ряд основных современных методов распознавания, обладающих инвариантностью. Приведенные методы обладают различной эффективностью и наличием инвариантностей к различным параметрам. Среди множества методов для исследования был выбран метод контурного описания с последующим применением ДПФ.

Алгоритм компенсации амплитудно-фазовых ошибок в цифровых приемных каналах

Савченко В.Н., Снастин М.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Добычина Е.М.

МАИ, Москва

В последнее десятилетие набирает популярность использование технологии программно-определяемых радиосистем (ПОР) в любительских и профессиональных устройствах телекоммуникации, а также в иных радиотехнических применениях — радиолокации, радионавигации, радиоразведки. В данной технологии, в идеальном случае, вся обработка радиосигнала производится в цифровой форме; в реальных устройствах перед оцифровкой сначала идет аналоговая обработка сигнала, которая включает в себя предварительную фильтрацию, перенос на промежуточную либо нулевую частоту и квадратурное разделение. Для правильного квадратурного представления радиосигнала, амплитуды опорных сигналов должны быть одинаковы, а фазы отличаться ровно на 90 градусов. Из-за нестабильности работы аппаратуры данные условия не соблюдаются и аналоговые квадратурные каналы приема являются несимметричными, что приводит к амплитудно-фазовому разбалансу, который искажает сигнал и ухудшает приемные свойства системы. Простого метода аппаратного симметрирования каналов не существует, поэтому единственным средством достижения максимальной достоверности приема, является программная коррекция квадратурных компонент демодулированного сигнала [1].

В работе предложен метод нахождения и устранения ошибки квадратурного представления, который предполагает приём сигнала на промежуточной частоте и использование математического аппарата, основанного на преобразовании Фурье. Дискретное преобразование Фурье дает правильный результат при условии, что входная последовательность имеет целое количество полных периодов, в противном случае возникает эффект растекания спектра [2]. Из-за случайной отстройки частоты генератора

зондирующего сигнала и опорного генератора ПОР возникает дробная задержка в сигнале, и дальнейшая обработка сигнала может давать существенные ошибки. Для компенсации этой задержки предлагается использование обработки с применением интерполяционного фильтра Фарроу.

Для нахождения амплитудно-фазового разбаланса нужно восстановить аналитический сигнал в синфазном и квадратурном канале путем нахождения квадратуры с помощью преобразования Гильберта, найти разность фаз и отношение амплитуд полученных сигналов, затем произвести усреднение по ансамблю выборок.

Найденные поправки вносятся либо в прошивку блока управления модулем, либо вносятся на этапе пост-обработки.

Если в системе используется несколько приемных каналов, то для устранения различия между ними сначала калибруется каждый из них по описанному ранее алгоритму, далее один из каналов принимается опорным, и относительно него находится фазовая задержка во втором канале.

При использовании комплекса из нескольких модулей ПОР сначала калибруются все приемные каналы в каждом из модулей, далее выбирается по одному из приемных каналов в рассматриваемых модулях в качестве опорного, относительно них определяется амплитудные и фазовые различия между модулями ПОР.

Предложенный алгоритм позволяет найти и компенсировать амплитудно-фазовые ошибки квадратурного представления сигнала как в одноканальных, так и в многоканальных системах, тем самым улучшая качество приема сигнала.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0015.

Список использованных источников:

1. Галкин В.А. Основы программно-конфигурируемого радио. М.: Горячая линия — Телеком, 2013, 372 с.
2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: второе издание. Пер. с англ. М: ООО «Бином-Пресс», 2006, 656 с.

Спутник CubeSat в космической связи

Серегин Н.А., Николаев С.А.

ПГУТИ, Самара

Одной из определяющих характеристик современной эпохи в изучении Вселенной является ее открытый характер. В прошлом этот район был границей, доступной только для двух национальных космических агентств и программ в Соединенных Штатах и СССР. Однако из-за развития новых технологий и снижения затрат на определенные аспекты коммерческий сегмент больше не активен, чтобы предлагать собственные услуги по запуску чего-либо в космос.

В течение многих лет небольшие размеры не были подходящим вариантом для спутниковой индустрии. Строгие требования к радиочастотам устройства для обеспечения желаемого качества обслуживания привели к тому, что пространство устройств связи становится очень сложным и занимает много места в таблице. Типичное время разработки такого устройства составляет около 5 лет, а цена может варьироваться от 100 миллионов до 2 миллиардов долларов. Эти спутники работают в фиксированном диапазоне частот, мощностью около 10 Вт, имеют антенну с высоким коэффициентом усиления и очень точным позиционированием. И, несмотря на то, что существующие спутниковые системы могут быть полностью заменены с помощью небольшой руки, видение и потребности будущих космических миссий начинают меняться. Наряду с увеличением числа малых спутников многие крупные операции становятся дешевле, что делает этот район более доступным.

Появление технологии цифровой обработки сигналов, очень крупномасштабных интегральных схем, микроэлектромеханических систем, а также программируемых систем с низким энергопотреблением привело к уменьшению размеров электронных устройств и их

энергопотребления. Поскольку бортовая электроника уменьшила размеры позиций, они тоже уменьшились на порядок. И, как нетрудно догадаться, уменьшение габаритов и веса, приводящее к снижению стоимости запуска спутника.

Малые спутники делятся на несколько подклассов, наиболее интересным из которых является CubeSat. Ключевая идея, лежащая в основе разработки CubeSat, заключается в уменьшении спутника примерно до размера вторичной полезной нагрузки на ракете-носителе. Это значительно снизит стоимость запуска, что позволит им как разным университетам, так и небольшим коммерческим компаниям, правительственным организациям и даже обычным любителям получить доступ к помещению.

Антенные системы играют ключевую роль в дистанционном управлении и создании канала связи между спутником и Землей. Корреляция между размером и коэффициентом усиления антенны вынуждает разработчиков идти на компромисс между качеством связи и размером антенны, которая будет соответствовать стандарту веса CubeSat. Выполнение этих требований и обеспечение хорошей радиостанции является очень важной задачей для инженеров. Принимая во внимание тот факт, что CubeSats считаются авиакомпанией и на околоземных орбитах и в глубоком космосе, наука и сообщество активно работают над созданием информации, которая отвечает требованиям к передаче данных, скорости и физическим размерам.

Цифровая обработка сигналов для подавления помех в РЛС подповерхностного зондирования

Филимонов Е.Э.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ясенцев Д.А.

МАИ, Москва

В работе исследуется процесс подавления помех в РЛС подповерхностного зондирования. Цель исследования — разработать алгоритм подавления помех, используя сверхширокополосный (СШП) ступенчатый частотно-модулированный сигнал.

СШП сигналы обладают важными преимуществами перед узкополосными сигналами — большей разрешающей способностью и точностью измерения расстояний до целей.

СШП сигналы, позволяющие обеспечить разрешающую способность порядка десятков сантиметров, применяются в подповерхностной радиолокации, так как обладают хорошими показателями обнаружения объектов в плотных средах (например, с хорошей точностью определяют местоположение объекта через стену здания). Данный доклад будет посвящен исследованию вопроса цифровой обработки сигналов и подавлению помех в процессе зондирования подповерхностного радиолокатора малой дальности.

Для исследования процесса подавления помех используется радиолокатор малой дальности. Для проведения моделирования процесса была разработана программа в Matlab, описывающая различные условия, при которых получены радиолокационные данные. Для решения проблемы подавления помех в РЛС подповерхностного зондирования выделены гипотезы появления подобных помех и рассмотрены способы их подавления.

Список использованных источников:

1. Абрамов А.В. «Биорадиолокация», 2-е издание, 2018 г., 396 с.
2. Нечаев С.С., Анисимов С.Ю. «Особенности функционирования комплексов подповерхностного обнаружения объектов с помощью сверхширокополосных сигналов», 2013 г., 6 с.
3. Гаврилов К.Ю., Игонина Ю.В., Линников О.Н., Панявина Н.С. «Оценка разрешающей способности по дальности при использовании сигналов со ступенчатой частотной модуляцией», 2015, 14 с.
4. James D. Taylor «Ultrawideband Radar: Applications and Design», 2012, 536 p.
5. James D. Taylor, Anatoliy Boryszenko, Elen Boryszenko «Signals, Targets and Advanced Ultrawideband Radar Systems», 2016, 476 p.
6. Amin Moeness G «Through-the-Wall Radar Imaging», 2011, 586 p.
7. Ian Opperman, Matti Hamalainen, Jari Linatti «UWB Theory and applications», 2004, 250 p.

Неразъемные соединения деталей из углеграфитовых материалов с керамикой ВК94-2 методом пайки

Баймагамбетова Л.Т.

Научный руководитель — Кириченко Д.И.

АО «НПП «Алмаз», Саратов

Одним из важнейших направлений вакуумной электроники является создание электровакуумных приборов (ЛБВ) космического применения с минимально возможной потребляемой мощностью, для чего требуется высокий КПД 60–65%. В связи с тем, что классические, конструктивные и технологические возможности увеличения КПД ЛБВ практически исчерпаны, наиболее очевидной возможностью его увеличения является уменьшение обратного потока электронов из коллектора (уменьшение коэффициента вторичной электронной эмиссии (КВЭЭ)) за счет применения в качестве токоприемных элементов коллекторов электронов материалов с минимально возможным КВЭЭ. Как известно, к таким материалам относятся различные марки высокоплотных графитов (МПГ-6, МПГ-7, МИГ-2), пиролитический графит (ПГ). Использование углеграфитовых материалов для изготовления ступеней коллекторов вакуумных СВЧ приборов, так как ЛБВ и клистроны, позволит повысить их КПД на 3–5 % [1]. Однако использование углеграфитовых материалов для данных целей сдерживается трудностями реализации прочных соединений с металлическими и керамическими деталями методом пайки, связанными с химической инертностью углеродных материалов к большинству металлов.

В данной работе приведены результаты исследований получения прочных соединений деталей из графитов марки МПГ 7, МИГ 2 и изотропного пиролитического графита (ПГИ) с керамикой ВК94-2 методом пайки.

Металлизация поверхностей деталей из искусственных графитов

Исследования вопросов металлизации и пайки были проведены для трех марок искусственных графитов: МПГ 7, МИГ 2 и пиролитического графита изотропного (ПГИ) с перспективой их использования в качестве материала токоприемных деталей (ступеней) коллекторов электронов для СВЧ приборов, таких как ЛБВ и клистроны. Преимуществом данных материалов, в сравнении с традиционно используемыми для этих целей медью и сплавами МД15 и МД50, является способность выдерживать температуры до 2000°С без изменения физико-химических и механических свойств. ПГИ обладает уникальным свойством — его прочность возрастает при увеличении температуры.

Для улучшения адгезии металлизационного покрытия поверхности углеродных деталей подвергались текстурированию двумя способами: обработкой в концентрированной серной кислоте в течение нескольких секунд и термохимическому травлению пленкой никеля при температуре 1050°С в среде водорода.

В качестве материала металлизационного покрытия в виде тонких пленок были использованы молибден и никель. Перед металлизацией графитовые детали подвергались химической очистке: в фосфатно щелочном растворе с последующей ультразвуковой очистке в ацетоне и сушкой на воздухе. Формирование пленки молибдена толщиной 1.8÷2.0 мкм осуществлялось методом ионно-плазменного напыления. Нанесение пленки никеля толщиной 5÷6 мкм осуществлялось методом гальванического осаждения.

Пайка графитовых деталей с керамикой ВК94-2

Обрабатывалась технология торцевых и цилиндрический графито-керамических спаев припоём ПЗлМ37,5В из фольги диаметром 10,5 мм. Торцевым спаём были соединены графитовые (МПГ 7, МИГ 2 и ПГИ) и керамические стержни диаметрами 10.5 мм и длиной 49 мм.

Торцы соединяемых стержней были металлизированы пленкой молибдена толщиной 1.8÷2.0 мкм. Пайка осуществлялась при температуре $T = 1030^{\circ}\text{C}$ в среде водорода. Время выдержки указанной температуры составляло 1 минуту. Скорость подъема и снижения температуры пайки $V = 15 \pm 20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Прочность торцевых спаев графитов МПГ 7 и МИГ 2 с керамикой ВК94-2 исследовалась на разрывной машине «Импульс Р5». Концы спаянных стержней размещались на металлических конусообразных опорах. Воздействие механической нагрузки

осуществлялось деталью в форме конуса в точке спая. Скорость опускания нагрузки составляла 0.5 мм/мин. На трех исследуемых образцах торцевых спаев произошло разрушение графитовых стержней при усилении 0.35 ± 0.235 кН (36.7 ± 24.0 кг).

Аналогичные испытания прочности торцевого спая были проведены для металлизационного покрытия торцов стержней из МПГ 7, МИГ 2 и ПГИ пленкой никеля толщиной 5 ± 6 мкм с последующим термическим отжигом в водороде при $T=1050^\circ\text{C}$ в течение 5 минут. Торцы графитовых стержней перед никелированием текстурированию в серной кислоте не подвергались. Спаи разрушились по торцам графитовых стержней из МПГ 7 и МИГ 2 при нагрузке 0.16 ± 0.18 кН из-за недостаточной адгезии пленки никеля к поверхностям графитовых стержней всех указанных марок графитов.

Паяные графито-керамические узлы с металлизацией графита Mo и Ni успешно прошли испытания на 30 термоударов в среде азота при температуре 700°C со скоростью изменения температуры $80^\circ\text{C}/\text{мин}$ на установке термоциклирования. После термоударов внешний вид узлов не изменился, трещины и сколы на поверхности и кромках деталей отсутствовали.

Список использованных источников:

1. Ramins P., Curren A.N., Performance of textured carbon in copper electrode multispace depressed collectors with medium power traveling wave tubes. NASA. TP — 2665. November 1986.

Направление №5 Ракетные и космические системы

Секция №5.1 Проектирование, производство и эксплуатация ракетно-космических комплексов

Применение газодинамического охлаждения для термостатирования космического аппарата при наземных испытаниях

Алексеев Е.А.

Научный руководитель — Пациевский А.А.

ПАО «РКК «Энергия», Королёв

Цикл подготовки космического аппарата включает в себя серию испытаний, связанных с работой бортового оборудования в условиях испытательного зала. При невозможности поддержания теплового режима КА бортовыми средствами термостатирования необходимо использование специального наземного оборудования. Для термостатирования КА тепловыделяющее оборудование обдувается холодным воздухом, подаваемым в отсек воздухопроводом системы воздушного термостатирования. При термостатировании беспилотных КА панельного типа применение низконапорных систем значительно затрудняет возможность организовать изменение локального теплоотвода. Использование высоконапорных систем воздушного термостатирования в настоящее время является высокзатратным из-за использования дорогостоящего оборудования и больших эксплуатационных затрат.

В связи с особенностями условий обеспечения теплового режима беспилотных КА панельного типа, при проведении наземных испытаний, возникает необходимость повышения эффективности процессов термостатирования, снижения стоимости испытания и сохранения свойств радиопрозрачности. Для решения данной задачи предлагается использование системы газодинамического термостатирования, состоящей из средненапорной установки подачи воздуха и газодинамической установки распределения термостатирующего воздуха.

В докладе представлена методика аналитического расчета расходных характеристик системы при перпендикулярной подачи воздуха на объект испытаний, приведены результаты верификации методики по серии экспериментов, приведена методика обработки результатов эксперимента (термограмм), приведено сравнение технико-экономических показателей при использовании традиционного подхода и метода газодинамического термостатирования, показывающие эффективность данного подхода.

Список использованных источников:

1. Басов А.А., Быстров А.В., Никонов А.В., Пациевский А.А. Средства распределения и подачи термостатирующего воздуха на поверхность панельного космического аппарата при наземных испытаниях, патент RU 2673213.
2. Басов А.А., Велюханов В.И., Коптелов К.А., Пациевский А.А. Адаптируемый комплекс наземного термостатирования. // Космонавтика и ракетостроение. — 2019г. №5 — С. 49–57.

Оценка проектных параметров демонстрационного КА для увода космического мусора с солнечно-синхронной орбиты

Баранов О.А., Момот Е.Ю.

Научный руководитель — Зарубин Д.С.

МАИ, Москва

В настоящее время рассматривается вопрос о создании посещаемой высокоширотной станции. В качестве одной из задач декларируется обслуживание автоматических КА с использованием средств станции [1]. В данной работе приведена оценка некоторых проектных параметров КА, предназначенного для демонстрации технологии увода с орбиты вышедших из строя, некооперируемых КА с солнечно-синхронной орбиты (ССО) с последующим сгоранием в плотных слоях атмосферы.

Актуальность задачи обусловлена тем, что на ССО функционирует значительное число автоматических КА с задачами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Большинство таких КА размещены на орбитах с высотами 600-700 км, среднюю массу можно определить как ~1000 кг [2].

Изложенное определяет постановку задачи: определить базовые проектные параметры демонстрационного КА, обеспечивающего:

- Старт с борта станции на высоте ~350 км;
- Перелёт к КА-мишени массой до 1000 кг на высоте ~700 км без изменения наклона орбиты;

- Выполнение сближения и стыковки с КА-мишенью;
- Выполнение манёвра увода КА-мишени.

Вопросы доставки на борт посещаемой станции в работе подробно не рассматриваются, в тоже время, на основе анализа доступных примеров решения схожих задач, предполагается, что доставка осуществляется:

- В составе грузового корабля в негерметичном объёме двигательного отсека (аналог — SpaceX);
- С дальнейшим перемещением на борт станции с помощью манипулятора (аналог — ERA);
- С дальнейшим размещением на негерметичной платформе-стапеле (аналог — платформа модуля JEM).

Для оценки проектных параметров такого КА выполнен расчёт требуемого запаса характеристической скорости. В расчёте, с учётом отсутствия требований по изменению наклона орбиты, применена классическая двухимпульсная схема гомановского перехода.

Оценка затрат V_x на переход по маршруту «станция — КА-мишень» составляет: 358 м/с. Оценка потребной массы топлива на увод КА-мишени согласно [3] составляет около 10% от массы КА, то есть ~100 кг.

Примем массовое совершенство КА как 1 к 1.5. Таким образом, можно оценить, что общая масса КА с учётом топлива на все операции составит 281 кг. Таким образом, проектный облик КА предполагает наличие баков для хранения компонентов топлива (~122 л с учётом плотности однокомпонентного топлива — гидразина 10715, кг/м³), исполнительных органов управления (двигательная установка), а также полезной нагрузки, основные блоки которой обеспечивают сближение, стыковку и управление КА, и связи КА-мишень.

Исполнение блоков стыковки (захвата) с мишенью является предметом дальнейшего исследования, в качестве основных рассматривается сетка (аналог — RemoveDebris [4]).

В качестве интерфейса размещения КА в негерметичном объёме грузового корабля и для перемещения с использованием манипулятора рассматривается проект международного стандарта совместимости робототехнических интерфейсов IERIS [5], в том числе: интерфейс стыковки с манипулятором, интерфейс размещения на внешней поверхности станции (он же для размещения в негерметичном отсеке корабля)

Список использованных источников:

1. В.А. Соловьёв, Доклад на XLVI Академических чтениях по космонавтике о развитии пилотируемой российской космонавтики Роскосмос. От первого лица: Владимир Соловьёв о развитии российской пилотируемой космонавтики — Новости — Госкорпорация «Роскосмос» (roscosmos.ru)
2. <https://aboutspacejournal.net/космические-аппараты/искусственный-спутник-земли/малые-спутники/>
3. С.П. Трофимов, Увод малых космических аппаратов с низких околоземных орбит
4. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/removedebris>
5. International External Robotic Interface Interoperability Standards (IERIIS).

Проектирование устойчивого летательного аппарата методом статистического синтеза функции Ляпунова

Бородин И.Д.

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

МАИ, Москва

Исследование устойчивости движения летательных аппаратов (ЛА) является, в настоящее время, актуальной задачей. При разработке новых образцов ЛА являются важными такие вопросы, как устойчивость движения и способы обеспечения необходимой устойчивости. Особую значимость имеют проблемы выбора устойчивых проектных решений к различным факторам неопределенности.

Существует множество методов исследования устойчивости ЛА, но основным методом здесь является метод функции Ляпунова, хотя этот метод не совершенен и имеет ряд недостатков. Самым серьёзным недостатком метода является то, что в общем случае функцию Ляпунова надо «угадывать». Это связано с тем, что функция Ляпунова не связана напрямую со структурными свойствами исследуемой системы. Предложенный в работе метод позволяет обходить данную сложность.

Метод статистического синтеза функции Ляпунова применяется для восстановления функциональных зависимостей по статистическим данным. Статистический синтез основывается на трех базовых элементах: статистической выборке, базисных функциях, статистических критериях. Статистическая выборка состоит из входных, промежуточных и выходных данных. Входными данными являются вектор проектных параметров (d_1, d_2, \dots, d_k) и вектор неконтролируемых факторов ($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$). В качестве промежуточных данных служит характеристическая функция, описывающая те свойства, которые необходимо отразить в восстанавливаемой зависимости. Выходными данными являются критериальные оценки $J(d, \omega)$. За базисную функцию принята квадратичная форма функции Ляпунова. В качестве статистического критерия был выработан новый критерий, отражающий в себе требования устойчивости по Ляпунову, а именно положительность функции Ляпунова и отрицательность производной от функции Ляпунова по времени. Статистическая выборка строится в соответствии с процессом оптимизации критерия.

Разработанный метод апробирован на двух модельных задачах. В первой задаче рассматривалась математическая модель космического аппарата дистанционного зондирования Земли — гидрометеорологический спутник Арктика-М. В качестве неконтролируемых факторов рассматривались лунные возмущения, при этом проектные параметры системы не варьировались. Метод показал устойчивость космического аппарата к заданным неконтролируемым факторам. Во второй задаче рассматривался спускаемый аппарат в атмосфере Марса. В качестве неконтролируемого фактора была принята плотность атмосферы, а в качестве проектного параметра — величина, обратная баллистическому коэффициенту. Было получено оптимальное значение проектного параметра, при котором обеспечивается устойчивость спускаемого аппарата к заданным неконтролируемым факторам.

Таким образом был разработан конструктивный метод статистического синтеза функции Ляпунова для исследования устойчивости ЛА. Выработан статистический критерий устойчивости, по которому формируется функция Ляпунова.

Список использованных источников:

1. Балык В.М. Статистический синтез проектных решений при разработке сложных систем. М.: Изд-во МАИ, 2011.
2. Миронов В.В., Северцев Н.А. Методы анализа устойчивости систем и управляемости движением. М.: Изд-во РУДН, 2002.
3. Балык В.М., Бородин И.Д. Выбор устойчивых проектных решений беспилотного летательного аппарата в условиях действия неконтролируемых факторов. // Точно в цель #4(28) 2021. С. 78-85.

Многоразовая ракета-носитель с системой спасения первой ступени вертолётным подхватом

Гнатюк А.А., Соловьев Г.А.

Научный руководитель — Мельничук В.Н.

МАИ, Москва

С развитием науки и техники появляются новые материалы, совершенствуются технологии, что открывает новые возможности в сфере использования ракетной техники. Сегодня стало возможным создавать эффективные многоразовые средства выведения, имеющие ряд достоинств, перекрывающих не только свои недостатки, но и достоинства существующих одноразовых средств выведения. В результате частично многоразовая ракета-носитель имеет меньшую удельную стоимость выведения полезной нагрузки, позволяет частично ликвидировать зоны отчуждения, а также является более экологичной, в том числе и потому, что отработавшая ступень не падает в зоне отчуждения, а возвращается на комплекс, где с ней проводят межполетное обслуживание. В то же время существует ряд технических проблем, проявляющихся на этапах создания принципиально новой системы, связанных с недостаточной базой накопленных знаний в области разработки многоразовых средств выведения.

Целью данной работы является проектирование варианта частично многоразовой ракеты-носителя среднего класса с системой спасения первой ступени вертолетным подхватом.

В работе сформированы проектные параметры ракеты-носителя, сформирован технический облик системы спасения первой ступени, предложена программа летной эксплуатации и межполетного обслуживания ракеты-носителя. Используются программные средства математического моделирования аэродинамических характеристик ракеты-носителя при снижении в плотных слоях атмосферы. С помощью моделирования определены параметры аэродинамических тормозов и парашютной системы.

Исследование наличия водных ресурсов на поверхности Луны, определение зон расположения и концентрации водного льда в породах

Еремеева Д.А., Бугаец Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Исследования на присутствие воды в различных агрегатных состояниях планируется внутри кратеров, а также на северном и южном полюсах Луны. Данное анализ необходим, так как в перспективе рядом с большими скоплениями будет выгодно строить лунные базы. Используя воду, найденную на Луне возможно будет уменьшить ее поставки с Земли. Стоит определить количество воды и её расположение с целью дальнейшего использования в качестве ресурса для обеспечения жизнедеятельности пилотируемых космических миссий. Луна имеет одну шестую гравитацию Земли, и это делает ее отличной стартовой площадкой для использования в качестве базы для межпланетных перелетов. Лед можно будет

перерабатывать в водород-кислородный пропеллент, который в последствии возможно будет преобразовать в сыре для топлива, используемого в различных межпланетных станциях. Космический аппарат, предназначенный для решения задач исследования Луны, представляет собой автоматический спускаемый космический аппарат — планетоход. Данный аппарат передвигается на поверхности Луны с помощью шести колес. Особенностью подвески является то, что луноход использует схему независимой подвески колес, работающих за счёт электрической двигательной установки. Питание всех модулей будет производиться с помощью солнечных батарей, расположенных на корпусе. Колесная база рассчитана на движение как по твердой, так и по рыхлой почве, что позволит с легкостью проходить скалистые поверхности кратеров и равнины. Каждое колесо будет иметь независимую подвеску и привод, а также сможет двигаться в независимом от других направлении. Данная характеристика позволит повысить проходимость и успешность выполнения задач. Данный аппарат сможет преодолевать уклоны до тридцати градусов и двигаться в любом направлении, не меняя ориентации корпуса. В процессе передвижения космический аппарат будет совершать остановки через определенные промежутки времени и будет производить анализ грунта. Выполненный анализ будет отправляться на Землю с помощью приемно-передающих антенн. И на уже на Земле будет создаваться с учетом всех данных карта поверхности. Различные спектрометры, используемые на аппарате, позволят определить процентное содержание льда, его количество и химический состав. Комплекс различных приборов позволит изучать состав реголита, а также найти и составить карту залежей Гелия-3.

Список использованных источников:

1. Элементы. Новости науки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elementy.ru/novosti_nauki/433492/Na_poverkhno.....
2. Zakon. Соглашение Артемиды: американская модель регулирования добычи ресурсов космоса выходит на орбиту [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://zakon.ru/blog/2020/10/16/soglashenie_artemidy.....
3. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли, Луны и планет. М., «Знание» сер. «Астрономия, космонавтика», 1973, № 2.

Перспективы программы супербыстрой схемы полёта к МКС

Иванова У.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Егоров И.А.

МАИ, Москва

В ноябре 2021 г. начальник отдела баллистики Ракетно-космической корпорации «Энергия» Рафаил Муртазин сообщил ТАСС о получении патента на одновитковый метод полета к МКС. Новая схема позволит транспортным кораблям добираться до станции всего за 2 ч. Одновитковый способ полёта «Прогресса» планируется реализовать в 2023 г. Об этом заявил генеральный конструктор по пилотируемым космическим системам и комплексам — Владимир Соловьёв.

Орбита МКС находится примерно на расстоянии 400 км над поверхностью Земли. Однако космическому кораблю приходится проходить гораздо большее расстояние. При использовании двухвиточной схемы аппарат совершает 34 витка вокруг Земли, во время которых экипаж находится в некомфортных условиях. Данный метод в настоящее время осуществляется грузовыми кораблями «Прогресс». Но уже давно специалисты «Роскосмоса» начали работать над сокращением времени полёта. Так, в 2013 г. космический корабль «Союз» с тремя космонавтами: Павлом Виноградовым, Александром Мисуркиным и Кристофером Кэссиди добрался с Байконура до МКС за 6 ч. по 4-витковой схеме. Предварительные расчеты провели на Земле и сразу после выведения аппарат поднялся на орбиту фазирования. На 4-ом витке корабль уже вышел на автономное сближение со станцией. Однако данная схема оказалась неудобной для экипажа. Позже, в октябре 2020 г., на корабле «Союз МС-17» космонавтам Сергею Рыжикову, Сергею Кудь-Сверчкову и

Кэтлин Рубинс удалось долететь до МКС за рекордные 3 ч. 3 мин. Теперь сразу после отделения от ступени ракеты-носителя космический аппарат получает данные для коррекции траектории по расчетным параметрам выведения. На следующем витке вычисляется точная орбита корабля. К настоящему времени российские аппараты совершили 8 запусков по данной схеме.

Реализация одновиткового полета представляет собой сложную работу по достижению высокой точности. Расширения фазового диапазона можно добиться квазикомпланарным выведением, при котором корабль выводят на орбиту с незначительной разницей с плоскостью орбиты станции. Предполагается оставить без изменений траекторию ракеты во время работы 1-ой и 2-ой ступени. Далее носитель плавно развернут по курсу и выведет на наклонение, которое будет отличаться от наклона МКС на $0,02^{\circ}$ – $0,03^{\circ}$. Когда угол между станцией и кораблем составит 23° , создастся импульс, который приведет через полвитка аппарат в окрестность цели. Именно благодаря такой баллистической схеме будет обеспечена точность сближения с МКС. Рафаил Муртазин объяснил, что использовать 2-х часовую схему ранее было невозможно из-за недостаточно развитых технологий. Но, с появлением цифровых носителей, новых панелей и средств управления, автономной системы навигации, корабль сам определяет точный вектор стояния, задает определенные установки с маневрами для сближения, определяет местоположение со станции, тем самым обеспечивая высокую баллистическую точность.

Одно из главных преимуществ одновитковой схемы — сокращение времени пребывания космонавтов в некомфортных условиях. Также при 2-х часовом сближении корабля с МКС экономятся топливо и другие ресурсы, сокращается расход батареи, облегчается работа спасательных операций в случаях нештатных ситуаций. Другим преимуществом является быстрая доставка на станцию биоматериалов для проведения научных экспериментов и различных исследований. Короткие схемы необходимы и для реализации других космических программ, в том числе лунной. Сверхбыстрые полеты будут доступнее для туристов, так как им станет проще переносить путь к МКС.

Список использованных источников:

1. Антон Новодержкин/ТАСС "Энергия" запатентовала супербыструю схему полета до МКС 07.02.2022 [электронный ресурс] режим доступа URL <https://naked-science.ru/article/cosmonautics/v-rossii-zapatentovali-superbystruyu>

2. Анастасия Баюжева, Юлия Фролова Одновитковая схема полета космических кораблей 05.10.2021 [электронный ресурс] режим доступа URL <https://spec.tass.ru/polet-k-mks/dvukhvitkovaya-skema-sblizheniya>

3. Муртазин Р.Ф. Использование квазикомпланарной орбиты выведения для быстрой доставки космического корабля к орбитальной станции // Космонавтика и ракетостроение 2014 №1(74)

4. РОСКОСМАС Разработана одновитковая схема сближения 26.04.2019 [электронный ресурс] режим доступа URL <https://www.roscosmos.ru/26319/>

Возможные перспективные вычислительные методы отработки газодинамики старта РН космического назначения

Коларов В.С.

Научный руководитель — Бут А.Б.

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.

Создание надежных стартовых комплексов ракет-носителей обеспечивалось системой экспериментальной отработки вопросов газодинамики старта. Содержание этих вопросов весьма обширно, так как взаимодействие струй двигательной установки большой мощности

со стартовой площадкой и расположенными на ней агрегатами приводит к опасным для ракеты-носителя процессам: отражению струй с большой кинетической и тепловой энергией, возникновению волновой и акустической энергии, превышающей по интенсивности воздействия на ракету-носитель таких нагрузок в полете. Поэтому весьма велика опасность возникновения аварийных ситуаций при старте. В то же время необходимо отметить, что аварии при старте имеют существенно более тяжелые последствия в программе проведения космических полетов, чем аварии ракеты-носителя на траектории, и материальные потери при авариях на старте на порядок больше.

Космическая промышленность в наши дни столкнулась с проблемой, заключающейся в необходимости снижения финансовых и материальных затрат на экспериментальные исследования, требующие существенного увеличения роли математического моделирования процессов газодинамики старта одновременно с экспериментальной отработкой, в которой математическое моделирование становится ее составной частью.

Требуется совершенствование системы измерений газодинамических, тепловых и акустических параметров при различных модельных испытаниях, как по компьютерной регистрации, так и по первичным преобразователям (датчикам различного типа).

Объектом исследований в данной работе являются новые принципы расчета математических моделей, возможные способы их применения в ракетно-космической области. Следует понимать, что упомянутые средства не являются конкретным набором решений и действий, направленных на тот, или иной результат и содержит в себе лишь возможные пути применения технических новшеств и достижений науки за последние несколько лет.

Предметом исследования данной работы являются возможные перспективные вычислительные методы обработки газодинамики старта ракет-носителей космического назначения.

Разработка условно-точечного имитатора с диффузно-излучающими источниками для воспроизведения внешних расчетных тепловых нагрузок на космические аппараты

Колинько У.О.

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

МАИ, Москва

В условиях существующего научно-технического прогресса роль применения малых, микро- и нанокосмических аппаратов, которые помогут достичь масштабности, сокращения затрат, а также оперативности получения и доставки информации заказчикам, приняла огромное значение. Благодаря тому, что спрос на малые космические аппараты существует, а у разработчиков не всегда имеется вся материально-техническая база по наземной отработке космических аппаратов. Поэтому необходимо дооснащение имеющихся испытательных стендов различными техническими средствами для имитации внешних воздействующих факторов.

Требования к системам, предназначенным для испытания космических аппаратов, определяются многообразием нагрузок на различных этапах эксплуатации, например, на старте, в процесс выведения, в космическом полете и при спуске на Землю.

Цель данной работы заключается в создании условно-точечного имитатора с диффузно-излучающими источниками для воспроизведения внешних расчетных тепловых нагрузок как на элементы поверхности космического аппарата, так и изделия в целом. Для этого необходимо решить несколько задач. Во-первых, необходимо разработать принципиальную схему диффузно-излучающей системы, обеспечивающую заданные параметры по тепловому потоку для проведения различных тепловых испытаний на разных стадиях экспериментальной отработки изделия. А во-вторых, разработать методическое обеспечение для оптимальной работы инфракрасного имитатора с точки зрения энергетических характеристик и тепловых потоков, обеспечивающих заданную точность воспроизведения расчетных нагрузок.

Исследование схем возвращения ступеней ракет, головных обтекателей, космических аппаратов и грузов

Копица В.А.

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

МАИ, Москва

Проекты многоразовых транспортных космических систем появились еще на заре освоения космического пространства. На сегодняшний день эта тема несколько не потеряла свою актуальность и продолжает развиваться. Снижение стоимости выведения полезной нагрузки на орбиту возможно за счет многоразового использования носителей или их составных частей — этим фактором обусловлен интерес к данному направлению развития космической отрасли. На практике прорабатывались и реализовывались многоразовые транспортные космические системы, например, «Space Shuttle» и «Энергия-Буран», а также частично многоразовые ракеты космического назначения, например, ракеты семейства «Falcon» американской компании «SpaceX».

В работе было изучено множество проектов многоразовых носителей. Для спасения ступеней ракет космического назначения рассматриваются ракетно-динамическая, парашютная и «самолетная» схемы. На основании полученной информации составлена сравнительная таблица всех методов и выявлены преимущества и недостатки каждого из них. Перспективным на сегодняшний день способом возвращения ракетных блоков является метод подхвата вертолетом. Он применяется компанией «Rocket Lab» для возвращения первой ступени ракеты-носителя «Electron», а также рассматривался вариант его реализации в рамках отечественных проектов.

Были изучены методы возвращения крупногабаритных космических грузов с орбиты. Для их спуска из космического пространства на Землю возможно применение подушек безопасности с последующей посадкой на водную поверхность и гиперзвукового щитка. Сложность данного вопроса заключается в создании условий, при которых спускаемый груз будет подвержен нагрузкам, возникающим при преодолении плотных слоев атмосферы, в меньшей мере.

На основании проведенного сравнительного анализа был сделан вывод о том, что все методы спасения многоразовых космических средств эффективны и находят свое применение в конкретных условиях эксплуатации. Такие средства выведения представляют большой интерес для отрасли, поэтому данное направление будет активно развиваться не только в рамках государственных проектов, но в частном секторе.

Список использованных источников:

1. Губанов Б. И. Триумф и трагедия «Энергии». — Нижний Новгород: Изд-во НИЭР, 1998. — 923 с.
2. Сейдагалiev М.К., Генаев Р.В. Система спасения двигателя первой ступени ракет-носителей семейства «Ангара» // Гагаринские чтения. Сборник тезисов. — М.: МАИ, 2018. Т.1. — с. 65.
3. Многоразовый ускоритель «Байкал». — URL: <http://ru.m.wikipedia.org/wiki/Байкал> (дата обращения 16.11.2021).
4. Space Shuttle Solid Rocket Booster Retrieval Ships. — URL: https://www.nasa.gov/centers/kennedy/pdf/167446main_SRBships06.pdf (дата обращения 18.11.2021).
5. Simulation of the Apollo Command Module Uprighting System using LS-DYNA. — URL: https://airborne-sys.com/wp-content/uploads/2016/10/aiaa-2011-2591-simulation_of_the_apollo_.pdf (дата обращения 10.10.2021).
6. The case for explicit finite element analysis of fabric system, a presentation of real world applications. — URL: https://airborne-sys.com/wp-content/uploads/2016/10/aiaa-2001-2002_the_case_for_explicit_fin.pdf (дата обращения 21.10.2021).
7. Falcon-9. — URL: <https://www.spacex.com> (Дата обращения 07.01.2021)

Оптимизация посадочной траектории спускаемого аппарата на безатмосферное небесное тело

Котов Л.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ельников Р.В.

МАИ, Москва

В работе рассматривается задача оптимизации траектории спуска космического аппарата на небесное тело, не имеющее атмосферы. Отсутствие у небесного тела атмосферы налагает ряд особенностей на посадочную траекторию аппарата. В отличие от посадки в атмосфере планет, где орбитальная скорость снижается за счёт аэродинамического торможения, в рассматриваемом случае уменьшение кинетической энергии летательного аппарата достигается при помощи торможения за счёт жидкостной ракетной двигательной установки (ЖРДУ).

Предполагается, что автоматическая межпланетная станция (АМС), в состав которой входит спускаемый аппарат (СА), находится в окрестности небесного тела, на круговой орбите высотой H_0 . Происходит разделение СА и АМС, после которого СА отходит на безопасное расстояние от АМС и производит требуемую ориентацию. В некоторый момент времени t_0 происходит включение двигательной установки (ДУ) СА, которая обеспечивает спуск и торможение СА. Конечная точка траектории фиксируется высотой зависания H_k . На данной высоте производится обнуление скорости СА.

Оптимизация управления на посадочной траектории СА с ЖРДУ осуществляется с использованием принципа максимума Понтрягина [1]. В качестве критерия оптимальности управления рассматривается масса рабочего топлива ДУ, которая минимизируется. Управлением является программа угла тангажа СА, определяющая ориентацию вектора тяги ДУ на активных участках (предполагается, что вектор тяги направлен по продольной оси СА), а также программа включения и выключения ДУ.

Вопрос посадки на безатмосферное небесное тело рассматривается в работах [2-4]. В работе [2] показано, что для оптимального, с точки зрения расхода топлива, торможения СА, требуется не более двух включений максимальной тяги ДУ. В отличие от работ [2-4], в которых точкой начала спуска является перигеум эллиптической переходной орбиты, в текущей работе рассматривается посадка с началом в произвольной точке круговой орбиты.

В работе представлены характеристики пяти оптимальных посадочных траекторий на Ганимед (спутник Юпитера), характеризующихся различными длительностями транспортной операции посадки $t_1 = 1200$ с, $t_2 = 1400$ с, $t_3 = 1600$ с, $t_4 = 1800$ с, $t_5 = 2000$ с.

Список использованных источников:

1. Понтрягин Л. С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1976.
2. Баллистика и наведение летательных аппаратов / Ю. Г. Сихарулидзе. — 2-е изд. (эл.). — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 407 с.: ил.
3. Лихачев В.Н., Сихарулидзе Ю.Г., Федотов В.П. Заключительные этапы торможения и методика расчета параметров управления движением КА, 19 совершающего мягкую посадку на Луну // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2013. №.1(70). С 3-10.
4. Хуан Ичун, Оптимальное управление маневром лунного аппарата на выбранную точку мягкой посадки между зависаниями // Труды МАИ, вып №90.

Анализ способов очистки внутренних полостей трубопроводных систем и методов интенсификации удаления загрязнений в системах заправки и термостатирования стартовых ракетных комплексов

Крылов П.В.

Научный руководитель — к.т.н. Калужный В.А.

Филиал АО «ЦЭНКИ» — НИИ СК, Москва

Трубопроводные системы находят широкое применение во многих системах стартового комплекса, поэтому уделяется большое внимание повышению качества и эффективности их производства. Особые требования в связи с этим предъявляются к чистоте внутренних полостей систем перед началом эксплуатации.

Средствами достижения требуемой чистоты внутренних полостей служат разнообразные способы послемонтажной очистки трубопроводных систем.

В объектах с наиболее жесткими требованиями к чистоте внутренних поверхностей (например, оборудование ядерных энергетических установок) применяются способы послемонтажной промывки трубопроводов с использованием различных, как правило, дорогостоящих и токсичных моющих реагентов (таких как лимонная кислота, трилон «Б», фреон R-134, фреон R-142 и т.д.).

Большой объем промываемых емкостей, отсутствие теоретических источников выбора оптимальных режимов промывки, большая длительность цикла промывки приводят к большим трудозатратам по очистке систем, перерасходу моющих реагентов. Кроме того, в процессе очистки возникает ряд экологических проблем, связанных с выделением различных веществ, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

Применение в большинстве случаев промывки по незамкнутому контуру создает дополнительные трудности по поддержанию в объекте оптимального режима промывки, исключает возможность регенерации и повторного использования реагентов, а также вызывает необходимость утилизации высокотоксичных стоков.

Сложность выбора наиболее перспективных способов промывки и методов ее интенсификации обусловлена большим разнообразием промываемых объектов и способов самой промывки. В данной работе отмечены способы очистки трубопроводных систем и методы ее интенсификации, наиболее часто применяемые в настоящее время.

Назначение промывки сводится к следующему:

1. Окончательная очистка внутренних полостей оборудования;

2. Осуществление контроля чистоты внутренних поверхностей оборудования по составу промывочной смеси на выходе из объекта.

Выделяются основные способы промывки: гидродинамическая; химическая; электрохимическая и двухфазной средой.

К вопросу динамики мультироторного летательного аппарата для исследования Венеры: режим авторотации

Кузин М.А., Яценко М.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Венера, как известно, «сестра Земли», является планетой земной группы. Такая схожесть с нашей планетой привлекает ученых. Однако иногда звучит мысль о том, что зачем нам заниматься исследованием Венеры, это же так далеко. А это имеет практическое значение для нашей планеты и для всех ее жителей, для России тоже. Практическое значение заключается в изучении тех процессов, которые происходят во Вселенной, а именно процессы зарождения и развития Солнечной системы, в том числе и нашей планеты Земля. И с этим связано много других фундаментальных и прикладных исследований и возможных открытий.

Изучение планет Солнечной системы возможно осуществить в том числе посредством технических средств для контактного исследования. Мультироторный летательный аппарат (МРЛА) предлагается в качестве такого технического средства исследования атмосферы и поверхности планеты Венера.

Одним из элементов выполнения траекторных операций технического средства является движение в атмосфере. В работе авторами рассматривается движение МРЛА в режиме авторотации.

Авторотация, или самовращение винтов — это создание подъемной силы за счёт раскручивания винта в мультироторном летательном аппарате. Винт раскручивается благодаря изменению угла атаки без использования двигателя. Далее, ещё раз меняется угол атаки винта и из-за приобретенной кинетической энергии. Это более эффективно может работать в нижних слоях атмосферы, так как винт успевает набрать необходимую

кинетическую энергию за счёт высоких значений плотности атмосферы Венеры (при движении к поверхности планеты плотность ее атмосферы увеличивается).

В ходе исследования было проведен анализ различных факторов, особенностей и параметров атмосферы планеты Венера на разных эшелонах высот. Также были проведены исследования возможности использования режима авторотации и его эффективности в этих эшелонах.

В дополнение к основным задачам применения режима авторотации предложен факультативный вариант: подзарядка аккумуляторных батарей при движении в режиме авторотации. В этом случае при спуске МРЛА происходит выработка электроэнергии за счет привода генератора от авторотирующих винтов, и таким образом осуществляется подзарядка аккумуляторных батарей.

Список использованных источников:

1. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. Концепция исследования Венеры с помощью мультироторного летательного аппарата // Сборник избранных научных докладов по итогам XLVI Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения» — М.: МАИ, 2020. — С. 311–321.
2. Справочник авиационного инженера / Под общ. ред. В. Г. Александрова. — М.: Транспорт, 1973. — 400 с.

Топологическая оптимизация несущей поверхности малого удлинения

Куприянова Я.А.

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

МАИ, Москва

Благодаря появлению в машиностроении нового метода создания конструкций — аддитивных технологий — стало возможным изготавливать сверхлегкие изделия без строгих ограничений к их геометрическим характеристикам [1]. На данный момент аддитивным технологиям уже находят применение в авиастроении, создавая облегченные малогабаритные детали [2]. В связи с внедрением 3D-печати в производство возникает необходимость в разработке методик оптимизации элементов беспилотных летательных аппаратов для их дальнейшего изготовления аддитивными методами. Возможным решением этой задачи может быть разработка методики топологической оптимизации конструкции с учетом действующих на нее эксплуатационных нагрузок.

В качестве объекта исследования выбрана несущая поверхность малого удлинения, состоящая из подкрепленной панели и обшивки. Была построена и аппроксимирована модель крыла с дальнейшим анализом действующей на нее максимальной эксплуатационной нагрузки. С помощью пакета программ ANSYS Topology Optimization проводилась топологическая оптимизация конструкции крыла за исключением ее внешних поверхностей и узлов стыковки к корпусу летательного аппарата. В результате оптимизации был получен оптимальный вариант конструктивно-силовой схемы несущей поверхности. Далее были проведены верификация полученной конструкции и сравнение оптимизированной несущей поверхности с первоначальным вариантом, изготовленным штамповкой. Анализ результатов показал, что применение разработанной методики топологической оптимизации позволило снизить массу несущей поверхности без потери ее прочностных характеристик.

Список использованных источников:

1. Комаров, В.А. Проектирование силовых аддитивных конструкций: теоретические основы / В.А. Комаров // Онтология проектирования. — 2017. — Т. 7, №2(24). — С. 191–206.
2. Шегидевич, А. Роль аддитивных технологий в авиации / А. Шегидевич, А. Жукова, А. Заико // Наука и инновации. — 2019. — № 9. — С. 29–34.

Анализ использования плазменных двигателей в космической технике

Литвинович Н.В.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

Несколько десятилетий ракеты оснащают двигателями, работающими на жидком и твердом химическом топливе, однако существует ряд проблем и задач, с которыми данный вид двигателей не справляется. Целью данной работы является анализ плазменных двигателей и их использования в космической технике.

Предлагаются два направления, решением актуальных задач которых могут стать плазменные двигатели:

1) Двигатели для микро- и наноспутников. Малые космические аппараты стали активно использоваться в связи со стандартизацией их размеров и доступностью. Такие спутники удобно и легко устанавливать в качестве попутной нагрузки на ракете. У данных аппаратов существует проблема: их запуск на орбиту осуществляется единым габаритным носителем при последующем сбрасывании в одном месте, для работы же их необходимо равномерно распределить. На сегодняшний день используется метод распределения путем неравномерности скорости движения на стартовом этапе. Данный метод обладает существенным недостатком- любое замедление спутника заставляет аппарат сходить с орбиты, в итоге спутники быстро сгорают в плотных слоях атмосферы. Решением данной ситуации является установка миниатюрного двигателя на спутник, однако существующие двигатели предназначены для работы на больших космических аппаратах, поскольку являются слишком энергоёмкими. ЖРД для таких спутников запрещены в целях безопасности старта. Для решения данной проблемы предлагается использовать электростатический плазменный двигатель, работающий на основе эффекта Холла, и стационарный плазменный двигатель, использующий электрическую энергию для ионизации газа и увеличения скорости истечения плазмы из сопла.

2) Высокомощные двигатели для больших орбитальных маневров и полетов к другим телам Солнечной системы. Двигатели, работающие на химическом топливе, создают реактивную тягу с помощью термодинамического расширения газа. Однако, существуют миссии, требующие куда большего приращения скорости, из-за чего возникает необходимость использования альтернативного двигателя, работа которого будет иметь более высокую скорость удельного импульса. Также немалой проблемой традиционных ракетных двигателей является большой вес горючего, сгорающего ещё до выхода на орбиту, из-за чего космический аппарат передвигается в космосе исключительно за счет инерции. Такие двигатели дорогостоящие и неэффективные для дальних полетов. Для исследования дальнего космоса предлагается использовать плазменные двигатели. Таким образом, магнитоплазгодинамический двигатель, в котором тяга образуется в результате взаимодействия магнитного поля и породившего его электрического тока, и электротермический плазменный двигатель, использующий для создания плазмы электромагнитные поля, приводящие к повышению температуры топлива, могут компенсировать вышеописанные недостатки использования химических двигателей, т.к. они имеют высокий удельный импульс и малый массовый расход рабочего тела.

В работе был проведен анализ характеристик плазменных двигателей, на основе их преимуществ и достоинств в использовании выделены перспективные направления, в которых они могут стать решением ряда проблем, а также более безопасной и недорогостоящей альтернативой традиционным двигателям в недалеком будущем.

Список использованных источников:

1. «Термояд и космос» В.А. Жильцов, В.М. Кулыгин, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия.
2. Горшков О.А. «Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов».
3. Эдгар Чуэйри. Новый рассвет электрических ракет // «В мире науки», № 5, 2009 год, стр. 34-42. Оригинал: Choueiri, Edgar Y. (2009) New dawn of electric rocket Scientific American.

Ракета-носитель измерительного оборудования «РН-Д3»

Мальцева О.А., Власенко Е.А., Карасев Б.С.

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

Ракета-носитель измерительного оборудования «РН-Д3» (далее — РНИО «РН-Д3») является многоразовой сверхлёгкой неуправляемой твёрдотопливной одноступенчатой ракетой вертикального старта, которая предназначена для выведения атмосферных зондов массой до 1 кг на высоту до 2,5 км [1].

Данная ракета-носитель спроектирована с учетом проведенного анализа испытательных пусков предыдущих образцов данной модели — «РН-Д1» и «РН-Д2».

РНИО имеет блочно-модульную конструкцию. Для реализации статической устойчивости во время всего полёта выбрана схема ракеты «с хвостовыми стабилизаторами».

Ракета-носитель состоит из трёх отсеков — отсека полезной нагрузки, отсека электроники, хвостовой отсека.

Отсек полезной нагрузки представляет из себя углепластиковую корпусную трубу, внутри которой располагается атмосферный зонд. Зонд устанавливается на специальный пыж, который предназначен для выталкивания полезной нагрузки (ПН). Под пыжом находится стакан с пороховым зарядом, обеспечивающий отстрел ПН на заданной высоте. Над полезной нагрузкой укладывается система спасения РНИО и ПН. В качестве системы спасения ракеты используется парашют. Над парашютом располагается головной обтекатель (ГО).

Обтекатель держится в корпусной трубе на силе трения. Во время отстрела ПН свободно отделяется от трубы, не мешая выходу атмосферного зонда. ГО прикреплен к системе спасения ракеты-носителя с помощью стального троса. В обтекателе установлена трубка Пито, данные с которой передаются с помощью шлейфа, идущего по корпусу ракеты к отсеку электроники.

Отсек полезной нагрузки соединён с отсеком электроники по средствам байонетного соединения. Снаружи детали располагается ряд углублений, предназначенных для установки антенн и датчиков. Отсек предназначен для установки в него полётной аппаратуры. Данный элемент конструкции изготавливается на 3D-принтере по аддитивной FDM технологии с использованием пластика — нейлона, усиленного волокнами карбона.

Хвостовой отсек также представляет из себя углепластиковую трубу. В данном отсеке располагаются точки крепления системы спасения, двигательной установки и хвостовых стабилизаторов.

Система спасения, как было сказано выше, представляет из себя парашют. Парашют с помощью стальных тросов и набора крепежей прикрепляется к хвостовому отсеку. Основной трос располагается снаружи корпуса. К нему прикреплен дополнительный трос для головного обтекателя.

В качестве двигателя выбран твёрдотопливный ракетный двигатель РДК-2000 производства компании Real Rockets [2]. К двигателю прикрепляется специальная система для его центровки в корпусе ракеты. Внутри отсека установлена ответная деталь для данной системы. По внутреннему диаметру корпуса приклеены резиновые кольца, также предназначенные для центровки двигателя и закреплении его в корпусе. Снизу двигатель закрепляется нижним обтекателем.

Хвостовые стабилизаторы крепятся к корпусу при помощи специальных креплений, которые, в свою очередь, отдельно прикреплены к корпусу. Стабилизаторы имеют стреловидность по передней кромке. Геометрическая форма профиля стабилизаторов выполнена со скруглениями рёбер.

Данная ракета-носитель спроектирована с учетом недостатков предыдущих конструкций. На данный момент проект находится на стадии макетирования и подготовки к тестовым запускам.

Список использованных источников:

1. О. А. Мальцева, В. Э. Юденков, О. И. Голованских, А. Ф. Митько Модернизация ракетного носителя измерительного оборудования // Молодежь. Техника. Космос: труды тринадцатой общерос. молодежн. науч.-техн. конф. В 2 т. Т. 1. / Балт. гос. техн. ун-т. — СПб., 2021. — 372 с.
2. Real Rockets [Электронный ресурс] // <http://real-rockets.ru/> (дата обращения: 13.12.2021).

Изучение экономической целесообразности создания конверсионной ракеты космического назначения легкого класса на основе существующих твердотопливных ступеней ракет

Махов А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шаповалов Р.В.

МАИ, Москва

В настоящее время активно идет работа над уменьшением масса-габаритных характеристик выводимых на орбиту космических аппаратов. Вследствие данного факта применение ракет-носителей легкого класса становится все более актуальным. Возможность использования в качестве составных частей ракет-носителей существующие твердотопливные ступени ракет имеет ряд преимуществ.

Целью исследования является оценка экономической целесообразности создания конверсионной программы по использованию твердотопливных ступеней ракет в качестве составных частей ракеты космического назначения легкого класса.

В процессе исследования в качестве малых космических аппаратов рассматривались спутники формата «Cubesat». Было выявлено, что рассматриваемая ракета космического назначения способна к выведению максимум семи спутников данного формата, при условии конструкторской доработки отсека полезной нагрузки третьей ступени.

Была построена модель, отражающая стоимость производства рассматриваемой ракеты космического назначения в зависимости от количества произведенных экземпляров. На основе данной модели рассчитана стоимость пуска рассматриваемой ракеты космического назначения, составляющая не более 3,25 млн. руб.

Проведен анализ максимального количества пусков рассматриваемой ракеты космического назначения в год, при условии времени производства ракеты — один месяц. Выявлена возможность увеличения предполагаемого числа запусков и уменьшения их стоимости на 35% путем использования произведенных на данный момент первой и второй ступеней.

Проведен сравнительный анализ стоимости выведения на орбиту одной тонны полезной нагрузки рассматриваемой ракеты космического назначения и существующих ракет космического назначения разных классов.

Результаты, полученные в процессе проведения исследования, позволяют оценить экономическую эффективность ракет космического назначения, использующих ракетные двигатели твердого топлива в качестве двигательной установки, в современных реалиях.

Список использованных источников:

1. Космодемьянский Е.В., Кириченко А.С., Ключин Д.И., и др. Инновационный формат организации миссий по выведению малых космических аппаратов.// Труды МАИ. — 2014. — № 74.
2. Кашин Б.А., Смагин Ю.В., Калмыков А.Н. Конверсия ракет. М.: Инновационное машиностроение, 2017, 119 с.
3. Пряничников Р.А., Горбунова И.А. Сравнительный анализ стоимости запусков ракетносителей.// Наука без границ — 2017. — № 7 (12).
4. Прокопьев В.Ю, Кусь О.Н., Оссовский А.В. Малые космические аппараты стандарта CubeSat. Современные средства выведения.// Вестник науки Сибири. — 2014. — № 2 (12).

5. Бадиков Г.А., Болотских А.А., Здоровец С.А. Моделирование затрат на запуск ракет-носителей при изменении инфляции. Гуманитарный вестник — 2018. — № 12.

6. <https://www.roscosmos.ru> — официальный сайт государственной корпорации «Роскосмос».

Исследование возможности создания полностью автоматизированного космодрома в современных условиях

Мишин Е.В.

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

МАИ, Москва

В современном мире во многих технологически развитых отраслях производства идет тенденция по автоматизации как можно большего количества процессов для повышения скорости, качества и точности создания и сборки изделий, а также снижения экономических и временных затрат. На космодромах сегодня большинство процессов выполняются человеком или под прямым управлением человека. Объяснить это можно слабым спросом на пусковые услуги в силу их очень высокой стоимости. Из-за этого вопрос по автоматизации процессов при сборке ракеты не стоит остро на данный момент. Однако, исходя из современных тенденций по развитию орбитальных группировок на околоземных орбитах, текущий вопрос может стать актуальным, т.к. потребуется более частое проведение пусков для поддержания систем в рабочем состоянии.

Среди всех процессов, для улучшения выделяются процессы модернизации оборудования перегрузки составных частей на техническом комплексе, применение лазерных технологий для автоматизации процессов сборки ракетных блоков, а именно ориентации блоков относительно друг друга. В качестве оборудования предлагается применение лазерного трекера, который работает по принципу наведения лазерного луча на отражатель, закрепленный на ракетном блоке, и тем самым находя его координаты в пространстве. Также предлагается провести замену транспортных тележек на рельсовой базе на транспортные тележки на колесной базе, которые смогут повысить мобильность при перемещении блоков из одного корпуса в другой, и в качестве варианта оборудования предлагается роботизированная транспортная тележка, которая имеет возможность разворота на месте и управление с дистанционного пульта одним человеком. При этом реализация данного варианта транспортной тележки позволит провести унификацию применяемых сегодня транспортных тележек, ступеней и т.д. на один вид оборудования.

Список использованных источников:

1. Интернет-сайт — URL: <https://bit.ly/3tklJ9J> (дата обращения: 10.12.2021 г.);
2. Интернет-сайт — URL: <https://bit.ly/3MgSwVy> (дата обращения: 10.12.2021 г.);
3. Интернет-сайт — URL: <https://bit.ly/3szn6BW> (дата обращения: 10.12.2021 г.);
4. Интернет-сайт — URL: <https://bit.ly/35gIFia> (дата обращения: 10.12.2021 г.);
5. Интернет-сайт — URL: <https://bit.ly/3HrWill> (дата обращения: 15.12.2021 г.).

Оценка проектных параметров КА малой размерности для отработки отдельных научно-технических решений по Луне

Момот Е.Ю., Баранов О.А.

Научный руководитель — Коробовский А.В.

МАИ, Москва

На фоне успеха программы МКС и полученных новых знаний по результатам автоматических миссий изменились требования к современным программам исследования и освоения Луны. Если раньше ставились разовые миссии и задачи однократного пребывания на Луне, то сегодня космические программы ставят цель устойчивого присутствия и создания инфраструктуры на орбите и поверхности спутника Земли [1]. К перспективным решениям для задач по Луне в их современной постановке можно отнести задачи:

• Энергоэффективные траектория перелёта к Луне «обходного типа», которые обеспечивают снижение затрат V_x на торможение у Луны от 25% до 95% (в зависимости от выбора целевой окололунной орбиты) [2,3];

• Навигационное обеспечение на основе приёма сигнала околоземных ГНСС [4]

В работе проведена оценка проектных параметров малого лунного КА, целью которого является отработка и демонстрация указанных решений в области баллистики и навигационного обеспечения лунных миссий.

Малая размерность КА предполагает его доставку на траекторию перелёта к Луне (TLI trans lunar injection) в качестве попутной полезной нагрузки (ПН). Размещение КА возможно в переходном отсеке, либо на ферме между основной ПН и разгонным блоком, который обеспечивает импульс $V_x \sim 3200$ м/с для перехода на траекторию перелёта к Луне.

В первую очередь, КА не должен влиять на основную миссию. В этой связи должно быть обеспечено:

• Отсутствие воздействия со стороны КА на функционирование и схему миссии основной ПН;

• Соответствие документам по требованиям и контролю интерфейсов ICD (interface control document) и IRD (interface requirement document), представляемые разработчиком РКК / основной ПН;

Разделение КА с РБ выполняется после выхода основной ПН на траекторию перелёта к Луне. Последующие динамические операции КА выполняет самостоятельно.

В качестве схемы перелёта в работе рассматривается траектория обходного типа WSB [5] с выполнением гравитационного маневра у Луны с последующим отлётом от Луны на расстояние примерно 1 млн км, с последующим возвращением к Луне и выходом на около прямолинейную гало орбиту (NRHO). Переселений проходит над областью Южного полюса Луны на расстоянии около 1500 км от поверхности [2].

Анализ источников показывает, что суммарные затраты V_x на перелёт по участку TLI-NRHO не превысят 50 м/с. Масса КА может быть различной, но оценки показывают, что не превысят 250 кг. При использовании однокомпонентного топлива (гидразин) с учётом резерва, характерного для начального этапа разработки примерно 30%, масса топлива составит 40,3 кг.

С учётом условий внешних воздействий «открытого космоса» и для обеспечения возможности использования ЭКБ категории «MIL» и «Industry» для удешевления КА, а также с учётом демонстрационных задач миссии, предполагается ограничить срок эксплуатации КА 1,5 годами.

Используя наземные средства и существующие аппаратуры спутниковой навигации по сигналам околоземных ГНСС, предполагается определять вектор состояния КА [3]. Для обеспечения приёма сигнала ГНСС при нахождении у Луны с учётом квадратичного падения мощности предполагается использовать антенну с достаточным коэффициентом усиления порядка 25 дБ и диаметр около 1,5 м [4].

Таким образом, представляется возможным создание малого КА для отработки технологических решений по Луне. С целью снижения организационных издержек разработку представляется целесообразным ввести по требованиям НА-18.

Список использованных 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, (PDF) Prospects for using near-Earth GNSS as an infrastructure for navigation support of Lunar missions (researchgate.net)

2. R. Whitley, R. Martinez Options for Staging Orbits in Cislunar Space, <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20150019648/downloads/20150019648.pdf>

3. Муртазин Р.Ф., Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Транспортная космическая система «Рывок-2» для доставки экипажа на лунную базу. 08.2020

4. 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

5. Ивашкин В. В., Об оптимальных траекториях полёта КА к Луне в системе Земля-Луна-Солнце, ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЯХ ПОЛЕТА КА К ЛУНЕ В СИСТЕМЕ ЗЕМЛЯ-ЛУНА-СОЛНЦЕ (keldysh.ru)

Воздушный старт

Назарова П.С., Смолин И.В.

Научный руководитель — Гребенщикова О.А.

МФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Мытищи

В настоящее время проблема освоения космоса становится все более актуальной. На сегодняшний момент сформировалось четко выраженное направление по увеличению спроса на ракетносители легкого класса, созданного быстрым развитием программ по созданию и использованию легких космических аппаратов в составе низкоорбитальных спутниковых систем связи, навигации при проведении космических научных и экспериментальных исследований, систем дистанционного зондирования Земли. Независимый выход в космос для того или иного государства определяется не только наличием парка собственных ракетносителей, но и возможностью осуществлять их беспрепятственный запуск, причем, как можно дешевле. Ведь растущая конкуренция на международном рынке пусковых услуг требует от космических запусков максимальной экономической выгоды, которая во многом формируется за счет удешевления процедуры самого старта.

Системы запуска с воздуха создавались в разных странах: СССР, США, Евросоюз (ЕКА) и ряд других стран. Много экспериментальных проектов воздушного старта, крылатых ракет и прочих самолётов (в т.ч. такие, как воздушный авианосец) было реализовано еще до космической эпохи. Уже в конце 1950-х годов были изготовлены экспериментальные запускаемые с самолётов-носителей ракетопланы, а также первый гиперзвуковой самолет — суборбитальный пилотируемый космолан North American X-15, кроме всего прочего Bell X-1, Lockheed D-21, Boeing X-43 и др. А также во Франции (Ледюк) и других странах были системы такого рода (но не суборбитальные). Воздушный старт использовался для отработки космолана Энтерпрайз в масштабной программе многоразовой транспортной космической системы Спейс шаттл. Первым советским из детальных проектов АКС с воздушным стартом была нереализованная система «Спираль» 1960-х—1970-х гг. из гиперзвукового самолёта-разгонщика, РН и орбитального самолёта. Воздушный старт использовался для полётов дозвукового самолёта-аналога её орбитального самолёта. Самолёт L-1011 Stargazer запускает ракету Пегас с тремя спутниками Space Technology 5 satellites, 2006 г. Одним из самых продвинутых проектов, разработанных в этом направлении, наверное, можно считать проект легкого космического самолета В.Н. Чаломея.

За последнее время данный способ запуска на низкие околоземные орбиты при соответствии некоторым условиям (для искусственных спутников земли сравнительно небольших масс, выводимых на низкие орбиты) набирает популярность (есть реализованные проекты и ещё больше проектов многих компаний рассматривают данный способ запуска) ввиду мобильности и высокой экономической эффективности (сооружение космодромов не требуется). Уже ранее были расчёты и планы запуска ракет с самолетносителя, но на данный момент полностью рабочей системы данного запуска нет. Также в настоящее время, существует много альтернативных идей и проектов систем воздушного старта, однако и они до конца реализованы не были.

В связи с этим в настоящем труде изложен один из возможных способов запуска ракет легкого класса — «Воздушный старт». Эта система является экономически эффективной и мобильной, так как возможен более быстрый запуск почти с любой точки земной поверхности и при этом возможна значительная экономия топлива.

В работе представлена концепция «воздушного старта» основанная на использовании дирижаблей. Предлагается производить запуск из пускового устройства, состоящего из следующих компонентов — собственно пусковая шахта (фирменной конструкции), транспортно-пусковой контейнер (предназначенный для перевозки, хранения и запуска ракеты), системы тросов, системы управления и стабилизации, и 6 дирижаблей. Дирижабли — для поднятия ракеты до определённой высоты. При этом решается одна из основных вопросов, связанный со структурной прочностью полезной нагрузки и ракета-носитель — достаточно часто спутники разрабатываются с условием выдерживать только осевые перегрузки.

Схема системы воздушного старта, подразумевающего запуск из любой точки планеты, желательна с ровной поверхности, такова, готовится и устанавливаются системы (шахта плюс контейнер), производится подъем системы дирижаблями на высоту 10-12 км, где осуществляется старт ракеты.

Чтобы реализовать эту идею, необходимо продолжать продвигать и совершенствовать системы воздушных стартов для более быстрого и экономичного запуска ракет с помощью спутника или другого устройства. Успехи в развитии и повышении качества систем воздушного старта должны значительно снизить расход топлива и ускорить запуск ракет с помощью различных устройств, установленных в ракете.

Выбор методов измерения концентраций вредных веществ в рабочей зоне машиностроительного предприятия

Подлесная В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Терентьев М.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время остро ощущается необходимость в контроле состава воздуха, особенно в промышленных помещениях. Существуют различные способы отслеживания состава окружающей среды, выбираемые в зависимости от типов протекающих процессов в объекте исследования.

Контроль концентраций опасных для здоровья человека веществ на предприятиях осуществляется посредством применения герметизации и автоматизацией процессов, включающих в себя взаимодействие с опасными компонентами, применения специального оборудования и спецодежды, вентиляции и фильтрации воздуха помещений, а также использования автоматизированных методов определения концентраций наиболее опасных веществ для своевременного уведомления сотрудников и др. [1].

В качестве средств индикации достижения определённым компонентом воздуха критического и опасного для здоровья человека значения применяются газоанализаторы и системы мониторинга качества воздуха. Принцип работы таких систем заключается в сборе информации о составе окружающей среды с помощью соответствующих встроенных датчиков, анализе концентрации веществ с сопоставлением с предельно допустимым значением и обработке собранных данных с выводом результатов и предупреждений.

Целью работы является выбор наиболее удовлетворительных приборов и систем определения концентрации опасных компонентов воздуха рабочей зоны на предприятиях.

Проведены анализ и сравнение существующих систем для сбора данных с датчиков окружающей среды с различными характеристиками и выбрана наиболее подходящая для решения поставленной задачи. Определение наиболее оптимальных систем и газоанализаторов основано на приоритетности скорости сбора сведений о воздушной среде и их обработки, количестве отслеживаемых веществ, возможности удалённой передачи результатов анализа данных, а также соответствии выбранных систем установленным требованиям безопасности [2].

Список использованных источников:

1. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности, 2007 г. с изменениями N 1, 2, утвержденными в сентябре 1981 г., марте 1989 г.
2. ГОСТ 13320-81. Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия. — Взамен ГОСТ 13320-69, ГОСТ 20220-74 — Москва: Изд-во стандартов, 1989. — 33 с.

Совершенствование поиска мертвых зон при проектировании беспроводной сети умного предприятия

Поздняков Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Терентьев М.Н.

МАИ, Москва

В связи с быстрым развитием систем связи возросло количество сетей, использующих беспроводную связь внутри помещений. Условия распространения радиоволн в помещении сложнее, чем в свободном пространстве. Во-первых, из-за наличия стен и элементов обстановки, которые влияют на распространение сигнала. Во-вторых, из-за множества отражений от предметов. В результате возникает ряд проблем, связанных с моделированием распространения сигнала. В связи с этим существует необходимость определения мертвых зон внутри помещения. Появление мертвых зон может вызвать сложности в связи внутри предприятия. Решение задачи моделирования беспроводной сети может помочь уменьшить количество зон, в которых прием сигнала сильно затруднен еще на этапе проектирования здания, а также когда нет помещения, для которого нужно произвести расчет. Для моделирования распространения сигнала внутри помещения можно использовать метод трехмерной трассировки лучей.

При использовании алгоритма трассировки учитываются дифракция, отражение, рассеяние, преломление. Каждый испущенный источником луч обрабатывается отдельно.

Общий алгоритм трассировки лучей описан в работе.[1]

Рассмотрим, как задаются количество излучаемых лучей в различных программах.

Параметры задания излучателя в программе Wireless Insite

В свойствах передатчика пользователь задает положение антенны, выбирает координатную систему и задается шаг излучения, что однозначно определяет количество испускаемых лучей.

Параметры задания излучателя в программе Winprop

В свойствах передатчика пользователь задает положение антенны, выбирает координатную систему и задается количество трассируемых лучей, что однозначно определяет шаг испускаемых лучей.

Во всех программах, для точного расчета нужно точно задать характеристики испускаемых лучей. Так как антенна испускает лучи неравномерно, количество трассируемых лучей задается с помощью диаграмм направленности.

Существующий способ задания параметров излучателя позволяет создавать источник близким к реальному, но для правильного задания параметров нужно обладать специальными знаниями. Если пользователь задаст не правильно значения углов излучения лучей это повлияет на количество излучаемых лучей, что в свою очередь ухудшит точность вычисления. В качестве примера существующих решений, использующих данный алгоритм, можно привести программы Wireless insite, WinProp.

Для улучшения трассировки радиоволн предлагаю алгоритм, в котором будет предусматриваться разбиение передатчика на треугольники. Для разбиения предлагаю использовать метод бисекции.

Бисекция — это операция деления исходного треугольника на четыре новых. В середины ребер вставляются новые вершины, которые соединяются новыми ребрами, образующими новые треугольники. Следующее разбиение получается очередной бисекцией.

В качестве базы для создания сетки используем некоторый сферический треугольник, заданный координатами своих вершин.

Процесс должен остановиться, когда вклад нового разбиения станет меньше определенного значения. Минимальное значение вычисляемое. Это позволит упростить процесс задания количество лучей для расчета, что позволит увеличить точность.

Предложенный алгоритм может помочь увеличить точность, поэтому его разработка актуальна.

Список использованных источников:

1. Падалко С.Н., Терентьев М.Н. Мониторинг параметров объектов изменяемой конфигурации с использованием дискретной беспроводной сенсорной сети. — М.: Изд-во МАИ, 2019. — 160 с.: ил.

Анализ возможных постановок задачи проектирования траектории перелёта КА в системе спутников Юпитера

Покрепин Б.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Константинов М.С.

МАИ, Москва

Изучение Юпитера и его спутников относится к одним из важнейших задач в исследованиях небесных тел. Спутники Юпитера представляют особый научный интерес в виду своего различия, поэтому необходимо разрабатывать стратегии получения оптимальных маршрутов полета космического аппарата для изучения этих спутников.

В целях формирования общего принципа выбора траектории КА в системе Юпитера рассматриваются возможные постановки задачи проектирования такой миссии. Проводится анализ планируемых проектов по изучению Юпитера и Галилеевых спутников: «Jupiter Icy Moons Explorer» (ESA) [1], разработки ИПМ им. М. В. Келдыша, проводимые в рамках проекта «Лаплас-П» [2], «Европа Клипер» (НАСА) [3]. Также рассматривается постановка задачи 6-того сезона соревнований Global Trajectory Optimization Competition (GTOC6) [4] в качестве примера формализации задачи проектирования оптимальной траектории, в которой главной целью является максимально возможное картографирование поверхностей Галилеевых спутников.

В результате анализа выделяются общие участки траектории: межпланетный перелет (от Земли то Юпитера), торможение у Юпитера — выход КА на сильно вытянутую эллиптическую орбиту около Юпитера, уменьшение периода обращения КА за счет серии гравманевров, сближение со спутником-мишенью, фазирование КА со спутником-мишенью, выполнение маневра торможения у спутника-мишени. Серии гравитационных маневров планируются в зависимости от научных целей миссии. Основной целью миссии может являться выход на орбиту около одного из Галилеевых спутников — спутника-мишени. В таком случае количество пролетов около спутников Юпитера выбираются исключительно из критериев оптимизации и заданных ограничений. Базовая транспортная задача по перелету к спутнику-мишени может расширяться необходимостью бесконтактного изучения остальных спутников. В таком случае в траекторию внедряются требования по обязательному пролету космического аппарата около заданных спутников с необходимой ориентацией относительно спутника.

В рамках анализируемой задачи предлагается вариант постановки задачи оптимизации траектории, характерной для миссии исследования Галилеевых спутников. При формировании задачи, этап входа в систему Юпитера не рассматривается — в качестве исходных данных задается вектор гиперболического избытка скорости при подлете к Юпитеру и радиус-вектор космического аппарата на момент его входа в сферу действия гравитации Юпитера.

Список использованных источников:

1. JUICE Definition Study Report, ESA/SRE(2014)1. URL: <https://sci.esa.int/s/wRdzy18> (дата обращения: 02.03.2022)

2. Полёты в системе Юпитера с использованием гравитационных манёвров около галилеевых спутников / Г.К.Боровин [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2013. № 72. 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-72> (дата обращения: 02.03.2022)

3. T. Bayer et al. Europa Clipper Mission: Preliminary Design Report // IEEE Aerospace Conference. 2019. URL: <https://trs.jpl.nasa.gov/handle/2014/50147> (дата обращения: 02.03.2022)

4. A. E. Petropoulos. Problem description for the 6th global trajectory optimisation competition. 2012. URL: <http://goo.gl/FmrOc> (дата обращения: 02.03.2022)

Исследование перспектив применения средств выведения лёгкого класса

Савцов Е.С.

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

МАИ, Москва

Среди нынешних космических средств выведения ракеты-носители легкого класса более других являются объектом пристального изучения. Если говорить коротко, то возросший спрос на легкие носители можно объяснить снижением габаритов и массы запускаемых космических аппаратов, развитием электронных средств, приборов и компьютеров, а также популярностью малых аппаратов массой до 1000 кг среди заказчиков.

Легкие ракеты в сравнении со своими более тяжелыми аналогами имеют свои особенности. Они относительно недороги в производстве и гораздо дешевле в эксплуатации, поскольку им требуется меньше наземной инфраструктуры и подготовительно-проверочных работ. Они банально безопаснее больших и тяжелых ракет, ввиду меньших объемов используемого в них и хранящегося на полигоне топлива.

Однако, по причине очевидных ограничений по грузоподъемности и габаритам для полезной нагрузки легкие ракеты неспособны единоразово вывести большую партию космических аппаратов. Для создания существенной орбитальной группировки лишь силами легких ракет потребуется большое количество запусков. Это же сразу ведет и к большей стоимости за доставку килограмма груза в космос даже в сравнении с ракетами среднего класса.

При исследовании уже эксплуатируемых сегодня легких ракет и существующих пока только на бумаге удалось выделить следующее. Существенное число фирм, ныне разрабатывающих легкие ракеты, находятся в США и Китае. Причем большинство являются частными компаниями с бюджетом от инвесторов или от государственных контрактов. А многие из проектов рассчитаны для доставки мини- и микроспутников суммарной массой от 20 до 500 кг. Также большинство предпочитают традиционный способ запуска ракеты с суши. При этом стоит отметить, что достаточно много проектов решили использовать воздушный старт с самолетом в качестве носителя. Не обошлось и без смелых (с воздушного шара) и оригинальных (из центрифуги) методов пуска.

Проанализировав рынок космических услуг последних лет, видно, что рост количества проектов, наблюдавшийся в 2015-2019 годах, приблизился к своему потолку, а количество компаний, активно разрабатывающих РН, снизилось. Возросло и количество проектов, которые прекратили свое существование. Тем не менее легкие ракеты однозначно можно выделить своей способностью быть целевыми средствами запуска, где небольшой спутник не будет делить требования или график с более крупным и приоритетным грузом. Легкий класс ракет является отличным средством для оперативного доступа в космос.

Список использованных источников:

1. Carlos Niederstrasser. Small Launchers in a Pandemic World — 2021 Edition of the Annual Industry Survey // 35th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites. — USURF: Logan, UT, 2021. — 18 p.

2. Официальный сайт консультационной фирмы «Euroconsult». — URL: <https://www.euroconsult-ec.com/> (дата обращения 06.12.2021).

3. Официальный сайт компании «Northrop Grumman». — URL: <https://www.northropgrumman.com/> (дата обращения 22.12.2021)

4. ГОСТ Р 53802-2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2019. — 28 с.
5. Официальный сайт частной космической компании «Firefly Aerospace». — URL: <https://firefly.com/> (дата обращения 06.12.2021)
6. Портал новостей космической деятельности. — URL: <http://ecospace.me/> (дата обращения 22.12.2021).
7. Официальный сайт компании «SpaceX». — URL: <https://www.spacex.com/> (дата обращения 22.12.2021).
8. Qin Xu, Peter Hollingsworth, Katharine Smith. Launch Cost Analysis and Optimization Based on Analysis of Space System Characteristics // 31st International Symposium on Space Technology and Science. — JSASS: Matsuyama, 2019. — Vol. 62., No. 4. — p.175–183.

Расчёт начальных проектных параметров элементов системы транспортно-технического обеспечения для программы освоения Луны

Семашкин Н.М.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

Согласно заявлению президента РАН Сергея Александровича Михайловича от 21 сентября 2021 года, в ходе пресс-конференции было утверждено, что одним из приоритетных направлений для России в настоящее время является освоение естественного спутника Земли, поскольку покорение дальнего космоса является невозможным без закрепления на Луне.

В настоящее время космическая отрасль плотно занимается изучением и освоением Луны и окололунного пространства. Выбор такого приоритета связан с тем, что Луна является ближайшим естественным космическим объектом, доступным для изучения за пределами низкой околоземной орбиты (доступность) и представляет интерес, как с научной, так и, в перспективе, практической точки зрения (технологии ISRU, плацдарм для дальнейшей экспансии в космос и т.д.).

Освоив технологии для жизни и работы на Луне, человечество сможет перенести их и на другие космические объекты, при этом имея стартовую площадку на космодроме Восточный и, уже отработанную, площадку на космодроме Байконур.

Необходимо решить значительное число научных и научно-технических задач с использованием автоматических КА. В данной работе рассмотрены несколько возможных вариантов доставки полезного груза к Луне:

1) Двухпусковая схема полёта с применением РН «Союз-5» и «Ангара-А5В». Пуск РН проводится с космодромов Байконур и Восточный. На околоземной орбите происходит стыковка полезного груза РН «Союз-5» и масштабированного разгонного блока «ДМ», доставленного РН «Ангара-А5В». Дальнейшие маневры к окололунной орбите происходят совместно.

2) Две однопусковые схемы с применением РН «Союз-5» и «Ангара-А5В». Пуск РН проводится с космодромов Байконур и Восточный. Стыковка на околоземной орбите не предусматривается. Дальнейшая доставка полезного груза к Луне проводится отдельно.

3) Однопусковая и двухпусковая схема с возможностью дозаправки разгонного блока на МКС. В данном варианте доставка полезного груза будет происходить с заправкой сухих разгонных блоков на МКС.

Таким образом, был проведён анализ базовых проектных параметров транспортной системы для доставки грузов к Луне на базе перспективных отечественных РН и средств межорбитальной транспортировки среднего и тяжёлого классов: РН «Союз-5», семейство РН «Ангара», разгонный блок «ДМ» и разгонный блок «Фрегат».

К вопросу динамики мультироторного летательного аппарата для исследования Венеры: спуск в атмосфере

Семисорин Е.В., Яценко М.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Технические средства (ТСр) для исследования Венеры в значительной степени отличаются по своему строению и используемым материалам от привычных нам устройств. При проектировании и конструировании таких ТСр, в частности, летательных аппаратов (ЛА) необходимо учитывать особенности атмосферы Венеры, а именно ветры скоростью 100 м/с, давление, превышающее земное более, чем в 90 раз, температуру, достигающую порядка 500°C, химический состав и многие другие условия. Однако, Венеру часто называют «сестрой» Земли, так как у них есть некоторые схожие параметры. Одним из таких параметров является ускорение свободного, равное для Венеры 8,87 м/с², что относительно слабо отличается от земного значения. Отдельное внимание необходимо уделить математической модели движения ЛА в столь непривычных условиях.

Использование мультироторных летательных аппаратов (МРЛА) для исследования Венеры имеет ряд преимуществ, по сравнению с использованием классических аэроstatных зондов. Например, используя МРЛА, открывается возможность точной корректировки траектории полёта ЛА и полной его управляемости. Эта важная особенность позволяет собирать необходимые данные в определённых регионах планеты, практически невзирая на возмущающие факторы.

При создании математических моделей МРЛА для использования в условиях земной атмосферы, учитываются привычнее условия: нормальная температура, не превышающая примерно 40°C, возможное полное отсутствие ветра, либо его незначительное влияние, известные погодные условия (дождь, снег, град и т.д.), химический состав атмосферы. Из-за постоянного пребывания в таких условиях, человек и создал детали, механизмы, материалы, а впоследствии и ЛА, которые хорошо подходят для нашей планеты. Но они практически непригодны для использования в условиях Венеры. В математических моделях для этих целей необходимо учитывать прежде всего сильные порывы ветра, влияние которых необходимо либо привести к приемлемому значению, используя специальные средства, либо постараться их использовать и учитывать их влияние для управления МРЛА. Так же необходимо учитывать и то, что в разных слоях атмосферы исследуемой планеты на устройство будет оказываться различное воздействие окружающей среды.

В представленной работе было проведено исследование таких факторов, влияющих на динамику движения МРЛА в условиях атмосферы Венеры, как температура, скорость ветра и атмосферное давление, и получены данные для построения математической модели, описывающей процесс спуска такого устройства.

Список использованных источников:

1. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. Концепция исследования Венеры с помощью мультироторного летательного аппарата // Сборник избранных научных докладов по итогам XLVI Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения» — М.: МАИ, 2020. — С.311-321.

2. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. К вопросу о включении в программу исследования Венеры дополнительных технических средств // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 30 марта-2 апреля 2021 г.). Сборник тезисов: в 4 т. Т.2: тезисы докл. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. — С.222–226.

3. Арзамасцев А.А., Крючков А.А. Математические модели для инженерных расчетов летательных аппаратов мультироторного типа (часть 1) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2014. — №6 (т.19). — С.1821-1828.

4. Каширин А.С., Федотов А.И., Зарницын А.Ю. Разработка математической модели квадрокоптера на основе модели parrot minidrone rolling spider // Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» — Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. — С.311-312.

Утилизация космического мусора на геостационарной орбите

Смирнова Ю.М., Черненко О.С.

Научный руководитель — Рудой И.А.

МАИ, Москва

Нахождение оптимального способа утилизации космического мусора является острой проблемой современной космонавтики. Космическим мусором считаются искусственные объекты и их обломки, блуждающие по орбите и уже не функционирующие [1]. Так или иначе, любой закончивший свою миссию спутник в итоге становится космическим мусором, а только на одной геостационарной орбите на расстоянии 36000 км от Земли сейчас находится около 440 космических аппаратов, в основном спутников связи. Игнорирование проблемы такого количества спутников приведёт к тому, что в скором времени не останется возможности для выведения новых необходимых для обеспечения стабильных средств связи космических аппаратов, а также выведения из строя уже существующих из-за их столкновения с неконтролируемыми в пространстве, летящими на огромной скорости обломками.

Существует два основных способа эвакуации КМ: вторичная переработка и его сжигание в атмосфере Земли, посредством увода с орбиты [2]. Второй вариант не представляется выгодным из-за неэкологичности, огромной дистанции от Земли, энергетической и финансовой затратности данного способа утилизации объектов, расположенных на ГСО. Поэтому целью работы является разработка двух систем утилизации космического мусора путём доведения элементов конструкций вышедших из строя КА до жидкой или газообразной фазы. В случае доведения до жидкой фазы материал впоследствии будет использоваться в 3D-печати.

Ключевыми критериями при выборе технологического решения проблемы утилизации стали ограниченность альтернатив источников энергии в космическом пространстве, связанная с приоритетом уменьшения массы и габаритов космического аппарата, выводимого на орбиту, а также особенности условий космической среды, определяющие способ теплопередачи, так как в вакууме единственным видом распространения теплоты является тепловое излучение.

Использование Солнца в качестве неисчерпаемого источника энергии, осуществляющего энергообеспечение систем КА, позволяет значительно уменьшить массу конструкции.

Поскольку мы концентрируем высокий тепловой поток с помощью зеркальной поверхности большой собирающей линзы, также выполняются ряд высоких требований к мощности теплового воздействия на космический мусор, с целью доведения его до высоких температур (Т кипения) [3].

Принципиальную схему солнечного концентратора составляют следующие основные блоки:

1) вогнутое концентрирующее зеркало, в фокусе которого находится решётка камеры фазового перехода;

2) камера фазового перехода, представляющая из себя цилиндрическую конструкцию, приближённую к модели абсолютно чёрного тела с толстым слоем экранно-вакуумной теплоизоляции;

3) подвижные солнечные панели вокруг камеры фазового перехода, закрывающие зеркало и аккумулирующие солнечную энергию для лазерной установки в период простоя, складывающиеся в период работы концентратора на испарение;

4) лазерная установка, расположенная в области тени между зеркалом и камерой фазового перехода, работающая на испарение совместно с солнечным концентратором;

5) трубы малого диаметра для отвода испарившегося материала, расположенные равномерно по всему корпусу камеры фазового перехода и открывающиеся при заданном давлении внутри камеры фазового перехода с помощью дренажных клапанов;

6) ЭВМ, расположенная на крышке камеры фазового перехода, осуществляющая контроль начального раскрытия зеркала, управления солнечными панелями и лазером, а также предоставляющая информацию о проделанной работе центру управления.

Вариант солнечного концентратора с доведением материала в камере фазового перехода только до жидкой фазы отличается лишь отсутствием труб отвода испарившегося материала и наличием 3D-принтера на обратной стороне зеркала для подведения жидкого материала и последующего использования для печати.

Перспективой данной работы является решение проблемы невозможности выведения новых спутников связи из-за скопления огромного количества космического мусора на геостационарной орбите.

Список использованных источников:

1. Вениаминов С. С., Червонов А. М. Космический мусор — угроза человечеству. М.: ИКИ РАН, 2012. 9 с.

2. Зеленой Л. М., Шустов Б. М. Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы. М.: ИКИ РАН, 2019. 42 с.

3. Григорьян В. Г., Евдокимов К. В. Энергоустановки космических летательных аппаратов. М.: МАИ, 2007. 43-47 с.

Формирование перечня проектных параметров межорбитального буксира

Соловьев Г.А., Гнатюк А.А.

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

МАИ, Москва

Все чаще перед отечественной космонавтикой встает вопрос о перемещении массивных грузов между орбитами или даже планетами. Для решения подобных задач введен новый термин — межорбитальный буксир [1]. Он представляет из себя специализированный космический аппарат с высокими тактико-техническими характеристиками, способным изменять положения различных орбитальных объектов — блоков орбитальных станций, других космических аппаратов, а также крупных объектов космического мусора [2].

Актуальность данной работы заключается в решении ряда проблем, которые стоят перед нами в недалеком будущем. Доставка массивных грузов на орбиту искусственного спутника Луны для обеспечения лунных пилотируемых миссий — одна из них [3].

Из подобранного первоначального перечня проектных параметров был сформирован вариант изделия, соответствующий поставленным требованиям и решающий весь спектр установленных перед ним задач. Для уточнения этих параметров, были проведены баллистический расчет межпланетной траектории по перемещению полезной нагрузки массой двадцать тонн на орбиту искусственного спутника Луны [4]. Помимо этого, были рассмотрены требования к возможной научной аппаратуре на его борту, а в частности размеры солнечных батарей для ее питания.

Полученная в ходе работы платформа представляет из себя две получасти, соединенный подвижным (трансформируемым) механизмом, в пределах которого и размещается полезная нагрузка. Именно благодаря этому и небольшим габаритам в стартовом положении возможен вывод за один пуск перспективной ракеты носителя тяжелого класса сразу двух изделий, что является внятой новизной данного проекта [5]. В рамках платформы в дальнейшем будут рассмотрены варианты не только буксира, но и орбитальной платформы обслуживания.

Данная работа будет полезна на начальном этапе разработки орбитальных систем такого рода и определении начального перечня проектных параметров, предъявляемых к ним.

Список использованных источников:

1. Карфидов В.Ю. Космонавтика. Краткий справочник в 6-ти томах. Том 1. Космонавтика СССР / России. — Люберцы, 2021.
2. Сайт «Буран.РУ». Объединенная двигательная установка. — URL: <https://www.buran.ru/hm/odu.htm> (дата обращения 20.10.2021).
3. Ракетно-космическая промышленность России / Ботвинко А.Г., Бузынкин В.И., Гончар А.Г. и др. Информационно-справочное издание. — М.: 2007.
4. Солодов А.В. Инженерный справочник по космической технике. — М.: Воениздат, 1972.
5. Лукашевич В.П. Космические крылья/ Лукашевич В.П., Афанасьев И.Б. — М.: ООО «Лента Странствий», 2009.

Исследование возможности бесконтактного измерения температуры в установках радиационного нагрева при наземных теплопрочностных испытаниях обтекателей

Тетеревенков Д.А.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Райлян В.С.

АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», Обнинск

Для современных конструкций сверхзвуковых летательных аппаратов вопросы теплового состояния и прочности оказываются настолько связанными между собой, что требуют совместного рассмотрения для суждения о прочности конструкции. Поэтому тепловые статические испытания немислимы без исследования температурных полей в испытуемой конструкции, для определения которых необходима массовая термометрии и умение измерять температуру в точке.

Наиболее широкое применение при измерении температуры конструкции получили средства измерений, основанные на контактном методе, однако в отдельных случаях используются и бесконтактные средства измерения температур, такие как, оптические, радиационные и цветковые пирометры [1].

При использовании контактного метода термоэлектрический преобразователь (или термометр сопротивления) приклеивается и измеряет температуру в точке соприкосновения с поверхностью нагретого тела. При такой схеме испытания присутствует методическая погрешность измерения температуры (МПИТ) поверхности. Для случаев измерения температуры наружной поверхности керамических материалов эта погрешность может достигать больших значений (10-30%) [2], что, прежде всего, является следствием использования единственного возможного способа монтажа термопары на керамическом материале — приклейки к поверхности. В этих условиях представляет большой интерес применение бесконтактных методов измерения температуры.

При измерении температуры на керамических и других материалах бесконтактными методами измерения выделяется одна проблема — множественности значений коэффициентов излучения для энергетических пирометров, вытекающая как следствие различных спектральных характеристик чувствительности приборов, а также зависимости излучательной способности от температуры объекта [3].

Из литературы известно [4], что для очень многих объектов, в том числе и для керамики, излучательная способность зависит от температуры объекта. К примеру, у кварцевой керамики степень черноты поверхности уменьшается с увеличением температуры [5], а значит, в процессе измерения температуры пирометром будет возникать погрешность за счет изменяющейся излучательной способности на поверхности.

Для решения проблемы зависимости излучательной способности от температуры, а также выравнивания излучательной способности по поверхности объекта измерения, могут быть использованы покрытия из высокотемпературных материалов, например, из порошка оксида хрома (Cr₂O₃).

Для исследования эффективности высокотемпературного покрытия из Cr₂O₃ и способов его нанесения были проведены эксперименты с эталоном температуры, в качестве которого

выступала термопара, зачеканенная в образец из материала с высокой степенью теплопроводности. В качестве образца была использована медная пластина. В качестве измерителя температуры поверхности использовался инфракрасный пирометр Кельвин-компакт Д 1200 с диапазоном измерения температур пределах от -20 – 1200 °С. В пирометре применяется преломляющая оптическая система, спектральный диапазон 8–14 мкм, приёмник излучения — типа термобатарея, аналоговый выход — пассивная токовая петля 4-20 мА для вывода информации на ЭВМ.

Были проведены экспериментальные исследования:

по выбору способа нанесения покрытия;

по выбору значения коэффициента излучения, вводимого в пирометр;

по определению влияния на показания прибора расстояния до объекта и угла, под которым проводятся измерения;

по оценке влияния на показания прибора излучения от нагревателей.

По результатам экспериментов было определено, что наиболее оптимальным является способ нанесения покрытия с помощью пульверизатора. При этом обеспечивается погрешность измерения 3оС (относительно эталонной термопары) в диапазоне температур от 20 до 500°С.

Список использованных источников:

1. Статические испытания на прочность сверхзвуковых самолетов. М.: Машиностроение, 1974 г, Баранов А.Н., Белозеров Л.Г., Ильин Ю.С., Кутыинов В.Ф.

2. К учету методической погрешности измерения температуры контактными датчиками при теплофизических исследованиях. Резник С.В., Анучин С.А., Просунцов П.В., Шуляковский А.В. Вестник МГТУ им.Н.Э.Баумана.

3. Метрологические проблемы современной пирометрии. Фрунзе А.В. Ж. «Метрология», №1, 2018 г.

4. Излучательные свойства твёрдых материалов. Справочное издание / Под. ред. Шейндлина А.Е. — М.: «Энергия», 1974 — 471 с.

5. Расчетно-экспериментальное определение температурной зависимости спектральных и интегральных коэффициентов излучения кварцевой керамики различной пористости. Р. А. Миронов, М. О. Забейхайлов, М. Ю. Русин, В. В. Черепанов, С. П. Бородай. Теплофизика высоких температур, 2016, том 54, № 5, с. 724–732 2016 г.

Разработка испытательного стенда (чёрного ящика) на глубоководное морское давление с увеличенными параметрами

Ткачук М.О.

Научный руководитель — профессор, к.б.н. Надежкина Е.В.

МАИ, Москва

Воздушный транспорт в жизни человека играет уникальную роль, причем в рейтинге безопасности транспортных перевозок он занимает 1 место по сравнению с другими видами транспорта, однако и там случаются авиационные происшествия, аварии и катастрофы.

Основной причиной авиационных происшествий являются ошибки пилотов и диспетчеров (это низкая квалификация, нарушение процедур пилотирования и т.д.). Второе место занимают различные неполадки летательных аппаратов, такие как старение воздушного судна и низкий темп замены их на усовершенствованные модели (отказы двигателей, неполадки в узлах и агрегатах и т.д.), неправильное, несвоевременное техническое обслуживание, погодные условия, столкновения с птицами — все это может приводить к авиационным происшествиям и катастрофам.

К сожалению, ежегодно в мире происходит до 60 авиационных катастроф, важно заметить, что в последнее время их количество сокращается. Так, например, в 1970 году число авиационных происшествий составило 616 (жертв 16 тысяч), в 2000 году около 300 (жертв 8 тысяч).

Чтобы сократить их количество, необходимо знать причины их возникновения, то есть нужна достоверная информация о том, что происходит в последние минуты перед авиационным происшествием на борту воздушного судна, поэтому на борту каждого летательного аппарата расположены ЗБМ (черный ящик, который производит записи последних параметров и сохраняет их в случае авиационных происшествий).

ЗБМ бывают трех видов: речевые, параметрические, комбинированные.

Нами изучались виды испытаний, проводились ЗБМ, а также производился расчет испытательной камеры высокого давления.

Для определения стойкости конструкции ЗБМ и сохранения записанной информации производят испытания на ударную нагрузку, на сопротивление проникновения, на разрушение при статической нагрузке, на воздействие высокотемпературного пламени и на глубоководное морское давление (имитация падения ЗБМ на водную поверхность с большой глубиной).

Был произведен прочностной расчет камеры высокого давления на глубоководное морское давление, по результатам которого было определено, что коэффициент запаса прочности составил 1,63.

Список использованных источников:

1. Воробьев В. Г. Авиационные приборы, информационно измерительные системы и комплексы. –Москва: Транспорт, 1992. — 412 с.

2. Макашев В. А. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них. –Москва: ЭНАС, 2008. — 224 с.

3. Руководство по технической эксплуатации. Защищенный бортовой накопитель ЗБН-1-3 сер.3: 2005-07-15/ ИСУЯ. 7794121.002 РЭ-ЛУ.

Создание ракетных комплексов стратегического назначения первого поколения

Тритенко Д.С., Дубинина С.Д., Карецкий Н.В.
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лушпа Е.Ю.
МАИ, Москва

Развитие ракетных комплексов первого поколения и системы эксплуатации до создания ракетных войск стратегического назначения.

По решению руководства Вооруженных сил СССР началось развитие стратегических носителей ядерного оружия. После неудачного экспериментального пуска баллистической ракеты и в связи с международной обстановкой в 1956 году было принято решение о передаче запасов ядерного оружия Министерству обороны СССР. В сентябре 1958 года состоялся показ ракетной техники членам советского правительства. Его начали с запуска ракет Р-12. Все пуски прошли успешно. Тем самым был определен на долгие годы магистральный путь развития стратегических ядерных сил страны.

В период зарождения системы эксплуатации ракетного вооружения ракетные комплексы (РК) с ракетами Р-1 и Р-2, а также с Р-5 были получены первые научные результаты по вопросам обоснования системы эксплуатации ракетного вооружения.

Развитие ракетных комплексов первого поколения и системы эксплуатации после создания ракетных войск стратегического назначения.

К началу 1959 года инженерными бригадами резерва Верховного главнокомандования (РВГК) было проведено 170 учебно-боевых пусков ракет. Предстартовая подготовка и пуск ракет осуществлялись с помощью проверочно-пускового электрооборудования (ППЭО). В сентябре 1959 года проведен первый пуск ракеты Р-12У из шахтной пусковой установки «Маяк-2», который прошёл неудачно, ракета потеряла устойчивость и упала. С одной стороны, это была неудача, с другой — большая победа: впервые в СССР состоялся пуск ракеты из шахты.

С созданием 17 декабря 1959 года Ракетных войск стратегического назначения развитие эксплуатации ракетных комплексов диктовалось возросшими требованиями к боевой

готовности частей и соединений. Возникла потребность в создании более эффективных структур органов управления эксплуатацией, ремонтом и материально-техническим обеспечением. К маю 1960 года была разработана новая ракета Р-14 с комплексом агрегатов наземного оборудования, необходимым для эксплуатации и боевого применения.

К концу 1960 года в мире складывалась очень непростая обстановка. Несмотря на то, что в СССР уже были приняты на вооружение МБР Р-7 и БРСД Р-12, приоритет в количестве ядерных боезарядов и средств их доставки оставался на стороне США. В соответствии с новыми возможностями создавалась новая военная доктрина СССР, озаглавленной «Разоружение для прочного мира и дружбы». В соответствии с этой доктриной строились и возможные сценарии будущих войн, которые теперь должны были начинаться с массивного ядерного удара.

С переходом на высококипящие компоненты топлива потребовалось решение обширного круга проблем, связанных с повышением качества конструкционных материалов, изучением их стойкости в агрессивной среде, сохранением стабильности характеристик компонентов топлива при длительном их нахождении в баках ракет. После заправки ракеты компонентами топлива в электрической схеме автоматики двигательной установки появилась неисправность, устранение которой решили произвести на заправленной ракете. Дальнейшее развитие событий показало ошибочность решения, 24 октября произошел преждевременный запуск двигателя второй ступени ракеты. Это привело к мощному пожару и взрыву ракеты. По результатам расследования был намечен ряд мер по обеспечению безопасности при отработке и испытаниях ракетной техники. Катастрофа показала: всякое проявление беспечности и нарушение технологической дисциплины, пренебрежение правилами и мерами безопасности при работе с ракетной техникой недопустимы.

В начале 1960 года советские стратегические ядерные силы располагали: 150-ю тяжелыми бомбардировщиками, пятью подводными лодками, 208-ю ракетами средней дальности и всего двумя межконтинентальными баллистическими ракетами. Чтобы преодолеть отставание от вероятного противника, два завода в три смены трудились над выпуском межконтинентальных ракет – носителей ядерного заряда. Первые десятки этих ракет срочно поставили на дежурство на незащищенных от ядерного удара наземных позициях, пока 9 января 1964 года не были приняты на вооружение шахтные РК.

Список использованных источников:

1. Baranov, M. (2019). An anthology of the distinguished achievements in science and technique. Part 51: Rocket-space technology designer Sergey Korolev and his accomplishments in missile design. *Electrical Engineering & Electromechanics*. 3-11. 10.20998/2074-272X.2019.5.01
2. Волков Л.И. Жизнь моя... Кн.1. Издание 2-ое испр. — М.: Изд-во СИП РИА, 2000. 340 с.
3. Малиновский Г.Н. Записки ракетчика. — ЦИПК РВСН, 1999. 268 с.
4. Artemov, E. (2014). The Soviet nuclear project within the centrally planned economic system. *Cahiers du monde russe Russie Empire russe Union soviétique États indépendants*. 55. 267.
5. Josephson, Paul. (2016). *Voices of the Soviet Space Program: Cosmonauts, Soldiers, and Engineers Who Took the USSR into Space by Slava Gerovitch*. Technology and Culture.
6. Titan missile museum.

Разработка модели утилизации космического мусора

Туркина И.И.

Научный руководитель — Рудой И.А.

МАИ, Москва

Космический мусор представляет собой твердые отходы космической деятельности. Он несет собой огромную опасность. Из-за больших скоростей, обломок диаметром меньше 1 см уже может пробить противометеоритную защиту станции, а при столкновении спутника с мусором больше 10 см — его полное уничтожение. Количество обломков на орбитах растет в геометрической прогрессии.

Теория американского астроинженера Дональда Кесслера говорит о том, что в ближайшее время околоземное пространство будет настолько загружено мусором, который будет хаотично распространяться и увеличиваться в количестве, что выход в космос будет навсегда закрыт для человечества [1].

Благодаря космосу, который является двигателем прогресса, развиваются все технологии на Земле. Потеря выхода в околоземное пространство приведёт к исчезновению телефонной связи, интернета, ТВ, навигации. Жизнь может остановиться в привычном для нас понимании.

Есть ряд способов утилизации, которыми возможно решить или хотя бы уменьшить проблему космического мусора. У всех способов есть ряд достоинств и недостатков. В представленной работе более детально рассмотрен вариант со сжиганием космического мусора в атмосфере Земли путем его зацепления и выдачи импульса для схода с орбиты определенного размера.

Конструкция отработавшего аппарата состоит из различных элементов, которые в свою очередь выполнены из разных металлов. Это может быть как алюминий, сталь, так и тугоплавкие металлы, такие как титан и вольфрам. Соответственно, плавятся они при разных температурах, и не все части конструкции получится уничтожить в атмосфере Земли. Как-то могут долететь до поверхности, что может повлечь за собой катастрофические последствия.

Мною была разработана математическая модель в системе MATHCAD для расчета спуска космического мусора в атмосфере Земли. В качестве примера взят шар из таких металлов, как алюминий АМГ6 массой 10 кг. Также было рассчитано для случая, если космический мусор будет содержать элементы из титана или вольфрама, как самые тугоплавкие металлы. Для большей достоверности был взят одинаковый объем, а не масса, так как плотности у этих трех металлов совершенно разные на порядок.

Задача состоит из трех частей: расчет внеатмосферного участка, атмосферного и теплового. Была написана программа для определения времени, в которое произойдет полная утилизация космического мусора.

По результатам проделанной работы была разработана математическая модель спуска космического мусора в атмосфере Земли с учетом высоты перигея и апогея. Был проведен сравнительный анализ уничтожения космического мусора из трех различных металлов, в том числе тугоплавких. В результате проведенного числового эксперимента выявлено, что космический мусор из алюминия массой 10 кг сгорает на высоте 94,9 км, из титана 17 кг сгорает на высоте 94,7 км, из титана 73 кг сгорает на высоте 97,7 км. Полученный результат связан с параметрами (удельной теплоемкости и удельной теплоты плавления) металлов и количества накопленной теплоты. Сделан вывод о целесообразности данного метода уничтожения. Высоты, на которых сгорит космический мусор, приемлемы по критерию безопасности населения.

Список использованных источников:

1. Проектирование самолетов / под ред. М. А. Погосяна. — 5-е изд., перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение. — 864 с.: ил. — ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2018
2. Материаловедение: учеб. для студентов вузов / В.С. Кушнер, А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Негров, О.Ю. Бургонова.; под ред. В.С. Кушнера. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. — 232 с.
3. «Численное моделирование тепловых режимов передней кромки крыла возвращаемого космического аппарата», И.С. Бодня, В.П. Тимошенко. Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования» 2018 Vol.19 No.1 7-21
4. Аэромеханика: Учеб. для студентов вузов / В.М. Гарбузов, А.Л. Ермаков, М.С. Кубланов, В.Г. Ципенко. — М.: Транспорт, 2000. — 287 с.
5. Механика космического полета: [Учеб. для втузов / М. С. Константинов, Е. Ф. Каменков, Б. П. Перельгин, В. К. Безвербый]; Под ред. В. П. Мишина. — М.: Машиностроение, 1989. — 406,[1] с.: ил.; 22 см.; ISBN 5-217-00145-3 (В пер.)

История и перспективы парашютных систем для работы в условиях атмосферы планеты Венера

Федюнин Д.А.

АО «НИИ Парашютостроения», Москва

В настоящее время наблюдается рост интереса к освоению космического пространства. Появляется всё больше частных компаний, таких как Space X, Blue Origin, S7 Space, Success Rockets. Космические программы ведущих в космической отрасли стран (Россия, США) расширяются, а также в гонку включаются новые страны (Индия, Корея, Саудовская Аравия). Область интереса всех этих стран и компаний охватывает как ближний, так и дальний космос.

Одним из перспективных направлений является освоение планет Солнечной системы и их спутников. Новые миссии отправляются к Марсу, спутнику Юпитера — Титану и многим другим небесным телам. В последнее время вновь возрос интерес ко второй планете Солнечной системы — Венере.

В прошлом уже существовали программы по исследованию данной планеты. Наибольших результатов добились США и СССР. Американскими учёными было запущено 5 аппаратов в рамках миссий «Маринер» и «Пионер-Венера». Советская сторона была более успешна и осуществила запуск к Венере 14 автоматических межпланетных станций серии «Венера» и 2 станции серии «Вега».

В современной России в рамках Федеральной космической программы на 2016-2025 годы ведётся разработка новой космической станции для изучения Венеры — «Венера-Д». Данная работа ведётся предприятиями промышленности совместно с Российской Академией наук и ставит своей задачей изучение атмосферы планеты и её поверхности.

Для торможения в условиях атмосферы Венеры планируется использовать парашютную систему. Главная сложность при создании этой системы заключается в агрессивных воздействующих факторах атмосферы, к ним относятся высокая температура, высокая плотность атмосферы и, как следствие, высокое давление, а также в атмосфере Венеры присутствуют в виде аэрозолей серная, плавиковая и соляная кислоты. Для решения этого вопроса можно применять, как новые материалы, которые были разработаны в последнее время, так и интересные конструктивные решения. Это позволит уменьшить степень влияния на парашютную систему негативных воздействий со стороны среды, а также улучшить тактико-технические характеристики системы. Более высокие характеристики в свою очередь повысят вероятность успешного выполнения целевой задачи как аппаратом, в общем, так и парашютной системой в частности.

Список использованных источников:

1. К. Я. Кондратьев, Н. Н. Крупенин, А. С. Селиванов. Планета Венера. Ленинград: Гидрометеиздат. 1987.
2. Проекты. НПО им. Лавочкина. URL: <https://www.laspace.ru/projects/> (дата обращения 15.02.2022).

Марсоход, как инструмент решения метановой загадки Марса

Худобина Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Исследования Марса началось еще несколько тысяч лет назад, задолго до создания ракеты-носителей и космических аппаратов, но появляются лишь новые вопросы.

С 1960 года начались запуски автоматических межпланетных станций для изучения Марса. С 1976 года были получены первые данные о марсианском грунте. И в 1997 году на Марсе начал работать первый в истории изучения космоса марсоход — Соджонер. С тех пор на Марсе побывало еще множество аппаратов, которые смогли собрать бесценные данные об этой загадочной планете, но ни один еще не смог дать ответ на метановую загадку.

Все полученные в ходе исследований данные дают спорные результаты о наличии метана в атмосфере: в 2004 году космический аппарат «Марс-Экспресс» зафиксировал 10 миллиардных долей метана в атмосфере Марса; по итогам первого года работы TGO ExoMars в апреле 2019 года не было обнаружено следов метана в высоких областях атмосферы; 19 июня 2019 года Curiosity зафиксировал 21 миллиардную долю метана (21 ppbv), но через несколько дней уровень метана снизился до менее 1 миллиардной доли (1 ppbv).

Данное органическое соединение является действительно важным для исследований, так как оно может иметь два происхождения: это либо продукт жизнедеятельности бактерий — важный признак существования простейшей жизни на планете, либо продукт геологических процессов. В любом случае, изучение метана позволит ответить на многие вопросы, связанные с историей Марса, его геологией, климатом и возможной жизнью, а также в будущем, в связи с быстрым прогрессом в развитии двигателей ЖДР, позволит перерабатывать метан в топливо для перспективных метановых двигателей, что решит проблему возвращения исследователей Марса на Землю.

На данный момент данные о составе газа способны собирать и орбитальные станции Марса, и марсоходы, работающие на поверхности. Но их миссии заключаются в изучении других процессов, поэтому аппаратура не нацелена на круглосуточный контроль состава атмосферы, соответственно, и вопрос остается открытым.

Предполагаемый аппарат, непосредственная цель которого будет заключаться в поиске органических соединений в марсианском воздухе, будет иметь вес около 1107 кг, что позволяет его запускать на РН Протон-М при выводе на НПО. Основным рабочим органом целевой аппаратуры будет аналог инструмента, используемого Curiosity — Sample Analysis at Mars (SAM), и аналог аппаратов по анализу атмосферы ExoMars.

Особенностью данного аппарата будет являться комплект колес и трансмиссия, так как ныне существующие планетоходы имеют проблемы с конструкцией и прочностью этих элементов. Предлагаемый вариант обеспечивает улучшенную проходимость, прочность и надежность.

Список использованных источников:

1. Институт космических исследований РАН [Электронный ресурс]/URL: http://exomars.cosmos.ru/index.php?id=1262&tx_news_pi1%5Bnews%5D=120&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=61e3e3cdd8392c5b9f0e9089575ac76f (дата обращения 20.03.2021)
2. Витце А, «BBC News» [Электронный ресурс]/URL: <https://www.bbc.com/russian/news-48745471> (дата обращения 25.03.2021)
3. Абросимов Ю., Вайсберг О., «Коммерсантъ» [Электронный ресурс]/URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2937559> (дата обращения 25.03.2021)
4. Кострова З.А., Михеев А.В., Зезюлин Д.В., «Эволюция колеса» // Труды НГТУ им. Алексеева Р.Е., 2016 №2 (113). [Электронный ресурс]/URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-kolesa>. (дата обращения: 28.02.2022).
5. Наумов В.Н., Козлов О.Е., Машков К.Ю., Бяков К.Е., «Анализ конструкций упругих колес для перспективных российских луноходов с точки зрения оценки проходимости» // Известия вузов. Машиностроение. 2017. №8 (689). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-konstruktsiy>. (дата обращения: 28.02.2022).
6. Маленков М.И., Волов В.А., «Сравнительный анализ компонентов ходовой части самоходных шасси планетоходов» // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. №1 (174). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz>. (дата обращения: 28.02.2022).

Дистанционное зондирование спутника Юпитера (Каллисто)

Черных М.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Каллисто это второй по величине спутник Юпитер (первый спутник — Ганимеда). Удален дальше всех среди галилеевых спутников от планеты Юпитер. Каллисто обладает низким радиационным фоном в своём пространстве, а также достаточно внушительными размерами (диаметр его составляет 4800 км). Благодаря этим характеристикам, спутник часто рассматривают как пространство для основания космической базы, которая в будущем может послужить для освоения дальнего космоса и системы Юпитера в целом.

Есть возможность изучить спутник Юпитера, чтобы иметь дальнейшее понимание о том, какую аппаратуру в будущем нам будет необходимо разработать для дальнейшего освоения космоса.

Космический аппарат, который разработан для исследования спутника Юпитера — Каллисто, является полностью автоматизированным космическим аппаратом (КА). Этот КА представляет собой спутник дистанционного зондирования. Он оснащен мощными телекоммуникационными приборами, антеннами и т.д. Также спутник имеет специальную аппаратуру для подробного исследования поверхности: грунта, воды, гор. Эта аппаратура позволит изучить поверхность спутника до того, как на него будут отправлены люди. В процессе своей работы, спутник будет сам добывать информацию, затем ее обрабатывать. После того, как обработанной информации накопится достаточно, чтобы ее передать, спутник сам будет посылать информацию с борта на Землю.

Список использованных источников:

1. Каллисто спутник Юпитера (spacegid.com)
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Космический_аппарат
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматическая_межпланетная_станция
4. <http://ency.info/earth/izuchenie-kosmosa-avtomaticheskimi-apparatami/95-avtomaticheskije-mezhplanetnye-stantsii>
5. <http://docs.cntd.ru/document/1200123509>
6. <http://12apr.su/books/item/f00/s00/z0000023/st010.shtml>

Разработка тренажера для проведения тренировок космонавтов при работе на Луне

Честнов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Полянский В.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день тренировка космонавтов в условиях пониженной весомости осуществляется с помощью специальных учебных имитаторов. Их особенностью является имитация условий лунной гравитации, которая в шесть раз меньше, чем на Земле. Несколько таких стендов находятся в США (Ленгли и Хьюстон). На этих стендах астронавты передвигаются по наклонной плоскости, подвешенные с помощью системы строп и при сниженном давлении на их подошвы [1]. Также на стендах для тренировок моделируется лунный грунт. Примерно аналогичный специализированный тренажер под названием «Выход-2» используется в ЦПК [2]. Изначально он создавался для тренировок космонавтов в окрестности корабля. Он представляет собой скафандр, оборудованный всеми системами жизнеобеспечения и находящийся в безупрочном состоянии благодаря системе подвесов. Общими недостатками подобных тренажеров является низкая степень «эффекта присутствия» и существенные габариты самих тренажеров, наравне с очень высокой стоимостью.

Для повышения эффективности тренировок космонавтов и для создания «эффекта присутствия» в проекте предлагается реализовать современный подход, основанный на

использовании тренажёра с системой виртуальной реальности позволяющего также обеспечить и пониженную гравитацию.

В разработанном на кафедре 701 прототипе тренажера с системой виртуальной реальности реализована конструкция, позволяющая обеспечить свободу движения космонавта вокруг вертикальной оси за счёт использования кольцевой опоры, внутри которой размещена система тросов с ремнем, удерживающего пользователя от падения. Кольцевая опора также имеет возможность свободно перемещаться вдоль вертикальной оси, что позволяет пользователю присесть и подпрыгнуть. При этом кольцевая опора смонтирована на механизме обезвешивания, что позволяет пользователю не ощущать ее веса. Подстилающая поверхность реализована из листового фторопласта, который при взаимодействии с войлочной подошвой специальных бахил, обеспечивает требуемое проскальзывание при движении на месте.

Система виртуальной реальности реализована на основе очков Oculus Rift и имеет программную увязку с аппаратной частью комплекса в виде датчиков, определяющих как факт шагания, так и фактическое положение кольцевой опоры, закрепленной на поясе пользователя, по высоте и углу ее поворота вокруг вертикальной оси.

На сегодняшний день для тренажера реализован программный комплекс виртуальной реальности, позволяющий пользователю перемещаться по плоской поверхности и ступенькам, но ведется работа по его доработке под поверхность лунных кратеров и движению по криволинейной поверхности с учетом минимизации в этих ситуациях эффекта кинетоза (укачивания).

За счет полученного научно-технического и инженерного задела планируется доработка технической части тренажера за счет внедрения регулируемой под вес каждого космонавта механизма обезвешивания и доработка его программной части, в которой будут реализованы различные сценарии выполнения целевых задач на лунной поверхности.

Список использованных источников:

1. Митчел Р. Шарп. Человек в космосе. — Москва, «Мир», 1971
2. <https://sochisirius.ru/news/3055> (Выход-2)

Анализ разработки ракеты-носителя «Союз-5МС» для морского космодрома и перспективы его использования

Шагиев Р.Р., Маслова А.С.

Научный руководитель — Пичужкин П.В.

МАИ, Москва

В докладе проанализированы разработка с применением современных технологий РН «Союз-5МС» для космодрома «Морской старт», состояние работ, проблемы и основные направления его использования.

Идея морского космодрома состоит, во-первых, в том, чтобы доставлять ракету-носитель по морю на экватор, где имеются наилучшие условия для запуска КА на экваториальную орбиту. Во-вторых, при осуществлении стартов с любой точки земной поверхности возникают вопросы необходимости образования зоны отчуждения для падения отработавших ступеней ракет-носителей, строительства наземной инфраструктуры космодрома. В акватории мирового океана космодром «Морской старт» снимает эти вопросы.

В 2018 году платформу «Морской старт» приобрела S7 Group, а весной 2020 года был успешно перебазирован из США в порт временного базирования на Дальнем Востоке.

Для успешной реализации этого масштабного проекта необходима доработка и создание современной ракеты-носителя взамен РН «Зенит». Для этой цели предложена РН «Союз-5МС», разрабатываемая на базе ракеты «Союз-5», короткая создаётся РКЦ «Прогресс». Она позволит обеспечить, по предварительным оценкам, выведение с экватора на переходную орбиту полезной нагрузки массой до 5 тонн без разгонного блока и до 7,75 тонн с разгонным блоком.

В данной работе рассматриваются отличительные особенности нового комплекса: экологичность (компоненты топлива — кислород и нафтил), повышенная грузоподъемность (17,5 тонны на опорную орбиту), рыночная привлекательность (стоимость пуска в пределах 50-55 млн долларов), головной обтекатель диаметром 5,2 метра.

Использование плавучего космодрома «Морской старт» для РН «Союз-5МС» внесет существенный вклад в расширение возможностей России по запуску современных космических аппаратов на геостационарную орбиту и укрепит её положением на мировом рынке средств выведения.

Список использованных источников:

1. Алиев В. Г., Легостаев В.П., Лопота В.А. Создание и пятнадцатилетний опыт эксплуатации ракетно-космической системы «Морской старт» // Космическая техника и технологии. 2014.
2. Блинов В.И., Иванов Н.Н., Сечинов Ю.Н., Шалый В.В. Ракеты-носители. Проекты и реальность. Кн. 1. Ракеты-носители России и Украины // Омск: Изд-во ОМГТУ, 2011, № 2 (5). С. 3–13.
3. Кравец В.Г. Особенности контроля и управления полетом ракеты космического назначения по программе «Морской старт»//Космическая техника и технологии. 2014, № 2(5). С. 74–86.
4. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева. На рубеже двух веков.1996–2001 гг. // Королев: РКК «Энергия», 2001.
5. РИА Новости — <https://ria.ru/>

Анализ выполнения требований пожаро- и взрывоопасности при различных схемах расположения объектов ракетно-космических комплексов на космодромах

Шарипов Т.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гончар А.Г.

МАИ, Москва

Цель работы — анализ реализованных требований пожаро- и взрывоопасности на ранее созданных ракетно-космических комплексах, которые в настоящее время эксплуатируются на отечественных и зарубежных космодромах.

Задачи: анализ понятий пожаро- и взрывобезопасности; изучение нормативной базы, регулирующей вопросы пожаро- и взрывоопасности, включая процессы их обеспечения; проведение «SWOT-анализа» расположения объектов ракетно-космических комплексов с точки зрения соответствия требованиям обеспечения их пожаро- и взрывобезопасности; выявление основных принципов обеспечения пожаро- и взрывобезопасности, реализованных на действующих объектах ракетно-космических комплексов; формирование предложений, реализующих повышение эффективности процессов обеспечения пожаро- и взрывобезопасности.

Эксплуатация космической техники связана с риском нанесения вреда людям (в частности, обслуживающему персоналу) и материальным объектам (сооружениям ракетно-космического комплекса). При этом возможно развитие не только аварийных, но и катастрофических ситуаций. Одним из главных направлений деятельности по предотвращению их возникновения, а при возможной реализации позволяющим минимизировать реальный ущерб, является процесс формирования требований пожаро- и взрывобезопасности к создаваемым объектам, которые в дальнейшем будут эксплуатироваться обслуживающим персоналом. При этом необходимо рассматривать все возможные неблагоприятные пути развития аварийных ситуаций, проводя расчёты по методикам, учитывающим специфику ракетно-космической техники.

Все перечисленные выше факторы должны отображаться в требованиях, предъявляемых в технических заданиях и уточняемых (конкретизируемых) в процессе проектирования комплексов. В исследовании проводится их анализ.

В ходе изучения нормативной документации и проведения «SWOT-анализа» расположения объектов ракетно-космических комплексов с точки зрения соответствия требованиям обеспечения их пожаро- и взрывобезопасности получены результаты, позволяющие дать оценку предъявляемым требованиям. Выявлены факторы, снижающие эффективность принимаемых решений по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности: завышение требований безопасности, приводящее к росту отказов систем; избыточность технологического оборудования; нарушение методики проектирования (требования к элементам системы устанавливаются выше требований к системе).

В целях повышения эффективности обеспечения пожаро- и взрывобезопасности предлагается перейти к риск-ориентированному подходу, подразумевающему выявление, анализ и прогнозирование опасностей аварийных ситуаций, оценку риска и масштабов последствий аварийных ситуаций для оптимизации организационно-технических мер по их предупреждению, недопущению возникновения или минимизации последствий.

Стартовый стол для запуска ракеты-носителя измерительного оборудования типа «РН-Д1»

Юнаков Г.Л., Мальцева О.А.

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

Для сверхлёгкой неуправляемой твёрдотопливной одноступенчатой ракеты-носителя измерительного оборудования типа «РН-Д1» был разработан стартовый стол, предназначенный для её вертикального запуска. С помощью ракеты-носителя «РН-Д1» предполагается осуществлять запуски атмосферных зондов на высоту до 2,5 км [1]. Масса ракеты 7 кг.

Стартовый стол представляет из себя конструкцию, состоящую из направляющих, скрепленных между собой кольцами (в количестве пяти штук). Для точной фиксации направляющих устанавливается платформа, служащая основанием стартового стола. В качестве направляющих используется четыре алюминиевые трубы длиной 2,5 м. При установке стартового стола направляющее заглубляется в грунт. Скрепляющие кольца закрепляются на расстоянии от направляющих с помощью шпилек, на конце которых расположены специальные крепления, изготовленные с помощью аддитивных технологий. На втором и пятом кольце, считая от поверхности грунта, находятся крепления, предназначенные для установки растяжек. Растяжки с помощью карабинов прикрепляются к кольцам (второму и пятому в количестве четырёх штук на каждое кольцо) стартового стола, далее идет ряд вспомогательных элементов, с помощью которых к карабинам прикрепляется стальной трос. К концу каждого троса присоединяется талреп, предназначенный для натяжения растяжек. Растяжки устанавливаются в грунт при помощи штырей, прилепленных к талрепам.

Для удобства установки ракеты-носителя на пусковой стол и подготовки её к старту одна из направляющих выполнена откидывающейся. При этом третье кольцо, считая от поверхности грунта, является разъемным, что также облегчает установку ракеты на стартовый стол. Перед пуском, после проведения всех работ с ракетой-носителем, откидная направляющая и разборное кольцо собираются в цельную конструкцию.

Также на третьем кольце, считая от поверхности грунта, расположены крепления для установки стартового электронного оборудования, которое необходимо для обеспечения безопасного дистанционного запуска ракеты-носителя.

После установки ракеты на стартовый стол, окончательной сборки стартового стола и проверки пусковой электроники можно производить пуск ракеты. Дистанционный запуск осуществляются по wi-fi каналу.

На представленном стартовом столе было проведено три запуска ракеты-носителя измерительного оборудования типа «РН-Д1». Данная конструкция показала себя удобной в эксплуатации и быстро развертываемой в полевых условиях. Также она отличается компактностью и надежностью.

Список использованных источников:

1. О. А. Мальцева, В. Э. Юденков, О. И. Голованских, А. Ф. Митько Модернизация ракетного носителя измерительного оборудования // Молодежь. Техника. Космос: труды тринадцатой общерос. молодежн. науч.-техн. конф. В 2 т. Т. 1. / Балт. гос. техн. ун-т. — СПб., 2021. — 372 с.

Анализ закономерностей развития систем разделения РН

Юрченко М.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гуров Г.А.

МАИ, Москва

Во многих отраслях человеческой деятельности регулярно возникает задача изобретения нового технического объекта, который должен выполнить какую-либо требуемую функцию. Поиск пути решения этой задачи — достаточно сложный процесс. И чтобы его упростить, можно заглянуть в прошлое и узнать, как другие инженеры решали подобные задачи.

В данной работе рассмотрены способы решения некоторых технических задач, возникших при разработке систем отделения частей ЛА и РН друг от друга в полёте.

Такая задача впервые появилась на заре авиации, во время первой мировой войны, когда потребовалось устройство сброса бомб с самолёта или дирижабля. Возникло противоречие — необходимо надёжно удерживать бомбу на протяжении всего полёта, но сильно крепить её нельзя, чтобы пилот смог её сбросить за 1 движение. Это противоречие было разрешено использованием открывающегося дна у самолёта, а замок на дверцах раскрывался, когда пилот тянул за верёвку.

С течением времени такие устройства нужно было подстраивать под постоянно меняющиеся условия. Менялись характеристики ЛА и отделяемых грузов, требовалось выполнение этими устройствами новых функций, иногда противоречащих между собой. Например, необходимо было увеличивать массу боеприпасов, и одновременно с этим — уменьшать силу, с которой пилот осуществляет сброс.

Для выполнения новых функций идёт развёртывание, усложнение системы — добавляются новые элементы в механизм. Например, из-за возросшей массы бомб, вводится дополнительное устройство, раскрывающее замок бомбодержателя. А чтобы пилот смог сделать сброс серий — специальный бомбосбрасыватель на несколько замков.

Потом, в 1930-х годах идёт массовое внедрение электричества в самолёты, поэтому получают распространение электрифицированные приводы замков бомбодержателей (электромагнитные, пиротехнические, пневматические). В последующие годы из-за нарастающей мировой напряженности идёт интенсивная конструктивная эволюция систем сброса боеприпасов. И через некоторое время разнообразие этих систем позволяет выполнять широкий спектр боевых задач.

В послевоенный период идёт процесс универсализации: системы разделения используются с другими целями, например, при катапультировании лётчика.

С приходом эры космонавтики пришлось ещё больше усложнять систему разделения, так как при работе с РН появляются совершенно новые требования. И чтобы их выполнять, инженеры воспользовались методом формулировки идеального конечного результата: компоненты, имеющиеся в системе, сами собой, без дополнительных затрат энергии выполняют свои функции.

Таким образом, при проектировании ракет Р-7 и Союзов, удалось придумать несколько очень удачных решений:

- Создание некоторого угла между направлением тяги бокового ускорителя и его продольной осью для начала отвода от 2 ступени, используя возникающий момент сил;
- Использование оставшихся газов в баках боковых ускорителей для завершения отвода от 2 ступени;
- Использование шаровой опоры на верхушке ускорителей, которая выполняет сразу несколько важных функций...

В итоге, грамотно подойдя к задаче, инженерам удалось так спроектировать систему разделения ракеты Р-7, что большинство из применённых решений доказывают свою эффективность и по сей день.

Ко всем инженерным решениям, представленным в истории развития данной технической системы, можно прийти, используя специальные приёмы решения задач. Эти приёмы позволяют активизировать мышление для того, чтобы найти различные оригинальные пути решения. В результате, каждому нынешнему инженеру необходимо владеть такими приёмами, которые предоставляет нам дисциплина «Теория поиска и принятия решений».

Список использованных 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. Молодцов В.В., Дашков А.А. История создания семейства ракет Р-7, 2001 — Текст: электронный // Эпизоды космонавтики. — URL: <http://epizodsspace.narod.ru/bibl/akiem/5-r7.html> (дата обращения 07.01.2022 г.);

3. Некоторые подробности о разделении первой и второй ступеней советских/российских ракет пакетной схемы — Текст: электронный // КИК СССР. — URL: https://www.kik-sssr.ru/IP_4_Turatam_old_Razdel_1.htm (дата обращения 07.01.2022 г.);

4. Бомбардировочное вооружение самолёта — Текст: электронный // Энциклопедия по машиностроению XXL. — URL: <https://mash-xxl.info/page/027131099001209192150160132185244141030113176059/> (дата обращения 04.01.2022 г.);

5. Всего и побольше — Текст: электронный // Warspot. — URL: <https://warspot.ru/8250-vesgo-i-pobolshe> (дата обращения 04.01.2022 г.).

Оценка параметров винтомоторной группы мультироторного летательного аппарата для исследования Венеры

Яценко М.Ю., Рыжков В.В.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Для советских ученых и инженеров Венера долгое время оставалась «русской планетой», к которой СССР в течение двадцати лет отправил порядка двадцати космических аппаратов, собрав большое количество ценной информации. Именно советские космические станции первыми достигли поверхности Венеры, получили фото- и телематериалы, взяли пробы грунта. Сегодня ученые, специалисты и инженеры российской космической отрасли планируют продолжить исследование Венеры, для чего в конце текущего десятилетия планируется к запуску автоматическая межпланетная станция «Венера-Д».

В качестве одного из технических средств исследования атмосферы и поверхности планеты Венера в составе перспективного венерианского космического аппарата авторами предлагается использовать мультироторный летательный аппарат (МРЛА), который может функционировать в заданных эшелонах высот (зонах), параметры атмосферы которых отличаются, например:

- диапазон высот высокой температуры и плотности атмосферы (0÷40 км);
- диапазон высот прямой видимости в оптическом диапазоне днем (0÷45 км);
- диапазон высот с дымкой на ночной стороне (30÷90 км);
- диапазон высот, постоянно закрытый облаками (50÷60 км).

Объектом исследования в приведенной работе является винтомоторная группа (ВМГ) МРЛА, т.е. устройство, создающее тягу и состоящее из двигателя, воздушного винта и некоторых дополнительных узлов, систем и агрегатов.

В ходе работы произведен оценочный расчет параметров ВМГ при движении МРЛА в определенном эшелоне высот и построены соответствующие графики для наглядного представления полученных математических зависимостей.

Поскольку ВМГ выделена как подсистема МРЛА, проведенные оценочные расчеты и анализ их результатов являются частью проработки проектных параметров и облика всего мультироторного летательного аппарата.

Список использованных источников:

1. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. Концепция исследования Венеры с помощью мультироторного летательного аппарата // Сборник избранных научных докладов по итогам XLVI Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения» — М.: МАИ, 2020. — С.311-321.

2. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. К вопросу о включении в программу исследования Венеры дополнительных технических средств // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 30 марта-2 апреля 2021 г.). Сборник тезисов: в 4 т. Т.2: тезисы докл. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. — С.222-226.

3. Свердлов С.З. О компоновке многороторного беспилотного вертолета (мультикоптера) // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. — 2018. — №2. — С.20-24.

4/ Обуховский А.Д. Аэродинамика воздушного винта. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. — 80 с.

Секция №5.2 Анализ и синтез аэрокосмических систем

Анализ и уточнение температуры грунта на разных глубинах бурения на Южном полюсе Луны

Азангу Донгмо Павел Эрик
Научный руководитель — Фирсюк С.О.

МАИ, Москва

В настоящее время попытки подтвердить наличие воды на южном полюсе Луны находятся в центре внимания почти всех организаций, связанных с космическими исследованиями (как государственных, так и частных). Исходя из уже полученных данных параметров лунного грунта (под названием Реголит), у нас есть возможность уточнить температурные параметры грунта на некоторых глубинах на поверхности Луны. Актуальным представляется решение следующих задач:

- Определение температурной взаимосвязи между лунным грунтом и буровым устройством по мере того как бур углубляется с некоторыми ограничениями;
- Оценка осуществления теплосъема с бура;
- Уточнение температуры Реголита на разных глубинах бурения;
- Оптимизация циклограммы работы бура при варьировании нескольких параметров (диаметра бура, мощности тепловыделения и коэффициента теплоотдачи бурового устройства);
- Уточнение мощности тепловыделения в месте резания.

Как видно, ещё много предстоит сделать учёным и инженерам Аэрокосмических отрасли во всём мире. Поэтому мы решили участвовать в этой миссии с вариантом решения по крайней мере одной из этих задач с желанием её физически реализовать и применить на будущих разведывательных миссиях на Южном полюсе Луны.

Для решения целого ряда народнохозяйственных и оборонных задач, связанных с образованием скважин в грунте, а также доставкой полезной нагрузки в заданную область грунтового пространства и (или) возвращением ее на поверхность грунта, целесообразно использовать террадинамические системы, что обусловлено:

- а) трудностью, а порой невозможностью решения подобного рода задач существующими видами техники;
- б) увеличением количества и степени защищенности заглубленных в грунт объектов на современном театре военных действий;
- в) возможностью применения в народном хозяйстве накопленного к настоящему времени энергетического потенциала в виде зарядов твердого топлива, отслуживших установленный срок.

Космический аппарат для исследования Марса

Банников А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В настоящее время, Марс — важная для исследований планета. Изучение поверхностных слоев Марса, а также его грунта и, непосредственно, самой поверхности дает нам более яркое представление об этой планете. Важность ее изучения обосновывается тем, что она является ближайшим «соседом» для нас и очень перспективна с точки зрения ее колонизации. И именно разработка и запуск космических аппаратов позволят человечеству подготовить «почву» как для освоения красной планеты, так и для добычи ресурсов на ее поверхности.

В данной работе был проведен анализ создания, запуска и поддержания активного существования межпланетной автоматической станции (АМС) у небесного тела солнечной системы (в нашем случае — это Марс). Данный беспилотный космический летательный

аппарат следует готовить к долгосрочному пребыванию в атмосфере красной планеты, а спускаемый аппарат на поверхности планеты соответственно. Именно поэтому они должны содержать в себе наиболее эффективные и качественные источники энергии и связи, для поддержания своей работоспособности на протяжении долгого времени и активной связи с Земной станцией.

Для данных исследований предполагается использовать уже существующий проект «Mars-express» [1], но с некоторыми видоизменениями, учетом ошибок и проработкой более новой научной аппаратурой с целью расширения возможностей космического аппарата.

Целью данной работы является разработка космического аппарата и определение его компоновки и характеристик, постановка целей миссии. Они будут необходимыми при разработке и должны будут выполняться АМС и спускаемым аппаратом, которые и составляют весь космический аппарат. Также определение космической миссии разрабатываемого аппарата, с полным анализом и выбором космического комплекса и последующей валидацией и верификацией миссии.

Список использованных источников:

1. КА «Марс-экспресс» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mars.nasa.gov/express/overview/>

Planet Labs, как пример роя малых спутников

Беседа М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Баранов П.Н.

МАИ, Москва

Planet Labs Inc. — это компания специализированная на анализе пространства и данных, базирующаяся в Сан-Франциско, в Калифорнии. Компания практикует, строит и эксплуатирует огромные рои наноспутников предназначенных для наблюдения за Землей, с целью отобразить всю планету с беспрецедентной четкостью. Planet Labs стремится обеспечить всеобщий доступ к информации об изменении планеты, чтобы дать возможность её применения как в коммерческих, так и в гуманитарных целях.

Концепция операций Planet Labs принципиально отличается от других спутников дистанционного зондирования, так как их космические аппараты всегда направляют свои камеры в сторону надир и остаются все время включенными. Одна орбитальная плоскость спутников, указывающих на надир, может давать изображение всей планеты каждый день, если их, конечно, достаточно. Также такие спутники позволяют использовать небольшое число наземных станций для загрузки всех данных [1].

Работа с роями спутников таких размеров представляет уникальную проблему, которая заключается не только в определении орбиты и контролировании нахождения спутника на ней. Необходимость отслеживать каждый спутник предельно точно и возможность запускать, рассредоточивать и затем выдерживать положение на орбите — это решающие аспекты для оптимального функционирования роя.

Рассмотрим схему запуска и формирования роя наноспутников, использованной компанией Planet Labs в 2017 году для запуска 88-ми 3U-кубсатов — унифицированных спутников в виде прямоугольного параллелепипеда с размерами 10см x 10см x 30см.

Предполагается, что спутники отделяются от ракеты-носителя один за другим с одинаковым временным интервалом между аппаратами. Скорость отделения одинакова для всех кубсатов, но из-за неточности системы запуска имеются ошибки в скоростях отделения [1].

Высота всех аппаратов изначально разная из-за того, что они отделяются от ракеты по-разному. Сервис space-track.org [2] позволяет для каждого околоземного спутника получить данные по его орбите, обновляемые примерно раз в день (как текущую орбиту, так и все предыдущие измерения). Можно проанализировать, как вели себя орбиты спутников Planet Labs, запущенных на той ракете.

Если составить график зависимости высоты орбиты от времени для каждого спутника, то станет понятно, что несколько аппаратов выбиваются из общей группы. Это объясняется

тем, что все эти спутники летают на низких орбитах и имеют раскладные солнечные панели, а это значит, что, поворачивая спутник разными сторонами к направлению движения, можно влиять на сопротивление воздуха, который на этой высоте, конечно, очень сильно разрежен, но всё равно ощущается [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что аппараты, отделившиеся от роя, неправильно использовали способ торможения, описанный выше. То есть они утратили возможность держать ориентацию.

Потеря спутников не единственная проблема Planet Labs. Если опираться на высказывание Генри Халлама [1], идеальный расклад для компании, это когда спутники выпускаются с одной ракеты на высоте 475 км на солнечно-синхронной орбите. На деле они были выпущены на высоте около 500 км и долго выходили на рабочую орбиту [2]. Помимо этого, чтобы добиться ежедневных многократных пролетов над каждым участком количество спутников должно быть не меньше 105. Также необходимо учитывать пробелы в зоне покрытия в местах, где спутники расположены далеко друг от друга.

Самым простым решением этой проблемы является увеличение количества спутников в рое, но чтобы сохранить численность роя необходимо минимизировать ошибки в фазировании орбиты, чего можно добиться путем интеграции пассивной магнитной системы ориентации в наноспутники.

Список использованных источников:

1. Foster C., Hallam H., Manson J. Orbit determination and Difference Drag Control of Planet Labs Cube Sat Constellation. AAS15–524.

2. Satellite catalog [Электронный ресурс]. URL: Space-Track.Org (Дата обращения: 20.11.2021) (Доступ для зарегистрированных пользователей).

3. Иванов Д. С., Овчинников М. Ю., Шестаков С. А. Перспективные способы управления групповым полётом малых спутников // стр. 75-77 УДК 629.78

Лунная орбитальная станция, как первый этап в освоении и изучении Луны

Борисов В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В наше время ближайшее к нам космическое тело изучено куда меньше, чем гораздо более удалённый Марс. Однако необъективно забытая для изучения Луна, может дать нам еще множество полезной информации при ее всестороннем изучении. Так, например, исследование Луны сможет дать нам понимание ранней истории эволюции планет земной группы так, как поверхность Луны не подверглась интенсивному изменению за 4,5 миллиарда лет существования Солнечной системы. Для космологии установление происхождения Луны может дать знания процессов, которые формировали Землю, ввиду тесной связи между Луной и Землей. А близость и доступность спутника, по сравнению с другими небесными телами, делают ее привлекательной не только для проведения фундаментальных, но и прикладных исследований.

Однако, исследование — это не единственное для чего может служить естественный спутник Земли. Большие инвестиции в исследование и освоение космоса, оправданы в том случае, если способствуют решению глобальных проблем. Поверхность Луны обладает всеми ресурсами, необходимыми для дальнейшего устойчивого развития нашей цивилизации. Например, проблемы энергетического кризиса можно решить, используя Луны для создания на ее поверхность полномасштабной системы энергоснабжения Земли. Вышперечисленные факторы дают нам понимание о необходимости продолжения изучения и освоения Луны.

Лунная орбитальная станция позволит на ранних стадиях достичь многообразности в использовании транспортных систем на трассе Земля-Луна. В дальнейшем ЛЮС стала бы пересадочной станцией между Землей и поверхностью Луны, а также служит космопортом

для будущих экспедиций к различным телам Солнечной системы. На борту станции могут проводиться программы экспериментов по изучению Луны и дальнего космоса.

В техническом плане на современном уровне развития отечественной космической техники, имея опыт в создании и эксплуатации орбитальных станций «МКС», «Мир», создание ЛОС является возможной. Однако стоит учесть, что строительство лунной орбитальной станции потребует огромного объема работ не только по выведению модулей станции на их целевую орбиту, но и по ее эксплуатации, из-за этого возникает необходимость международного сотрудничества.

Список использованных источников:

1. Шевченко, В.В. Современные проблемы Лунных исследований / В. В. Шевченко // Исследования Солнечной системы: космические вехи, Междунар. симпозиум по исследованию Солнечной системы 4M-S, 4, 14-18 октября 2013 г.(г.Москва). Междунар. симпозиум по исследованию Солнечной системы 4M-S (4; 14-18 октября 2013 г.; М.). Материалы научной сессии, посвященной 80-летию академика М.Я. Марова / Ин-т космич. исследований РАН; под ред. А.В.Захарова. — М.: ИКИ РАН, 2015. — 512 с.: ил. — Библиогр. в конце ст. — ISSN 2075-6836.

2. Луна — шаг к технологиям освоения Солнечной системы / Под научной редакцией В.П. Легостаева и В.А. Лопоты. — Москва: РКК «Энергия», 2011. — 584 с.: ил., Табл. 44. — Библиогр.: 400 найм. — ISBN 978-5-91820-046-9

Некоторые закономерности развития систем подачи топлива в ЖРД

Волков К.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гуров Г.А.

МАИ, Москва

В процессе разработки системы подачи топлива в жидкостный ракетный двигатель перед инженерами возникает множество задач: обеспечить определённое давление топливных компонентов на входе в камеру сгорания, получить простую систему с минимальной массой, не допустить процесса кавитации и неустойчивой работы двигателя. Стремление получить более высокий удельный импульс двигателя приводит к постановке новых задач. Удовлетворять противоречивым требованиям и улучшать характеристики двигателя разработчикам помогает знание закономерностей развития технических систем, методов разрешения противоречий [1].

В работе проведён анализ закономерностей развития системы подачи топлива в ЖРД и использованных приёмов решения задач. Данная тема является актуальной, так как представленные в статье методы помогают определять возможные стратегии решения инженерных задач.

На начальном этапе развития ракетной техники для подачи компонентов топлива в ЖРД применялась вытеснительная система подачи, а позже была разработана насосная схема. В процессе развития ЖРД к системе подачи топлива предъявляются всё новые требования: обеспечить более высокое давление и более точное дозирование компонентов на входе в камеру сгорания, получить возможность многократного запуска двигателя. Новые требования приводят к необходимости решения всё более сложных инженерных задач, совершенствованию существующих систем подачи.

В работе рассмотрены закономерности развития технических систем. Вытеснительная система подачи усложняется для улучшения выполняемых функций: появляются вспомогательные топливные компоненты, новые редукторы, — проявляется закономерность развёртывания технической системы. Особое внимание в работе уделяется закономерности конструктивной эволюции. Появление в своё время насосной системы подачи можно рассматривать как переход технической системы на другой физический принцип действия, когда вытеснительная система не может обеспечить более высокое давление топливных компонентов. Создание турбонасосного агрегата является примером проявления системного эффекта: получить необходимое число оборотов центробежного насоса можно только в случае объединения его в одну систему с газовой турбиной. В работе описана линия

развития насосной системы подачи: уменьшение числа компонентов топлива, появление замкнутой схемы, демонстрируются задачи, которые возникали в процессе улучшения характеристик ЖРД.

Развитие технической системы сопровождается появлением нежелательных эффектов. В данном исследовании проанализированы методы борьбы с ними. Например, неустойчивость горения устраняется с помощью применения ресурса пространства — разделение камеры сгорания на отсеки. Для того, чтобы не допустить кавитационного режима работы насосов, выполняется наддув газом топливных баков. Здесь использован приём «введение дополнительного компонента в техническую систему».

Следует отметить, что при разработке системы подачи топлива возникают ситуации, когда необходимо удовлетворять противоречивым требованиям. В статье рассматривается пример одновременного возникновения конфликтующих требований: температура топливных компонентов должна быть высокой, чтобы двигатель имел высокую скорость истечения, и температура топлива должна быть низкой, чтобы не разрушить турбину. Показано, что предельно обостряющая конфликт свойств формулировка противоречия позволяет найти эффективный метод его разрешения, возможность удовлетворить обоим требованиям.

Анализ технических решений, которые были применены в процессе разработки системы подачи топлива в ЖРД, показал, что знание закономерностей развития может указать направление дальнейшего совершенствования технической системы. Понимание методов и приёмов решения технических задач позволяет находить эффективное решение, быстро подбирать необходимые ресурсы. Грамотное формулирование противоречия даёт возможность найти метод его разрешения.

Список использованных 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. Григорьян В.Г., Евдокимов К.В., Назаренко И.П. Двигатели космических летательных аппаратов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. — 88 с.: ил.

Анализ применения малых космических аппаратов в научных целях в отечественной космической программе

Воронин С.А.

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

В настоящее время в практике зарубежных космических агентств присутствует тенденция к всё более активному применению малых космических аппаратов (МКА). Их использование не ограничивается узким кругом вариантов применения — малые аппараты способны практически на весь спектр задач, решаемых их большими братьями. В них есть ряд определенных преимуществ, которые будут рассмотрены в данной работе. Целями работы являются краткий экскурс в понятие «малый космический аппарат», рассмотрение существующих зарубежных миссий МКА, рассмотрение достоинств миссий с МКА для отечественной космической программы и страны в целом. Объектом исследования является индустрия малых космических аппаратов. Предметом исследования являются уже существующие зарубежные миссии с участием МКА. Научная новизна заключается в выведении достоинств и доказательстве того, что индустрия МКА крайне необходима Российской Федерации. Теоретическая значимость работы заключается в том, что в перспективе результаты, принципы и выводы, полученные в ходе выполнения данной работы, могут быть использованы как задел и использованы при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). В исследовании были

рассмотрено понятие «малый космический аппарат»; рассмотрены некоторые примеры использования малых космических аппаратов с целью демонстрации технологий в зарубежных космических миссиях; приведены доводы, подтверждающие необходимость развития сектора малых космических аппаратов в научных целях в российской космической программе. Степень достоверности полученных результатов, приведенных в работе, достигнута путем использования как знаний, полученных за долгий период исследования перспективных космических технологий, так и результатов исследований последней пары лет, а также большим применением научных публикаций по теме работы. Пути развития данной работы заключаются в более детальном рассмотрении вопроса использования малых космических аппаратов в научных целях и в целях демонстрации технологий.

Исследование технологий трёхмерной печати для построения обитаемых помещений на Луне и проведение соответствующих экспериментов

Калинина Е.О.

Научный руководитель — доцент, Береговой В.Г.

МАИ, Москва

На сегодняшний день Луна является объектом, в исследовании которого заинтересованы многие страны, такие как Россия, Китай и другие. Актуальность изучения Луны — это создание обитаемых лунных баз, которые в перспективе позволят провести ряд новых исследований во внеземных условиях. Создание базы на Луне необходимо производить с помощью доступных ресурсов непосредственно на самой Луне, так как транспортировка необходимых объектов, устройств и материалов будет очень дорогой. Поэтому для того, чтобы построить научно-исследовательскую базу с помощью ресурсов Луны необходимо проанализировать, какой из методов возможно реализовать на лунной поверхности, и как добывать реголит, который будет использован в качестве материала.

В данном случае преимущество имеет такое направление, как создание конструкций с помощью «мобильного 3D-принтера». Направление имеет несколько вариантов таких принтеров. Один из вариантов — это 3D-принтер, установленный на платформу, который будет подгревать реголит к основанию базы и ездить кругами от основания к макушке купола, постепенно расплавляя реголит, слой за слоем. В качестве материала можно использовать реголит, для нагрева строительного материала — солнечное излучение. 3D-принтер данного типа будет послойно плавить реголит, а не спекать его, что позволит создавать сооружения с достаточной герметичностью, с любой толщиной стен и перекрытий, и будет гарантировать безопасность инженерных коммуникаций от метеоритов, радиации и температурных колебаний. Другой вариант — 3D-принтер, который будет печатать строительные блоки из реголита. В качестве материала останется реголит, а вот источник нагрева пока неизвестен.

Последний вариант имеет несколько существенных недочётов. Первое, дополнительно потребуются какие-то роботизированные аппараты, которые будут из этих блоков возводить сооружение. Второе, стыки между блоками нужно будет дополнительно чем-то промазывать, и не факт, что получится добиться нужной герметичности, как при послойном плавлении.

За последние несколько лет разработчики из разных стран достаточно далеко продвинулись в разработке специализированных космических 3D-принтеров. Однако в ближайшие годы возможен еще более интересный скачок технологий в этом направлении. Что повлечет за собой новые возможности реализации рассмотренного проекта.

Список использованных источников:

1. Большая российская энциклопедия ЛУНА [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bigenc.ru/physics/text/2150744>

2. Как 3D-печать проложит путь к колонизации Луны? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/kak_3dpechat_prolozhit_put_k_kolonizatsii_luny

3. Лунное строительство, как важный этап в освоении луны / под редакцией Ю.Аникеева. 2019. с. 3 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.laspacespace.ru/upload/novator/%E2%84%962_19.pdf

4. Автоматическая станция «Луна-17» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.laspacespace.ru/projects/planets/luna-17/>

5. Анализ методов строительства конструкций лунных станций / под редакцией А.В. Багров, К.М. Нестерин, К.М. Пичхадзе, В.К. Сысоев, А.К. Сысоев, А.Д. Юдин. 2014. с 75-80 [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

<https://www.laspacespace.ru/upload/iblock/963/9631ce43d28911405404777ba93b768b.pdf>

6. Автоматическая межпланетная станция "Луна-28" [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.laspacespace.ru/projects/planets/luna-grunt/>

Создание информационно-справочной системы для анализа тенденций и направлений развития аппаратуры и систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в мире

Козлова Д.С., Маносьева Е.А.

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

МАИ, Москва

Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса — быстро развивающееся направление космических технологий, которое находит применение в науках о Земле и во многих отраслях экономики — в сельском хозяйстве, геологии, лесоводстве, охране окружающей среды, управлении территориями, образовании и в военных целях.

Как в любой быстроразвивающейся технологической отрасли в индустрии ДЗЗ происходят существенные структурные изменения — создаются многоспутниковые группировки космических аппаратов (КА) ДЗЗ, в основном коммерческих операторов, в составе целевой аппаратуры КА ДЗЗ растет относительная доля радиолокаторов и оптических систем съемки в инфракрасном (ИК) диапазоне. Спецификой последних лет стало развитие национальных систем ДЗЗ. Нигерия, Венесуэла, Перу, ОАЭ, Вьетнам и другие страны стали операторами собственных спутников ДЗЗ. В ближайшие годы тенденция создания национальных систем ДЗЗ будет охватывать все новые страны, что будет способствовать дальнейшему развитию индустрии производства космических аппаратов ДЗЗ и рынка пусковых услуг. Быстро увеличивается число стран-операторов систем ДЗЗ и число спутников ДЗЗ на околоземных орбитах, что затрудняет анализ информации и выявление тенденций в отрасли.

Решить указанные проблемы позволит информационно-аналитическая система (ИАС) КА ДЗЗ, которая позволяет наглядно представить данные запущенных спутников, их основные характеристики, оперативно выявлять тенденции в развитии аппаратуры ДЗЗ и определять приоритеты национальных программ ДЗЗ на основе ежегодного выявления изменений в группировках спутников разных стран (приведен пример анализа запусков 2021 года). Практическая значимость предлагаемой ИАС состоит в том, что ИАС позволяет определять наиболее востребованные сегменты рынка данных ДЗЗ и типы съёмочной аппаратуры, на которые концентрируют усилия ведущие космические державы и компании-лидеры разработки аппаратуры ДЗЗ, а также выявить потенциальные рынки для создания национальных систем ДЗЗ в сотрудничестве с Россией.

Так, ИАС показывает, что лидером по запускам в 2021 году в категории крупногабаритных спутников ДЗЗ массой от 100 кг стал Китай — 21 КА ДЗЗ, намного опередив другие страны-лидеры, в том числе США (6 спутников) и Россию (3). В категории микроспутников массой от 10 до 100 кг лидируют США (11 КА), за ними следуют Китай (8) и Финляндия (6). В категории запусков наноспутников массой до 10 кг с большим отрывом лидируют США — 50 наноспутников, из них 48 принадлежат коммерческой группировке компании «Planet», за ними следует Китай (8). В целом анализ итогов 2021 года показывает острое соперничество между Китаем и США в разных категориях КА ДЗЗ, причем Китай

значительно опережает в категории крупноразмерных спутников государственных операторов.

ИАС на основе анализа большого объема открытых данных позволяет классифицировать КА ДЗЗ по назначению, государственной принадлежности, оператору, по орбитам и массогабаритным параметрам, по характеристикам съёмочной аппаратуры ДЗЗ.

Разработанная ИАС позволяет анализировать состояние отрасли ДЗЗ на основе наиболее объективных показателей — числа и параметров запускаемых спутников со съёмочной аппаратурой. ИАС может найти применение при определении и прогнозировании технических тенденций, анализе рыночного спроса, разработки маркетинговой стратегии и решении других задач.

Оценка перспектив добычи на Луне минералов или веществ для производства компонент ракетного топлива для жидкостных и электрических ракетных двигателей

Ксензов И.А.

Научный руководитель — доцент, Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Топливо будет необходимо для дозаправок ракет и КА, отправляющихся к другим объектам солнечной системы. Производство топлива непосредственно на Луне в перспективе является более выгодным и удобным вариантом, чем его постоянная доставка с Земли.

Основываясь на информации о составе реголита и о возможных вариантах сочетаний окислитель-горючее для жидкостных ракетных двигателей (далее ЖРД) наиболее реальным с точки зрения реализации добычи становятся компоненты кислород-водород. Для электрических ракетных двигателей (далее ЭРД) такими компонентами являются гелий (для электростатических ЭРД) и аргон (для электромагнитных ЭРД).

С помощью спектрометров ближнего инфракрасного, ультрафиолетового и видимого диапазонов установлено, что наиболее удобной локацией для добычи кислорода и водорода являются полюса Луны [1]. Газообразные элементы, такие как гелий и аргон распространены в реголите повсеместно, но их концентрация непостоянна [2].

Для определения зон повышенного содержания необходимых нам элементов, которые и станут зонами их добычи, потребуется провести дополнительные исследования. Сделать это можно с помощью исследовательских луноходов, оснащенных системами, способными проводить химико-минералогический и спектральный анализы реголита. Основываясь на полученных из исследования данных, будет составлена более детальная карта распределения элементов по поверхности Луны. В свою очередь это позволит определиться с возможными местами добычи, и начать разработки добывающих комплексов.

Таким образом, основной задачей оценки перспектив добычи компонент топлива на Луне становится поиск зон повышенного их содержания, а также разработка луноходов способных этот поиск осуществлять. Из-за схожести миссий разработку луноходов можно упростить, проводя ее, основываясь на уже существующем аппарате «Curiosity» [3].

Список использованных источников:

1. «LCROSS Impact Data Indicates Water on Moon». — URL https://www.nasa.gov/mission_pages/LCROSS/main/prelim_water_results.html
2. Флоренский К. П., Базилевский А. Т., Николаева О. В. ЛУННЫЙ ГРУНТ: СВОЙСТВА И АНАЛОГИ. — Академия наук СССР // Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. — 1975 Г.
3. «Curiosity Rover Mission Overview» — URL [Overview | Mission — NASA's Mars Exploration Program](https://www.nasa.gov/mission/mars/curiosity/mission-overview)

Малая долгоживущая станция для исследования Венеры

Панина Ю.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Венера планета-сестра Земли, ближайшей не только по расстоянию, но и по физическим параметрам (размер, масса, плотность, количество энергии, получаемой от Солнца), образовавшаяся из того же протопланетного материала, что и Земля, но разительно отличающейся от нее агрессивным климатом, которым она обязана своему эволюционному пути, отличному от земного. Венера является основным ключом к пониманию парникового эффекта.

Венера — сложная для исследований планета: на её поверхности давление 92 атмосферы углекислого газа, температура почти 470°C, которая обеспечивается парниковым эффектом в углекислотной атмосфере. Сернокислотный сплошной облачный слой толщиной 20 км, расположенный в пределах высот 50-70 км, делает сложными дистанционные измерения подоблачной атмосферы и поверхности, поэтому прямые измерения внутри облачного слоя, нижней атмосфере и на поверхности, не проводившиеся более 30 лет, являются исключительно важными.

Еще одним усугубляющим фактором является то, что у Венеры отсутствует собственное магнитное поле, что предполагает отличие внутреннего состава планеты; и в 5 раз меньше воды, чем на Земле (в настоящее время 3 см осажденной воды, против 3 км на Земле). Отношение тяжелого изотопа дейтерия к водороду на Венере превосходит земное в 200 раз. Легкие изотопы покидают планету, в то время как тяжелые в основном остаются в атмосфере. Незащищенная магнитным полем, атмосфера рассеивается солнечным ветром.

Вследствие таких агрессивных условий эксплуатации разработка аппарата, способного просуществовать длительный срок в атмосфере планеты, является трудно осуществимой на практике задачей. При его проектировании необходимо учитывать множественные факторы, негативно влияющие как на внешнюю конструкцию, так и на внутренний состав. Также следует уделить особое внимание материалам, из которых изготавливаются не только внешний корпус, но элементы аппаратуры, такие как датчики, теплоизоляция, чувствительные элементы и т.д.

Целью данного исследования является разработка внешнего облика и внутренней компоновки долгоживущей станции, способной просуществовать в агрессивной среде на поверхности Венеры длительный промежуток времени. Создание такого аппарата и его дальнейшее размещение на поверхности планеты поможет провести более полный анализ параметров атмосферы, грунта и т.д.

Для анализа параметров Венеры аналоги долгоживущей станции ранее не использовались. Приблизительное время жизни ДС на поверхности планеты должно быть не менее 90 дней. Конструкция станции и используемые материалы учитывают экстремальные условия в нижних слоях атмосферы Венеры, поэтому проработка теплоизоляции является важнейшей задачей. Аналогом такой станции является LLISSE (Long-Lived In-Situ Solar System Explorer), концепция которой была разработана в 2019 специалистами NASA центра Гленна.

Долгоживущая станция разрабатывается по подобию с проектом LLISSE. ДС выполняется в форме куба размером 150 мм и массой приблизительно 10 кг и функционирует на поверхности планеты до 90 дней. В состав станции входят два источника энергии: работающий от ветра и работающий от кремниевого аккумулятора. Датчики, установленные на аппарат, являются маломощными, но способны выдерживать высокие температуры, такие как на Венере, за счет того, что электроника, изготавливаемая для долгоживущей станции, состоит из карбида кремния.

Основываясь на анализе изученных материалов можно сделать вывод, что проработки и технических возможностей посадочного аппарата для венерианской миссии, ввиду конструктивных особенностей, не хватит для подробного изучения параметров планеты.

Поэтому для более эффективного и детального анализа необходимо включить долгоживущую станцию в состав элементов миссии.

Список использованных источников:

1. Kremic, Tibor; Hunter, Gary W., «Long-Lived In-Situ Solar System Explorer (LLISSE): Potential Contributions to the Next Decade of Solar System Exploration,» в VEXAG Annual Meeting 2019, Boulder, CO, 2019.
2. В. Н. Гушин, Основы устройства космических аппаратов, Москва: Машиностроение, 2003.
3. Bullock, Mark A.; Senske, D. A.; Balint, Tibor; Benz, A.; Venus Flagship Mission Study: Report of the Venus Science and Technology Definition Team, 2009.

Первичные модули Лунной базы

Перимбаева Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В век стремительно совершенствующихся космических технологий одним из самых перспективных направлений развития является колонизация тел Солнечной системы. Луна давно рассматривается, как кандидат на заселение. Несравненным достоинством является ее близость к Земле. Кроме того, Луна богата различными полезными ископаемыми и представляет интерес, как объект для изучения и проведения на нем уникальных экспериментов, которые невозможно осуществить в земных условиях. Практически полное отсутствие атмосферы также дает определенные преимущества. Лунную поверхность можно использовать для строительства заводов по производству электроники и металлургических предприятий: земная атмосфера значительно ухудшает качество литья и сварки и делает невозможным создание сверхчистых сплавов и подложек микросхем в крупных объемах. Размещение на Луне телескопов позволит получить более детализированные изображения. К тому же Луна может стать космодромом для исследования дальнего космоса.

Создание обитаемой базы на поверхности Луны является одним из этапов ее колонизации. Технически конкретные и современные по научному подходу описания проектов Лунной базы стали появляться после 1946 года. В них рассматриваются различные варианты для проживания: искусственные сооружения, использование естественных полостей и прочие. На данный момент большинство проектов предполагают использование нескольких модулей разного назначения. Обитаемую базу целесообразно строить с использованием опыта создания долговременных орбитальных станций, таких как «МКС» и «Мир».

Таким образом, создание ЛБ является актуальным проектом, осуществление которого возможно в ближайшие десятилетия. В данной работе рассмотрены возможный состав и конфигурация первичной ЛБ и затронуты проблемы, связанные с ее транспортировкой и размещением.

Список использованных источников:

1. Луна — шаг к технологиям освоения Солнечной системы / Под научной редакцией В.П. Легостаева и В.А. Лопоты. — Москва: РКК «Энергия», 2011. — 584 с.: ил., Табл. 44. — Библиогр.: 400 найм. — ISBN 978-5-91820-046-9.
2. Журнал «Все о космосе» [сайт]. — Обновляется в течение суток. — <https://aboutrspacejournal.net/космические-аппараты/орбитальные-станции/мир/>(дата обращения: 20.05.2021). — Текст: электронный.

Оценка базовых проектных параметров РКК «Морской старт» как элемента системы транспортно-технического обеспечения космических программ, обосновывающих эффективность комплекса

Рыкалин А.В., Языков М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Родченко В.В.
МАИ, Москва

Наилучшие условия для запуска ракеты-носителя (РН) на околоземные орбиты характерны для экватора, что является сутью проекта морского космодрома. Уникальные технические характеристики ракетно-космического комплекса (РКК) «Морской старт» демонстрируют большое количество его преимуществ. Например, возможность увеличить массу полезной нагрузки за счет запуска космического аппарата из экваториальных вод Тихого океана с произвольным азимутом.

Первоначально ЗЕНИТ-3SL, оснащенный блоком ускорения DM-SL, использовался для вывода космических аппаратов на околоземную орбиту с океанской платформы. В 2014 году работа по проекту «Морской старт» была заморожена. После приобретения проекта компанией S7 в первой половине 18 г. было объявлено, что S7 Space теперь будет выполнять запуски. Однако на сегодняшний день вопрос о модернизации РКК остается открытым. Комплекс станет популярным на рынке космических услуг благодаря не менее чем 5 запускам новой перспективной ракеты-носителя «Союз-5SL» в год [3]. В данной работе предлагается оценить величину базовых проектных параметров комплекса с целью подтверждения его эффективности для перспективного использования с РН «Союз-5SL». Проведены расчеты, позволяющие сделать выводы об эффективности: расчет показателей эффективности ракетно-космической системы, оценка количественных показателей совершенства конструкции. Выводы по проведенным работам дают экономический вывод о целесообразности запуска «Союза-5SL» с РКК.

Одним из наиболее важных преимуществ РКК является устойчивость стартовой платформы (СП) к воздействию волнения океана. Исходя из возможных неблагоприятных условий прохождения РН к месту запуска, существует ориентировочное значение наибольшей высоты волны, при которой СП не переходит в полупогруженное состояние. Условия загрузки РН во время доставки в составе РКК были тщательно изучены [4].

Эксплуатация анализируемого комплекса может быть наиболее выгодной при международном сотрудничестве с Вьетнамом. Вьетнамская база Камрань может стать многообещающим пунктом базирования. Дана сравнительная оценка «Морского старта» с зарубежными конкурентами с точки зрения технического совершенства для оценки спроса на комплекс на мировом рынке космических услуг.

Следует также добавить, что в среде Mathcad был проведен инженерный расчет, направленный на оценку значения характеристической скорости, соответствующей 2-м схемам вывода на геостационарную орбиту (ГСО) при запуске с «Морского старта» и космического ракетного комплекса «Байтерек» (Байконур). Это позволило определить величину полученного выигрыша в характеристической скорости в случае запуска с «морского старта» — 915,5 м/с. В заключении проанализирована возможность использования гравитационного поля Луны [5] во время выхода космического аппарата на ГСО — показаны возможные схемы траектории. Во время этих миссий траектория полета космического аппарата состоит, в частности, в приближении к зоне действия Луны и пролете непосредственно над естественным спутником Земли. В некоторых случаях эти режимы полета более энергоэффективны, чем «прямые» траектории полета.

Подводя итоги, стоит отметить предпосылки для модернизации рассматриваемого комплекса, которые основаны на оценке параметров эффективности новой РН «Союз-5SL», преимуществах РКК. В ходе рассмотрения двух схем полета РН были сделаны выводы по сравнению эффективности запуска космического аппарата на геостационарную орбиту с Байконура и «морского старта», то есть при каких условиях запуска и на какой траектории полета будет достигнута наибольшая экономия топлива. Результаты, представленные в работе, послужат основой для формирования проектного плана модернизации плавучего космодромного комплекса.

Список использованных источников:

1. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов: учеб. пособие для вузов / под ред. А. А. Медведева. М: Машиностроение, 2009. 504 с.
2. Механика космического полета: Учебник для вузов / М.С. Константинов, Е.Ф. Каменков, Б.П. Перельгин, В.К. Безвербый; Под ред. В.П. Мишина. — М.: Машиностроение, 1989. 408 с.
3. Афанасьев, И. «СОЮЗ» Универсальный [Текст] / И. Афанасьев // Русский Космос. — 2020.- № 9.- С. 44-47.
4. Кузнецов В.К., Петров Н.К. Выбор условий нагружения ракеты космического назначения «Зенит-3SL» в составе комплекса «Морской старт», Журнал «Космическая техника и технологии», 2014. № 2. С.32-39.
5. Ивашкин В.В., Голиков А.Р. Траектории перелета между Землей и геостационарной орбитой при использовании гравитационного поля Луны // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2008. № 95. 24 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2008-95>.

Группировка малых метеоспутников

Снигур А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Целью данной работы является разработка и детальное представление научной миссии по исследованию метеорологических параметров Земли. Данные исследования проводятся с самого расцвета космонавтики и по сей день. За это время было создано множество аппаратов отечественных и иностранных, выполняющие различные задачи.

Метеорология — одна из наиболее важных наук сегодня. От своевременного информирования зависят сроки поставок различных грузов по морю и небу, не говоря о предупреждении катаклизмов, отслеживанию лесных пожаров, сходе лавин и т.д.

На данный момент большая часть данных собирается с наземных станций, а метеоспутники не обеспечивают высокую скорость информирования. Сами же спутники громоздки, тяжелы и дороги, а из-за большого количества различной аппаратуры спутники часто выводятся из эксплуатации, хотя и некоторые приборы способны выполнять свою задачу еще долгое время.

Миссия для метео-исследования Земли будет включать в себя универсальную платформу, на базе которой будут созданы узкоспециализированные спутники. Платформа должна включать в себя весь необходимый набор обеспечивающей аппаратуры и иметь возможность установки любой необходимой целевой аппаратуры.

Данная миссия должна реализовать более современный подход к сбору информации и организации работы группировки.

По причине того, что метеорологическими исследованиями занимается ограниченное число метеорологических институтов и компаний, количество спутников на орбите сравнительно мало, а запуски новых крайне редки.

Целью данной программы является продолжительное исследование погодных параметров. Также эти параметры необходимо собирать одновременно с максимально возможной площади Земли, ее обработка и отправка на поверхность. Это достигается путем вывода большого числа спутников на несколько орбит с различными параметрами. Сами же спутники представляют из себя связку платформы и конкретной целевой аппаратуры. Благодаря этому будет достигнута высокая эффективность работы спутников. Так, если спутник оснащенный, к примеру, бортовым радиолокационным комплексом при выходе из строя выводится с орбиты, а группировка продолжает функционировать без значительного снижения производительности. При достижении критического порога выведенных с орбиты спутников производится запуск недостающих спутников и их вывод на целевую орбиту.

Стоимость каждого спутника, а как следствие всей миссии будет значительно снижаться со временем из-за производства спутников на конвейере. Это достигается благодаря большому количеству спутников, необходимых для реализации концепции миссии.

Конкретнее, планируется вывести 54 спутника по 18 на каждую из трех орбит. Все спутники делятся на 6 групп, каждая из которых выполняет свою конкретную функцию и равномерно распределяются по орбитам. Как уже было сказано ранее, все спутники будут строиться на базе одной платформы и будут отличаться только целевой аппаратурой. Также данная группировка может быть увеличена путем выведения большего числа спутников на имеющиеся орбиты или путем увеличения числа орбит.

Перспективы развития космического туризма и возможные направления его влияния на космическую отрасль

Судуров А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Оделевский В.К.

МАИ, Москва

В области современного мирового туризма постепенно, но довольно активно развивается новое направление — космический туризм, под которым понимаются, межпланетные, орбитальные или суборбитальные полеты людей в космос в рекреационных или научно-исследовательских целях.

Космический туризм (КТ) как явление может являться хорошим стимулом для развития космической техники в целом. Благодаря решению проблем, появляющихся при запуске в космос туристов, есть шансы того, что эти решения найдут применение в научных либо технических целях, что даст толчок развитию космической отрасли. На данный момент данная сфера быстро развивается, однако в ней не было проведено достаточного количества научных исследований по обоснованию перспектив её развития.

Цель работы: оценка перспектив развития космического туризма и его влияния на космическую отрасль.

Для достижения поставленной цели в работе рассмотрены следующие задачи:

- История возникновения и развития КТ;
- Сформулированы существующие проблемы КТ;
- Рассмотрены экономические и научные аспекты развития КТ;
- Проведена оценка возможного вклада КТ в улучшение эксплуатационных характеристик космических систем.

Объектом данным исследования является космический туризм.

Предметом исследования является вклад космического туризма в развитие космической отрасли.

По результатам проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Космический туризм начинает привлекать большое количество инвестиций в данную отрасль; по данным Роскосмоса в 2001 году КТ привлек \$20 млн. в 2001, а к 2030 году по различным оценкам рынок КТ составит \$3.6 млрд.

2. Космический туризм позволяет получить дополнительную информацию по воздействию факторов космического полета на неподготовленный экипаж;

3. Использование технологий космического туризма станет дополнительным стимулом для коммерциализации космоса;

4. Космический туризм позволяет получить дополнительную информацию по экологическому состоянию планеты и негативного воздействия ракет-носителей на окружающую среду;

5. Для космических туристических полетов создаются специальные системы безопасности, которые впоследствии могут использоваться в космических системах другого назначения.

Исследование лавовых пещер на предмет возможности создания искусственной среды обитания на Луне

Шаваева В.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

За период изучения Луны получены данные, позволяющие расширить представления о Луне, ее происхождении, возрасте и эволюции. Это такие сведения, как базальтовый состав лунных морей, физико-механические параметры грунта и его химический состав, возраст лунных пород, величина теплового потока из недр Луны, ее внутреннее строение и др. Такой спектр данных получен благодаря тому, что Луна сравнительно легко достижима для современной ракетно-космической техники, что выгодно отличает её от других космических объектов. Доступность и близость Луны к Земле позволяют проводить дальнейшие исследования, например, условия лунной среды позволяют проводить эксперименты в области физики, такие как, изучение лавовых пещер с целью снятия показаний радиационного фона и температурного режима.

В рамках работы рассматривается задача исследования лавовых пещер на Луне в окрестностях её кратеров. Предполагается, что в них есть места, защищенные от внешних воздействий (радиации и перепадов температур), поэтому пещеры теоретически представляют одну из интересных опций для создания обитаемой лунной базы.

Результатом работы является рассмотрение концепции одного из возможных способов исследования поверхности лавовых пещер на Луне с целью получения данных о возможном температурном режиме пещеры и уровне радиационного фона с помощью лунохода, способного исследовать труднодоступное пространство лавовых пещер.

Полученные данные позволят установить, возможно ли создание искусственной среды обитания в лавовых пещерах на Луне.

Список использованных источников:

1. Луна — спутник Земли, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://inspace.ru/sputnik-luna/>
2. Разработка подвеса для исследования характеристик CubeSat-ов, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/61775/1/TPU944662.pdf>
3. C3D CubeSat Camera, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.satcatalog.com/component/c3d-cubesat-camera/>
4. Радиационный сенсор ECOTEST на луноходе компании Spacebit, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ecotest.ua/ru/radiacionny-j-sensor-ekotest-na-lunohode-kompanii-spacebit/>
5. Cubesat Lidar Concepts for Ranging, Topology, Sample Capture, Surface, and Atmospheric Science, [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3781&context=smallsat>
6. Наноспутниковая платформа CubeSat «OrbiCraft-Pro», [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sputnix.ru/ru/>

Анализ имитаторов солнечного излучения для термовакуумных испытаний космического аппарата

Шойжилов Б.О.

Научный руководитель — Бут А.Б.

МАИ, Москва

Производство нового поколения космических аппаратов в настоящее время требует большого усовершенствования методов и специальных средств для проведения наземной экспериментальной отработки и улучшения точности испытательного оборудования. Данная работа актуальна тем, что для полноценного изучения небесного пространства современная ракетно-космическая отрасль нуждается в адекватном моделировании условий космического полёта для испытаний космических аппаратов на Земле. Имитатор солнечного излучения

является одним из таких базовых и в то же время сложных элементов испытательного оборудования, которые применяются при проведении комплексных испытаний космического аппарата.

Для проведения исследования были выполнены такие задачи, как:

- Подробное изучение требований, которые применяются к ИСИ;
- Анализ существующих ИСИ и сравнение их характеристик между собой;
- Определение оптимальной базовой конструкции с наиболее пригодными характеристиками ИСИ.

Анализ имитаторов солнечного излучения — объект исследования. Предмет исследования — существующие имитаторы солнечного излучения.

Полезность и новизна работы заключается в получении результатов по определению наиболее оптимального ИСИ для проведения термовакуумных испытаний космического аппарата.

Цель работы состоит в анализе нескольких существующих ИСИ для выбора оптимальной базовой конструкции с целью дальнейшего совершенствования, направленного на снижение энергозатратности эксплуатации имитаторов для испытаний космического аппарата и улучшение качества термовакуумных испытаний.

В данной работе были рассмотрены в общей сложности 5 образцов современных ИСИ, 2 из которых представлены зарубежными системами. Был проведен анализ этих систем по 4 параметрам, сравнительный анализ помог определиться с достоинствами и недостатками той или иной системы, а также была выбрана наиболее оптимальная конструкция. Также была рассмотрена возможность создания и дальнейшего использования более компактных трансформируемых источников теплового излучения солнечного спектра для того, чтобы повысить качество всех термовакуумных испытаний для КА различных классов.

Структура цифрового двойника модели ракеты

Шустова О.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сенюшкин Н.С.

УГАТУ, Уфа

Современная сложная и дорогая техника требует новые способы проектирования, позволяющие обеспечить необходимое качество в установленные сроки, используя фиксируемые ресурсы. Одним из перспективных направлений проектирования являются технологии, которые широко используются на данный момент в индустрии развлечений. Развитие виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности привело к тенденции развития цифровых двойников (Digital Twin).

В настоящее время цифровые двойники начали внедрять в аэрокосмическую промышленность, с намерением сократить затраты на производство нужного изделия и повысить уровень безопасности людей, находящихся на борту космического корабля, во время его эксплуатации.

Цифровой двойник — аналог материального изделия, который существует в виртуальной среде.

Основные компоненты цифрового двойника:

- Геометрическая структура модели объекта
- Набор расчетных данных деталей, узлов и изделия в целом
- Математические модели, описывающие все происходящие в изделии физические процессы
- Информация о технологических процессах изготовления и сборки отдельных элементов и изделия в целом
- Система управления жизненным циклом изделия (замысел, разработка, производство, эксплуатация и утилизация изделия, либо снятие линейки изделия с производства)
- Информация об эксплуатации и результатах объективного контроля изделия
- Другие потребности в оборудовании

Все данные и параметры настоящего изделия переносятся с помощью датчиков в цифровую модель. Данные устройства собирают информацию во время всего жизненного цикла объекта. С целью сократить неверность полученных показателей, установлена погрешность между цифровым двойником и настоящим изделием — менее 5%.

Для создания 2D и 3D-моделей изделия, технической и конструкторской документации используются CAD (computer-aided design — система автоматизированного проектирования) системы. Для решения инженерных задач (расчет, анализ, симуляция физических процессов) применяются CAE (computer-aided engineering — система автоматизации инженерных расчетов) системы.

Цифровой двойник ракеты позволяет провести виртуальные испытания, которые затруднительно провести в реальных условиях. Благодаря подробным трехмерным геометрическим моделям, появилась возможность, с высокой точностью моделировать и прогнозировать такие явления, как перепад температур, влияние комплексных динамических нагрузок, повреждение деталей. Таким образом, в данный момент не составит труда проанализировать поведение реального объекта в той или иной ситуации, что в дальнейшем поможет сделать вывод о долговечности конструкции изделия. Проектирование детали с помощью таких технологий позволяет выявить ошибки построения механизма до её выпуска, определив при этом перспективу износа узлов и других деталей. Технология цифровых двойников предоставляет просмотр многочисленных вариантов выбора конструкции и дальнейший выбор наиболее эффективной версии реального изделия с подходящими характеристиками.

В данной работе рассмотрены преимущества и недостатки цифрового двойника модели ракеты.

Список использованных источников:

1. Digital Twin [Сайт]. URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/cifrovoj-dvojnjk-digital-twin>
2. Практика применения цифровых двойников при производстве АРКТ [Электронный ресурс]. URL: https://www.ugatu.su/media/winterSchoolSeminar/article/2021-09-17/Statya_digita_twin.docx

Анализ конструкции и результаты эксплуатации марсианского вертолета INGINUITY

Якутов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хопин П.Н.

МАИ, Москва

Применение в миссиях по исследованию Марса беспилотных летательных аппаратов (БЛА) позволяет открывать новые возможности, которые выходят за рамки возможностей орбитальных спутников или приземлившихся космических аппаратов и марсоходов. Дроны позволяют исследовать поверхность Марса на гораздо больших расстояниях по сравнению с аппаратами, находящимися на поверхности планеты. К тому же они могут приземлиться в назначенных местах, например, для перевозки грузов, для извлечения небольших научных образцов. Кроме этого, БЛА могут стать незаменимыми помощниками для марсоходов в качестве разведчиков, позволяющими определить наиболее безопасные маршруты для продвижения в трудном участке или для исследования района, недоступного для марсохода. Возможно их использование в будущем в качестве инструмента для сбора образцов породы, которые в дальнейшем будут возвращаться на Землю.

В данной работе рассматривается первый марсианский вертолет Inenuity, изготовленный лабораторией реактивного движения НАСА и американской компанией AeroVironment для марсохода Персеверанс в рамках экспедиции НАСА «Mars-2020», который в апреле 2021 года совершил свой первый успешный полет.

В исследовательской части затронуты следующие темы: конструкция и применяемые материалы, технологические решения при создании первого марсианского вертолета.

Рассмотрены альтернативные варианты схем роторной системы, различные варианты конструкции фюзеляжа дрона. Проанализированы существующие системы управления для полетов в атмосфере красной планеты, затронуты проблемы взлета и управления вертолетом в полете в атмосфере красной планеты.

Основной проблемой при эксплуатации вертолетов на Марсе является разреженная атмосфера из углекислого газа, плотность которой составляет всего 1 % от земной. Малая гравитация Марса, которая примерно в 3 раза меньше земной, также приводит к необходимости решать проблемы при создании камер для испытаний будущих марсолетов.

На вертолете *Inginuity* применена соосная схема несущего винта, которая является наиболее надежным решением при взлете и посадке. Использование соосного несущего винта исключает затрату энергии на рулевой винт, к тому же данная схема позволяет достигать более высоких коэффициентов полезного действия на режимах висения.

Все стадии полета дрона осуществляются в автоматическом режиме с задержками по связи до 20 мин. Участие человека в управлении полетом *Inginuity* в режиме реального времени не осуществляется.

Данная тема актуальна тем, что на основе полученных первых полетных данных, и проделанных анализов, можно вносить решения, доработки в конструкцию или в систему управления для следующих поколений вертолетов-разведчиков.

Список использованных источников:

1. J. (Bob) Balaram, Canham T., Duncan C., Golombek M., Johnson W., Maki J., Quon A., Stern R., Zhu D. Mars Helicopter Technology Demonstrator. AIAA SciTech Forum, Kissimmee, Florida, 10.2514/6.2018-0023.

2. Grip, H. F., Johnson, W., Malpica, C., Scharf, D. P., Mandic, M., Young, L., Allan, B., Mettler, B., and San Martin, M., "Flight dynamics of a Mars Helicopter," Proc. European Rotorcraft Forum, Milan, Italy, 2017.

Секция №5.3 Системы жизнеобеспечения и экологическая безопасность космической деятельности

Оценка динамики вентиляционной функции легких человека в ходе 7-суточной «сухой» иммерсии методом регистрации и анализа трахеальных дыхательных шумов

Астафьева С.Н.

Научный руководитель — д.т.н. Дьяченко А.И.

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва

Известно, что при воздействии невесомости наблюдается изменение внешнего дыхания человека: краниальное смещение диафрагмы и изменение формы грудной клетки, уменьшение функциональной остаточной емкости (ФОЕ) легких, дыхательного объема, резервного объема выдоха, показателей форсированного дыхания (форсированной жизненной емкости, мгновенной объемной скорости потока), увеличение резервного объема вдоха. Вследствие этого уменьшается диаметр дыхательных путей и изменяется характер движения воздуха в трахеобронхиальном дереве. Данные явления в механике дыхания могут проявиться в изменении дыхательных шумов (ДШ).

Цель данной работы заключалась в оценке возможности применения акустических методов исследования вентиляционной функции человека при воздействии моделированной невесомости.

Данное исследование проводилось в ходе воздействия 7-суточной иммерсионной гипокинезии на стендовой базе «Сухая иммерсия» ГНЦ РФ — ИМБП РАН в рамках программы комплексных исследований лаборатории гравитационной физиологии сенсомоторной системы (О-061).

В ходе эксперимента проводилась одновременная регистрация ДШ с помощью легкого акселерометра и скорости воздушного потока с использованием датчика воздушного потока. Методика включала в себя регистрацию спокойного дыхания в течение 10 минут и 2 маневра максимальной вентиляции легких (МВЛ) (сначала с датчиком потока, а затем без него) длительностью по 15 секунд. Исследование проводилось на 4 сутки (фон), а также в 1 и 6 сутки пребывания в иммерсии.

В результате исследования была проведена оценка мощности ДШ. Также установлено влияние ультразвукового датчика потока на мощность ДШ.

Сравнительный анализ данных, полученных с использованием ЛДФ-приборов с различными характеристиками датчиков, применительно к оценке микроциркуляторного звена кожи здорового человека

Бугров Д.В., Пашкова Д.В.

Научный руководитель — к.м.н. Попова Ю.А.

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва

Известно, что заболевания сердечно-сосудистой системы занимают ведущее место по причинам смертности в мире. В связи с этим возникает необходимость в их ранней диагностике. Одним из объектов исследования является микроциркуляторное русло, поскольку именно на этом уровне реализуется транспортная функция сердечно-сосудистой системы и обеспечивается транскпиллярный обмен, создающий необходимый для нормальной жизнедеятельности организма тканевой гомеостаз (Braverman IM., 1997). К тому же, нарушения, происходящие в микроциркуляторном русле, могут являться признаками ряда патологий, таких как сахарный диабет или синдром Рейно. Вместе с тем, исследование микроциркуляторного русла (МЦР) представляет собой значимую область и для космической медицины. Известно, что длительное пребывание человека в условиях

микрогравитация вызывает изменения в сердечно-сосудистой системе: происходит перераспределение крови вдоль оси тела в краниальном направлении (Газенко О.Г., Григорьев А.И., Наточин Ю.В., 1986). В связи с этим представляют актуальность исследования микроциркуляторного кровотока при моделировании условий микрогравитации.

На сегодняшний день, одним из неинвазивных методов исследования микроциркуляции является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), который основан на оптическом зондировании тканей лазерным излучением и анализе отраженного от движущихся в тканях эритроцитов излучения (В.И. Козлов, Г.А. Азизов, О.А. Гурова, Ф.Б. Литвин, 2012). Сейчас в России основным производителем серийных анализаторов ЛДФ является ООО НПП «Лазма» (г. Москва), среди диагностической аппаратуры для оценки микроциркуляции кожи разработаны приборы ЛАКК (стационарный) и ЛАЗМА-ПФ (портативный лазерный анализатор). Следует отметить, что данные приборы имеют различные технические параметры датчиков. В настоящее время большинство опубликованных отечественных исследований МЦР методом ЛДФ выполнено с использованием стационарного прибора ЛАКК, поскольку портативные анализаторы появились относительно недавно. В связи с этим, возникает вопрос насколько можно сопоставлять данные, полученные с использованием различных приборов.

Цель данной работы заключалась в проведении сравнительного анализа данных, полученных с использованием ЛДФ-приборов с различными характеристиками датчиков.

Данное исследование проводили на базе ГНЦ РФ — ИМБП РАН с участием 8 мужчин и женщин в возрасте 20–25 лет, имеющих среднее физическое развитие. Регистрацию параметров МЦР осуществляли с использованием приборов ЛАКК-М (длина волны 0,53 мкм) и ЛАЗМА-ПФ (длина волны 0,85 мкм).

В ходе исследования проводили регистрацию одного из основных показателей микроциркуляции — базальной перфузии в течение 10 минут. Приборы использовали одновременно: сначала один устанавливали в область предплечья, а другой — в область лба, затем датчики меняли местами, после чего повторно регистрировали параметры. Было проведено две серии исследования, в каждой из которых порядок наложения приборов на конкретную область выбирался случайным образом.

В результате исследования были зарегистрированы показатели базальной перфузии во времени, вычислено среднее. Анализ данных, полученных на двух приборах, показал статистически значимые различия величин исследуемого параметра в коже предплечья. В тех же условиях уровни перфузии в коже лобной области не имели различий, что может быть связано с большой вариабельности данного параметра в этой зоне. Обнаруженные в ходе исследования расхождения в данных, полученных с двух приборов, вероятно, связаны с глубиной проникновения зондирующего лазерного излучения, обусловленного длиной волны.

Защита экипажа лунной базы от космического ионизирующего излучения

Бурлаков М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Освоение космического пространства ставит вопрос о длительном пребывании человека в условиях, далёких от тех, в которых его организм функционировал на Земле. Космос является враждебной для человека средой, в которой на его организм воздействует множество негативных факторов. Одним из таких факторов является космическая радиация. Данный вопрос наиболее остро проявляется при длительном пребывании человека в космосе на значительном удалении от Земли, где защитный эффект геомагнитного поля сильно ослаблен, то есть при дальних космических перелётах и нахождении на космических базах и станциях.

Космические ионизирующие излучения вызывают поражение органов и систем человека за счёт передачи энергии при их прохождении через биологические ткани. Поэтому необходимо обеспечить надёжную защиту экипажей пилотируемых космических объектов

от ионизирующего излучения. Также космическая радиация имеет вредоносное воздействие на некоторые приборы и элементы космического аппарата.

В космосе невозможно использовать те методы защиты от радиации, которые применяются на Земле, такие как толстые защитные оболочки, из-за ограничений по выводимой массе полезной нагрузки. Защита с применением магнитных или электрических полей не является эффективной, т.к. упомянутые выше гамма-частицы, представляющие для человека наибольшую опасность, как установлено, не отклоняются ни в электрическом, ни в магнитном поле. Поэтому, на данный момент, существует два основных способа (концепции) защиты обитаемых отсеков космических кораблей от радиации: использование защитных покрытий и создание специальных схем компоновки космического корабля, учитывающих влияние космического ионизирующего излучения как на членов экипажа, так и на уязвимые к радиационному воздействию приборы и элементы космического корабля.

Проблема защиты космонавтов от космической радиации по сей день является одной из основных проблем космонавтики. Без надёжной защиты от ионизирующего излучения пилотируемые полёты на дальние расстояния невозможны, также как и долгое нахождение человека на космических базах и станциях, например, на лунной базе.

В ходе работы рассматривается задача проектирования конструкции модулей лунной базы в соответствии с указанными выше концепциями для обеспечения защиты экипажа от ионизирующего излучения.

Список использованных источников:

1. Шибанов Г.П. Обитаемость космоса и безопасность пребывания в нём человека, М.: Машиностроение, 2007 — 544 с.
2. Борн М. Атомная физика. Изд. 3-е Пер. с английского М., «Мир», 1970-80-е
3. Гуськова А.К. Атомная отрасль страны глазами врача.

Использование БПЛА для экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха

Громаков А.А., Шпилевой А.Д., Чернышук А.О.
Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.
МАИ, Москва

В представленном докладе авторами исследовались возможности применения БПЛА для экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха.

В качестве примера авторы предложили концепт применения БПЛА для экологического мониторинга состояния атмосферного воздуха на промышленных предприятиях. Несмотря на то, что не каждое производство является загрязнителем, соблюдение экологических нормативов на любых производственных предприятиях является важной задачей из-за усложняющейся в мире экологической обстановки. Именно поэтому очевидна необходимость строгого экологического контроля на предприятиях, которые значительно влияют на окружающую среду.

Использование БПЛА для экологического мониторинга весьма актуально и удобно. Беспилотные аппараты могут эффективно отбирать большинство типов проб, передавать полученные данные об исследуемой местности и проводить на ней замеры. В то же время даже малый беспилотник-квадрокоптер, несущий на себе датчики контроля состояния атмосферы, остаётся мобильным и может иметь радиус действия в несколько километров. Контроль состояния атмосферы посредством БПЛА является наиболее рациональным, так как для репрезентативности замеров или отбора проб необходимо проводить исследования на определённой высоте.

Стоит отметить, что экологический след производственного предприятия зависит от его назначения и технологических процессов, проводящихся на нём. К примеру, предприятия, на которых производится финальная сборка, имеют развитую сеть поставщиков комплектующих и материалов, поэтому являются относительно «чистыми». Однако на них

могут проводиться такие потенциально экологически вредные процессы, как обработка резанием, сварка, нанесение гальванических покрытий, литье или термическая обработка.

В общем случае, на БПЛА могут устанавливаться датчики запылённости, датчики на содержание тяжёлых металлов, пары масел, пары органических веществ, а также на концентрацию оксидов азота, углерода и серы.

Исходя из проведённого анализа, авторами было собрано и протестировано устройство-прототип для экологического мониторинга, с помощью которого были получены данные о состоянии атмосферного воздуха. А также предложена концепция базы БПЛА, которая позволит дронам работать без вмешательства человека в автономном режиме. Также этот комплекс может иметь двойное назначение на режимных предприятиях оборонного комплекса — помимо мониторинга состояния атмосферы есть возможность контролировать состояние зачастую протяжённых охранных периметров.

Данная разработка может быть использована и в других сферах, например на особо охраняемых природных территориях, для научных исследований атмосферы. Возможен спрос со стороны организаций, проводящих экологический аудит.

Список использованных источников:

1. Организация лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны предприятий основных отраслей экономики: Методические указания. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011.— 180 с.

2. Токарев, В.Ф. Методика санитарно-гигиенической оценки состояния окружающей среды на предприятиях гражданской авиации: методика. / В.Ф. Токарев. — Москва, МГУ, 1985. — 60 с.

3. Александров, В.Ю. Экологические проблемы аэрокосмической отрасли: лекция. / В.Ю. Александров. — Новосибирск. 2011. — Текст: электронный. URL: <https://lektsii.org/18-75803.html> (дата обращения 07.02.2022).

4. Храмов, А.В. Возможности экологического мониторинга с применением БПЛА в России. / А. А. Ермолаев, А. И. Шалашова, Л. В. Контрош. // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» №7. 2017. — С. 79-84.

5. Борисова, О.Н. Использование дронов в экологии / О.Н. Борисова, В. Кривенкова. // Конструкторское бюро. № 7. 2018. — С. 68-71.

6. Василенок, А. В. Необходимость соблюдения на производстве экологических стандартов / А. В. Василенок // Стратегии и инструменты управления экономикой: отраслевой и региональный аспект: материалы VI Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14–16 апреля 2016 года / Под редакцией В.Л. Василёнка. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016. — С. 429-431.

Методы и средства исследования биоэлектрической активности мозга в пилотируемом космическом полёте

Денисов Н.Д.

Научный руководитель — доцент, к.м.н. Швед Д.М.

МАИ, Москва

Одним из приоритетных направлений в медико-биологическом обеспечении длительных пилотируемых космических полётов является сохранение и поддержание надёжности и работоспособности космонавтов на всех этапах их профессиональной деятельности.

Космонавт реализует управление различными механизмами, находящимися как внутри, так и вне космического корабля, а также осуществляет управление самим космическим кораблем. Основной проблемой надёжности для осуществления операторской деятельности космонавта и сохранения его профессиональных качеств является необходимость поддержания требуемого оптимального уровня безопасности в условиях постоянного развития современных автоматизированных и технических комплексов. На продуктивность деятельности человека-оператора влияют не только знания, приобретенные навыки и

умения, но и функциональные изменения, развивающиеся в организме и психике в процессе выполнения конкретных задач.

Для оценки состояния и надёжности профессиональной деятельности космонавтов, а также их психофизиологического состояния, на МКС используют комплект «Нейролаб-2010+», при помощи которого осуществляется запись ЭЭГ от 19/8 отведений с применением сухих активных электродов, а также регистрация электроокулограммы и электромиограммы. Комплект «Нейролаб-2010+» входит в состав комплекса «Нейролаб-2010», который позволяет проводить запись ЭКГ, температуры кожи мизинца, пульсовой волны с мизинца и ЭКС.

Исходя из этого, актуальной задачей является разработка новых методов и средств исследования биоэлектрической активности мозга в длительных пилотируемых полётах для исследования, сохранения и поддержания работоспособности космонавтов на всех этапах их профессиональной деятельности.

В данной работе представлена разработанная 3D-модель новой полимерной шапочки для позиционирования электродов, регистрирующих биоэлектрическую активность головного мозга методом электроэнцефалографии.

В настоящее время позиционирование электродов при снятии биоэлектрических показателей с исследуемого человека производят с помощью неопреоновой шапочки, которая не обладает хорошими прочностными характеристиками, что приводит к разрушению материала, и требует особого ухода. После частичной поломки или полного разрушения шапочки, космонавтам необходимо ожидать поставок на МКС грузов — на это затрачивается достаточно много времени и средств (стоимость доставки 1 килограмма полезной нагрузки с Земли на МКС составляет около 20 тысяч долларов).

Исходя из этого, разработанная модель позволит минимизировать полезную нагрузку космического летательного аппарата при длительных космических полётах, например, экспедиции к Марсу или другим космическим объектам, а также даст возможность космонавтам самостоятельно производить ЭЭГ-гарнитуру с помощью аддитивных технологий, не дожидаясь поставок с Земли.

Разработка системы психо-физиологического контроля для тренажера пилотируемого транспортного корабля нового типа

Игнатов Ю.В.

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

МАИ, Москва

В докладе рассмотрен опыт создания систем психо-физиологического контроля за состоянием космонавтов во время полета и тренировок, на базе которого на данный момент сформирован набор каналов аппаратуры непрерывного оперативного медицинского контроля, после чего развитие систем СМК происходило только в части совершенствования аппаратуры.

Решаемые задачи СПФК комплексных тренажёров ПТК и корабля «Союз» аналогичны и, как следствие, структура построения СПФК комплексного тренажёра ПТК очень близка к описанной выше структуре СПФК комплексного тренажёра корабля «Союз». Соответственно, дальнейшая разработка СПФК для ПТК нового поколения будет направлена на совершенствование имеющейся аппаратуры: КОМК, база данных, ПО и т.п.

Помимо основных физиологических показателей, анализируется неинструментальная информация. К ней относятся доверительные беседы медицинского персонала с экипажем, сообщения о состоянии здоровья, материалы переговоров и телевизионного наблюдения за членами экипажа, сведения о качестве выполнения отдельных элементов полётного задания, характер взаимодействия и взаимопонимания в экипаже, самокритичность в оценке действий членов экипажа, характер реагирования на штатные и нештатные ситуации, элементы творческого подхода при решении сложных задач и прочая подобная информация.

Проверка работы СПФК в части вычисления физиологических параметров производится с помощью подсистемы генерации тестовых сигналов.

Подсистема генерации тестовых сигналов состоит из фрагментов физиологических сигналов заданной формы и характеристик. Эти сигналы подаются на вход системы. На выходе проверяется правильность расчета физиологических параметров.

Для безопасной эксплуатации системы психо-физиологического контроля тренажера необходимо подтвердить его надежность и работоспособность для этого будут использоваться математические методы расчетов вероятности безотказной работы, среднего времени безотказной работы и интенсивности отказов, которые позволяют дать оценку надежности составных частей СПФК и системы в целом.

Анализ экономических механизмов охраны окружающей среды в России

Кабардова А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Растущая техносфера, созданная человечеством, все активнее меняет качество природных сред и климатических норм. Мощнейшим источником негативного воздействия на биосферу является промышленное производство, его выбросы, стоки и отходы. Следует отметить, что аэрокосмическая отрасль, являющаяся авангардом современных технологий, вносит свой серьезный сочтанный и глобальный вклад в загрязнение природной среды. Основными факторами негативного влияния производственных и эксплуатационных предприятий аэрокосмической отрасли являются: неэффективное использование природных ресурсов, критическое состояние основных производственных фондов, пренебрежение природоохранными мероприятиями на производстве. Поскольку промышленной производство — основной двигатель экономики, то наиболее эффективными механизмами охраны окружающей среды в промышленности, стали государственные экономические меры обеспечения экологической безопасности.

В своем исследовании автор проводит анализ существующих в российской практике экономических механизмов охраны окружающей среды и эффекта от их применения. Особое внимание автор уделяет сравнению эффективности метода экономического стимулирования для уменьшения перманентного негативного воздействия на окружающую среду и снижения возможных экологических рисков по сравнению с другими экономическими механизмами. В систему экономического стимулирования входят налоговые и иные льготы при использовании предприятием вторичного сырья и введения наиболее экологичных технологий, специальные цены на продукцию, произведенную с минимальным воздействием на природу, предоставление кредитов из экологических фондов для предприятий, внедряющих природоохранные мероприятия, введение налога на продукцию, производство которой оказывает значительное негативное воздействие на окружающую природную среду.

В заключении автор приходит к выводу, что предприятия сложно привлечь к внедрению природоохранных мероприятий, используя лишь систему плат и штрафов или же уповая на их осознанность. Наиболее эффективным методом снижения негативного влияния на окружающую среду себя показало экономическое стимулирование, повышающее выгодность внедрения мероприятий по защите природы и ведения экологически чистой деятельности на предприятии.

Список использованных источников:

1. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Метекко Л.Б., Замковой А.В., Мыльник А.В., Экологические основы кластерной стратегии в аэрокосмической отрасли: Монография — М.:Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2020. — 295с.

2. Дмитриева О. А., Короткова Л. Н., Латыпова Ф. М. Экономический механизм охраны окружающей среды 2018 г. [электронный ресурс] режим доступа URL <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskiy-mehанизm-ohrany-okruzhayushey-sredy-1>

Сильное загрязнение воды в городе Санкт-Петербурге

Карева Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Шаламова Л.Ф.

МАИ, Москва

Санкт-Петербург является городом федерального значения, очень развитым и передовым городом, а также культурной и туристической столицей Российской Федерации. Загрязнение водного комплекса Санкт-Петербурга — это очень актуальная и постоянная на сегодняшний день проблема. На территории Санкт-Петербурга расположено более 600 водоемов и 390 водотоков. Состояние водных объектов города характеризуется как «загрязненные» и «умеренно загрязненные».

В рамках загрязнения вод на территории субъекта можно рассмотреть два основных источника загрязнения: постоянно курсирующий водный транспорт, который выбрасывает вредные вещества и реагенты с дорог, сливающиеся в ливневые воды в зимнее время года.

Что касается загрязнения вод Санкт-Петербурга водным транспортом, то в соответствии с ФЗ от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и ФЗ от 04.05.1999 №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», Положением о Комитете по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, утвержденным постановлением Правительства Санкт-Петербурга 06.04.2004 №530, и в целях реализации основных направлений политики Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности была утверждена методика определения массы вредных (загрязняющих) веществ, выбрасываемых водным транспортом в атмосферу Санкт-Петербурга, получившую положительное заключение государственной экологической экспертизы, а также рекомендовать её к использованию при проведении оценки качества атмосферного воздуха расчетными методами.

В качестве предложения по улучшению может быть пересмотр указанной выше методики в отношении ужесточения показателей к требованиям выбросов от водного транспорта на территории Санкт-Петербурга.

Что касается загрязнения вод Санкт-Петербурга от реагентов, которыми поливают дороги в зимнее время года, которые в свою очередь через ливневую канализацию и стоки попадают в реку Санкт-Петербурга, то ученые ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» определили концентрации растворов противогололедной солевой смеси «Бионорд», содержащей в своем составе хлориды натрия и кальция, при которых наблюдаются негативные эффекты, влияющие на развитие животных и растений. Тесты на токсичность показали, что основное действие дорожного реагента связано с входящими в его состав солями хлора и натрия. Опираясь на данные исследования и нормативы использования противогололедной смеси, ученые установили, что сток с одного квадратного метра обработанной поверхности может привести к загрязнению 8—13 литров пресной воды.

В качестве решения по устранению этой проблемы предлагаю прекратить использовать реагенты в принципе. Можно перейти к обеспечению безопасности на дорогах в зимний период времени, используя методику Финляндии. В Скандинавских странах, а в частности в Финляндии, используют для этих целей гранитную крошку, которую в начале зимы рассыпают на дорогах, а в конце собирают, очищают и готовят до следующей зимы. Этот способ экологичен, удобен и менее затратен.

Список использованных источников:

1. Распоряжение №102-р Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности от 05.06.2012г.
2. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году/Под редакцией И.А.Серебрицкого-СПб.:ООО «Сезам-принт»,2016.-168с.

Выбор параметров узлов САРД на основе имитационной модели

Малышев А.Д., Рыбина А.С., Максимова И.Д.

Научный руководитель — д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Безопасность полетов зависит от состояния и физиологических резервов летчика. Улучшение и разработка самолетов четвертого и пятого поколений расширило требования, предъявляемые к высотам и скоростям эксплуатации. В полетах существенно увеличилась сложность и напряженность, обусловленная более интенсивным изменением положения по вертикали и как следствие, давления воздуха в герметичной кабине (ГК) воздушного судна (ВС).

Резкое изменение высоты самолета является неблагоприятным фактором, оказывающим негативное воздействие на функциональное состояние летчиков. Для их защиты и поддержания работоспособности применяются системы автоматического регулирования давления (САРД), поддерживающие давление в необходимых пределах за счет накачивания атмосферного воздуха от компрессора авиационного двигателя и стравливания избыточного газа в атмосферу. Регулирование давления осуществляется изменением проходного сечения регулятора сброса и регулятора подачи в зависимости от изменения высоты полета и вертикальной скорости. В условиях боевого маневрирования оценка технических возможностей САРД ГК показала, что тактико-технические характеристики современных самолётов достигли величин, при которых САРД уже не может полноценно обеспечивать нормальное функциональное состояние и работоспособность экипажа. В частности, существующие САРД, работающие на основе закона регулирования, изменяют давление в ГК в соответствие со скоростью подъема или снижения, что негативно влияет на летчиков. В результате у лётчиков возникают болевые ощущения в слуховых органах, дискомфорт и другие, негативно влияющие на качество деятельности факторы.

При этом человек, находящийся внутри ГК, в случае маневрирования, никак не защищен от перепада давления без специальных высотных средств пилотирования. Поэтому при маневренном полете необходимо применять индивидуальное защитное снаряжение для дыхания под избыточным давлением. В свою очередь, наличие дополнительных защитных средств, приводит к ограничению возможностей человека, к сковыванию его движений и дополнительный массы на теле.

Таким образом, актуальна проблема разработки принципиально новых бортовых систем, которые смогут обеспечивать выполнение безопасного режима регуляции давления при интенсивном маневренном полете в вертикальной плоскости.

Из чего следует, что необходимо проведение научных исследований по разработке методического и алгоритмического обеспечения САРД с оптимальными параметрами управления, обеспечивающими комфортные условия и защищающими летчика от неблагоприятных факторов высотного полета на критических режимах эксплуатации.

Следовательно, целью работы является разработка имитационной модели, позволяющей определять конструктивные параметры регуляторов давления в соответствии с физиологическими ограничениями. Данная модель позволит выбрать оптимальную площадь проходного сечения регулятора давления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ подходов к моделированию критических режимов САРД ГК на основе существующих моделей.
2. Разработка имитационной модели функционирования САРД ГК ВС, позволяющей имитировать маневренный полет с учетом влияния физических параметров атмосферы ГК на физиологические параметры легких при действии различных законы контроля.
3. Разработка методики расчета параметров узлов САРД ГК ВС как объектов автоматического управления.

Разработка медицинской стойки для углубленного обследования населения в фельдшерско-акушерских пунктах, на основе технико-методических приёмов космической медицины

Мартынов З.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васин Ю.А.

МАИ, Москва

Цель работы:

- Разработка медицинской стойки для углубленного обследования сердечно сосудистой системы после космического полета.

Задачи работы:

- Анализ наиболее необходимого оборудования для углубленного анализа человека
- Анализ методики полетного и предполетного обследования космонавтов

В настоящее время при полетах на МКС экипаж сталкивается со многими проблемами со здоровьем. Что бы купировать неблагоприятное воздействие невесомости и нахождения на МКС используются различные средства. Все они укомплектованы в удобные для переноски и занимают большого места.

В Фельдшерско-акушерских пунктах существует проблема с медицинским оборудованием для прохождения полного обследования человека. Для устранения этой проблемы разрабатывается медицинская стойка для углубленного обследования населения в ФАП, на основе технико-методических приемов космической медицины.

На первом этапе данной работы проведлся анализ наиболее необходимого оборудования для углубленного анализа человека, проведлся анализ методики полетного и предполетного обследования космонавтов, туда входит медицинский контроль на борту Международной космической станции (МКС).

Для более качественного обследования будет необходимо, внедрения системы поддержки принятия решений (СППР). Для упрощения процесса обследования и дальнейшего направления человека на необходимые консультации.

Список использованных источников:

1. Шмидт, Г. Тевс. «Физиология человека». Учебник физиологии. 2005 г. Том 2.
2. Козловская И.Б., Ярманова Е.Н., Фомина Е.В. и др. «Развитие Российской системы профилактики неблагоприятных влияний невесомости в длительных полетах на МКС». 1995 г. том 1. стр.63–95.
3. Газенко О.Г., Кальвин М. «Основы космической биологии и медицины» 1975 г. 338 стр.

Сравнительный анализ характеристик солнечных имитаторов различных типов с целью выбора оптимального имитатора для тепловакуумных испытаний малого космического аппарата

Некрасова И.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Родченко В.В.

МАИ, Москва

Моделирование условий космического полета — одна из важнейших задач экспериментальной отработки космических аппаратов. Для этой задачи создаются специальные установки — тепловакуумные камеры, которые оснащены устройствами для имитации условий «холодного» и «черного» космоса: криоэкранами, вакуумной системой, имитаторами внешних тепловых и световых потоков. Параметры камер подбираются таким образом, чтобы максимально приблизить условия внутри них к тем, в которых будет функционировать космический аппарат. Наиболее сложным и важным для точности моделирования условий нагрева космического аппарата элементом является имитатор излучения Солнца. Им оснащены только отдельные тепловакуумные камеры из-за значительной энергозатратности имитаторов солнечного излучения, а также из-за их размеров, часто соизмеримых с размерами самой камеры. В малоразмерных камерах такие

имитаторы практически не используются, что безусловно является недостатком наземной отработки для малых космических аппаратов. Вместе с тем, существуют оптические схемы, позволяющие сократить долю имитатора солнечного излучения в объеме вакуумной камеры. Также важной задачей является сохранение при этом точности характеристик имитируемого потока излучения в сравнении с натурными условиями.

Цель работы: проанализировать различные типы имитаторов солнечного излучения и решить задачу выбора оптимальных параметров имитатора для тепловакуумных испытаний малого космического аппарата.

В докладе сформулированы технические требования к создаваемому имитатором Солнца потоку излучения, проанализировано их выполнение при использовании различных оптических схем, и с учетом основных эксплуатационных характеристик выданы рекомендации по типу и конструктивному исполнению имитатора Солнца для мало- и среднеразмерных термобарокамер.

Приведены результаты математического моделирования внутрикамерных паразитных тепловых потоков для выбранной оптической схемы имитатора Солнца, проведено их сравнение со значениями паразитных потоков для альтернативных схем. Оценен эффект, связанный с уменьшением нерабочего объема тепловакуумной камеры при использовании выбранной схемы имитатора солнечного излучения.

Сравнение влияния двух программ электростимуляционных тренировок на механическую эффективность мышц у человека во время вертикальных прыжков

Прочий Р.Р., Кнутова Н.С.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Коряк Ю.А.

МАИ, Москва

Поверхностная нервно-мышечная электростимуляция (НМЭС) является физиологическим методом тренировки, способствующим вызывать сокращение мышцы, действуя, как альтернатива обычной физической активности (Коряк, 1985; Lake, 1992; Енока, 2002; Когуак, 2018). Интенсивность тренировок, необходимая для эффективного использования НМЭС, хорошо изучена. Показано, что НМЭС интенсивностью 67% от максимальной произвольной силы (МПС) увеличивает МПС на 14% после 3 разовых тренировок в неделю на протяжении 5-недель (Currier, Mann, 1983). Использование НМЭС более высокой интенсивности (91% от МПС) привело к увеличению МПС мышцы на 44% после 3 тренировок/неделю в течение 4 недель (Selkowitz, 1985). По данным других авторов (Kubiak et al., 1987) использование НМЭС 3 раза в неделю на протяжении 5 недель отмечается увеличение силы мышц на 33%. Все исследования показывают, что интенсивность НМЭС тренировок определяет степень увеличения мышечной силы. Линейная зависимость между интенсивностью НМЭС и силой сокращения мышц возникает только при использовании пороговой интенсивности тренировок, превышающей 50% от МПС (Lai et al., 1988; Snyder-Mackler et al., 1993). Таким образом, интенсивность НМЭС тренировок является параметром, который, оказывает значительное влияние на величину прироста силы. Важное значение имеет длительность «электрической» тренировки. В разных исследованиях сообщалось о частоте НМЭС, которая варьировалась от 1 до 5 занятий в неделю в течение от 3 до 6 недель (Currier Mann, 1983; Selkowitz, 1985; Kubiak et al., 1987; Коряк, 1993; Snyder-Mackler et al., 1994) до ежедневных сеансов НМЭС ≥ 60 мин (Poltavskaya et al., 2021). Сообщалось, что длительная (7-недель) НМЭС значительно повышает сократительные функции и работоспособность мышц, это позволяет допустить, что НМЭС вызывает и центрально-рефлекторные эффекты в механизмах управления произвольным движением, которые способствуют более эффективному произвольному использованию силовых возможностей мышечного аппарата (Коряк, 1993). Поскольку длительность тренировочных занятий не была в центре внимания этих исследований, невозможно определить вклад количества НМЭС тренировок в неделю в увеличение

сократительных функций. Показателями механической эффективности мышц-разгибателей нижних конечностей являются произвольные вертикальные прыжковые упражнения. Кинематические и динамические характеристики прыжков вверх с места достаточно точно отражают скоростно-силовую подготовленность мышц нижних конечностей (Немцев, Коджешау, Грекалова, 2012). Таким образом, целью настоящего исследования было определить изменения функций мышц при использовании двух программ НМЭС тренировок разной продолжительностью. В исследовании приняли участие группа ($n = 10$) мужчин возрастом 20-45 лет, без заболеваний опорно-двигательного аппарата, которая были разделены на 2 подгруппы. Испытуемые 1 подгруппы использовали НМЭС в течение 30 мин, а испытуемые 2 подгруппы в течение 60 мин. НМЭС тренировка выполнялась на протяжении 7 недель, 6 дней/неделю. Все испытуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании, которое было одобрено комитетом по биоэтике и соответствует принципам Хельсинкской декларации. НМЭС мышц задней поверхности голени и бедра обеспечивалась стимулятором «Стимул НЧ-01» (Россия), генерировавшим двухполярные симметричные прямоугольные электрические импульсы длительность 1 мс, частотой 25 Гц. Сила электрического раздражения определялась болевым порогом. НМЭС начиналось с более низких амплитуд, а в процессе НМЭС постепенно увеличивалась. НМЭС выполнялась в положении испытуемого «сидя на стуле» и в одно и то же время суток. Вертикальные прыжки, выполняемые человеком, описываются как сложное движение, требующее высокой степени моторной координации (Markovic et al., 2004). Максимальная высота вертикальных прыжков является показателем мышечной мощности и представляет важную информацию о функциональных способностях и производительности мышечного аппарата. Испытуемые, стоя на контактной платформе, держа руки на поясе, выполняли вертикальный прыжок при условии «прыгнуть как можно выше» из положения полуприседа (ППП) (Hewett et al., 1999). Выполнялось три попытки, и учитывался лучший результат. После 30 мин НМЭС безопорная фаза и высота ППП увеличилась в большей степени по сравнению с 60 мин стимуляцией на 7,7% и 14,3% соответственно. Скорость прыжка, мощность и мощность на килограмм увеличилась в большей степени после 30 мин НМЭС, 7,3%, 28,1% и 11,4%, соответственно, по сравнению с 60 мин НМЭС тренировки. Таким образом, результаты исследования указывают, что НМЭС оказывает тренировочное воздействие на стимулируемые мышцы и можно предположить, что продолжительность «электрической» тренировки в течении 30-мин, по-видимому, является наиболее эффективной в отношении скоростно-силовых свойств нервно-мышечного аппарата. Информация поможет врачу и членам космических экспедиций наиболее эффективно использовать НМЭС в системе профилактики негативных влияний разгрузки мышечного аппарата.

Выбор режимов работы САРД на основе имитационной модели

Рыбина А.С., Малышев А.Д., Максимова И.Д.

Научный руководитель — д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Актуальность оценки переносимости декомпрессии человеком при аварийной разгерметизации герметичной кабины (ГК) определена тем обстоятельством, что существующие средства регулирования давления не учитывают в полной мере:

- Технические возможности и ограничения существующих средств разработки и регулирования параметров воздуха в кабине;
- Физиолого-гигиенические эффекты, воздействующие на экипаж в процессе их деятельности в штатных и аварийных ситуациях;
- Потенциальные технические возможности, использования других средств и способов оптимизации условий деятельности экипажа при выполнении маневренных (высокоманевренных) и высотных (стратосферных) полётов в штатных и аварийных условиях.

Перспективным способом оптимизации режимов регулирования давления в ГК является математическое моделирование, учитывающее возможности и ограничения перераспределения объемов подачи воздуха для компенсации появившейся утечки. Поэтому целью работы была выбрана разработка методики оценки переносимости декомпрессии человеком в стратосферном полете при разгерметизации на основе комплексной имитационной модели газодинамических процессов, имеющих место в секционированных ГК летательных аппаратов. Данная методика позволит теоретически оценить величину резервного времени в зависимости от уровня переносимости воздействия.

Для достижения поставленной цели нам необходимо было решить следующие задачи:

1. Сформировать имитационную модель декомпрессии при разгерметизации на основе существующих подходов к моделированию процесса разгерметизации кабины, позволяющую учитывать влияние декомпрессии на организм летчика в зависимости от параметров полета и характеристик ГК и изменения режимов функционирования системы автоматического регулирования давления (САРД).

2. На основе вычислительных экспериментов разработать методику оценки переносимости декомпрессии человеком, учитывающую различные уровни переносимости воздействия.

Для решения первой комплексной задачи — разработки имитационной модели декомпрессии при разгерметизации ГК необходимо решить три взаимосвязанные и взаимозависимые подзадачи:

- Провести анализ существующих подходов к моделированию декомпрессии при разгерметизации кабины;
- Разработать модель декомпрессии при разгерметизации;
- Сформировать модель респираторной системы организма.

Для решения второй комплексной задачи — разработки методики оценки переносимости декомпрессии человеком так же было необходимо решить три взаимосвязанные и взаимозависимые подзадачи:

- Обосновать уровни переносимости воздействия;
- Провести вычислительные эксперименты имитирующие разгерметизацию гермокабины;
- Аппроксимация полученных зависимостей.

Исследование проблемы обеспечения безопасности при разгерметизации было проведено взаимосвязано, как с физиологической, так и технической точек зрения, что дало возможность исследовать различные режимы функционирования САРД. Процесс истечения воздуха из ГК при разгерметизации был изучен с позиций теории термодинамики тела переменной массы при возрастающем внешнем противодавлении, т. е. в условиях экстренного снижения на безопасную высоту. Полученные результаты позволили количественно определить степень безопасности и выявить возможности обеспечения безопасности при снижении с разных высот. Существенным результатом работы является разработка и обоснование комплексной имитационной модели газодинамических процессов при декомпрессии секционированных ГК, которая может использоваться в качестве универсального математического инструмента при решении широкого круга практических задач, связанных с нарушением герметичности, регулированием параметров воздуха, наддувом и вентиляцией ГК.

Универсальность разработанной математической модели позволяет использовать ее также для решения самых разнообразных задач возникающих при проектировании сложных систем наддува и вентиляции оборудования, сообщающихся газовых емкостей при наличии притока и/или оттока газа, систем кондиционирования и вентиляции промышленных объектов, подводных кораблей, подземных сооружений, убежищ и т. п.

Полученная модель, позволяет на стадии проектирования произвести рациональный выбор герметических и газодинамических параметров ГК, а также летно-эксплуатационных характеристик ЛА с учетом возможной декомпрессии кабины в полете или, наоборот, при заданных параметрах ГК и летных данных оценить степень опасности при разгерметизации и заранее предусмотреть комплекс средств по обеспечению безопасности.

Разработка нового метода медико-психологического контроля на основе биохимических параметров

Сафронова К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время перспективным направлением в пилотируемой космонавтике является построение обитаемой Лунной базы. Данная задача связана с повышенным риском и факторами неопределенности. Для решения проблемы неопределенности необходима разработка системы медико-психологического контроля членов экипажа, способная контролировать такой специфический показатель организма человека, как стресс. Это необходимо для повышения надежности и безопасности длительных космических полетов, в том числе при построении Лунной базы.

Проявление стресса приводит к такой симптоматике, как раздражительность, ухудшение сна, головные боли, плохой аппетит и другое. В общей совокупности подобные состояния приводят к нарушению работоспособности космонавта, что является особенно опасным в условиях неопределенности.

Факторы стресса являются одними из самых сложных в визуальной и поверхностной оценке, более того, они могут быть субъективными, так как оценку проводит психолог. Также, если речь идет о полетах на Луну, связь с Землей происходит с задержкой, что усложняет анализ и оперативное реагирование.

Существуют исследования, указывающие на корреляционную связь между уровнем глюкозы крови и стрессорными гормонами. Более того, изучен адаптационный синдром. В совокупности эти данные дают возможность сделать заключение о корреляционной взаимосвязи между концентрацией глюкозы крови и уровнем стресса.

Проведенные в условиях моделированной невесомости исследования показали, что корреляция существует. Более того, результаты исследования позволили выдвинуть гипотезу о том, что характер стрессового воздействия также влияет на характер изменения концентрации глюкозы. Так, можно дифференцировать стресс на «положительный» и «отрицательный», при которых уровень гормонов повышается или падает не зависимо от внешних воздействий на организм человека.

Разработка экспериментальной модели для оценки влияния потоотделения обследуемого на данные биоимпедансного анализа

Семенова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Белозерова И.Н.

МАИ, Москва

Изучение водно-солевого баланса у космонавтов является одним из важных аспектов медицинского обследования, так как его изменение может привести к многочисленным отклонением в жизнедеятельности организма. Наиболее частыми из них являются снижение работоспособности, болезнь движения и ортостатическая неустойчивость. Метод биоимпедансного анализа (БИА) зарекомендовал себя как наиболее оптимальный метод оценки водных секторов организма во время орбитального космического полета (КП) (Носков В.Б. и др., 2014, 2015). Однако, для улучшения качества данных, получаемых с помощью БИА, и снижения ошибок при измерении, необходимо решить ряд методических проблем.

Среди ведущих специалистов в области БИА уже давно существует мнение, что пот на поверхности тела вносит значительную погрешность в измерение данным методом. Но вопрос о том, насколько велика это погрешность, на данный момент

остается открытым, так как подобные исследования ранее не проводились и публикации по этому вопросу отсутствуют. Поэтому для увеличения точности метода одной из задач является определение влияния потоотделения на регистрируемые показатели.

На первом этапе данной работы были разработаны методические указания для исследования влияния потоотделения на регистрируемые показатели, а также усовершенствован экспериментальный стенд и подготовлена дополнительная аппаратура для проведения методики. На следующем этапе запланировано проведение исследования на базе ГНЦ РФ — ИМБП РАН с использованием гомогенной выборки обследуемых.

Результаты исследования помогут пересмотреть стандартный подход к обработке данных, сделав его более простым и удобным для медицинского персонала. Также решение вопроса о влиянии потоотделения на точность получаемых данных позволит использовать метод БИА для медицинского обследования космонавтов на борту пилотируемых кораблей, что даст большой скачок в развитии персонализированных подходов при коррекции водно-солевого баланса у космонавтов на разных этапах КП.

Список использованных источников:

1. Noskov V.B., Smirnov Y.I., Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Tuikin S.A. (2014) Device for noninvasive determination of human body composition under spaceflight conditions /Biomedical Engineering. Т. 48. № 4. С. 218-220.

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.

Перспективы использования процесса электродиализа для регенерации воды на космических станциях

Слободчиков В.Ю.

Научный руководитель — Шангин И.А.

МАИ, Москва

Возобновляющаяся конкуренция в освоении космоса, а также масштабные планы по строительству новых космических станций приводят к выводу о необходимости модернизации существующих средств жизнеобеспечения в направлении увеличения их автономности и энергоэффективности.

В число ключевых факторов, необходимых для выживания человека, входит доступ к питьевой воде. Кроме экипажа, вода необходима для работы системы обеспечения кислородом «Электрон-ВМ».

Используемые в данный момент методы регенерации воды имеют достаточно низкую эффективность, для повторного использования доступно не более 70% жидкости, поэтому на МКС осуществляются регулярные поставки питьевой воды.

Как один из способов улучшения ситуации с получением очищенной воды рассматривается использование процесса электродиализа, который характеризуется:

1) Высокой надежностью, поскольку в аппаратах для электродиализа не используются подвижные элементы;

2) Длительным сроком работы: мембраны в электродиализаторах способны работать 5-10 лет.

3) Потерями воды, сводимыми к минимуму. Для получения продукта с требуемым содержанием примесей возможно произвести неограниченное число циклов очистки.

Основная доля потерь воды при электродиализе приходится на предварительную подготовку;

4) Сведем к минимуму предварительных операций: для использования электродиализа раствор достаточно отфильтровать от твердых частиц и соединений, способных повредить мембрану.

5) Возможностью очищать сильно загрязненную воду, что может решить проблему высокого содержания кальция в продуктах жизнедеятельности экипажа;

6) Низкой энергоемкостью. Затраты электроэнергии на очистку 1 литра воды составляют всего 1-2 Вт, что критически важно в условиях отсутствия источников питания, помимо солнечных панелей.

Проведено сравнение стоимости, необходимой предварительной подготовки воды и энергоёмкости процесса электродиализа и обратного осмоса, как второго наиболее перспективного метода регенерации воды на космических станциях. Произведён анализ способов дополнительного увеличения эффективности электродиализа.

Список использованных источников:

1. Ильина С.И. Электромембранные процессы: учебное пособие./ С.И. Ильина М. РХТУ им. Менделеева, 2013. — 57 с.
2. Щедрин П.А., Филимонов Г.А., Маракуца Т.А., Ильина С.И. Перспективы развития электродиализа с биполярными ионообменными мембранами: статья в журнале Евразийский Союз Ученых, 2019.
3. Жилинский В.В. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка: конспект лекций./ В.В. Жилинский — БГТУ, 2013. — 191 с.

Исследование оценки операторской деятельности пилотируемого робототехнического комплекса с помощью имитационного стенда

Теренин Р.А.

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

МАИ, Москва

В данный момент для нынешних автоматизированных комплексов особенностью видов деятельности оператора является одновременного выполнения различных операций, направленных на решение не взаимосвязанных задач: манипулирование подвижным объектом ровера, мониторинг ситуации при прокладке маршрута, ориентирование на местности, ремонт вторичных приборов, выполнения проверки физиологических процессов, сопутствующих выполнению научной работы.

Основной задачей, является повышения надежного функционирования биологического элемента в технической системе оператор-машина. Задача, связанная с надежностью, выполняется на уровне конструирования аппарата за счет грамотного компромисса, технических и биологических возможностей человека, элементов системы. Мониторинга инфосреды, требующей ее оптимизации, для корректного понимания оператором.

Опыт специалистов в данной области, по выполнению повышения надежности робототехнического комплекса, демонстрирует необходимость использования объективных критериев квалификации человека к операторской деятельности, его психического и физиологического состояний, физической развитости, как общей, так и в частности, а также анализ правильности принятых решений.

Главная задача представляет собой анализ внутренних сил человека и уменьшения негативного фактора избытка информации, показывающееся на мониторе испытательного стенда. Анализ с высокой точностью показывает динамику освоения нового оборудования, и дает информацию по ее последующей модернизации, как программного обеспечения, так и технических элементов имитационного стенда.

В условиях научного эксперимента эти моменты допускают корректировку методики и объемы процедур для одного из представленных ниже заданий, профессионально выявить качество эксперимента по базе оценок операторской деятельности, определить слабые стороны в нештатной ситуации каждого отдельно взятого человека, при моделировании аварий на маршруте движения ровера по лунной поверхности

Основные положения

В ходе выполнения поставленной задачи, оператор выполняет следующие действия, связанные с управлением ровером:

- навигация на местности,
- перемещение по поверхности с разным рельефом,
- сбор образцов манипулятором,
- проведение измерений,
- починка стационарной исследовательской станции.

В задачу встроены когнитивные тесты:

– реакция на движущийся объект (РДО) — связана с проведением измерений;
– тест «Скорость реакции» — оператору предъявляется сообщение о поломке колеса, он должен нажать клавишу на клавиатуре от 1 до 6, чтобы починить соответствующее колесо. При ошибке предъявляется вспомогательная схема с подсвеченным местоположением повреждённого колеса.

– матрицы Равена — связаны с починкой (подбор деталей). Каждая задача с матрицей Равена выглядит следующим образом: в одной части экрана отображается картинка с условиями задачи, на второй части экрана — 6–8 вариантов ответов; есть только один правильный ответ. База данных с задачами содержит 60 заранее подготовленных задач, разбитых на 5 типов (А, В, С, D, E) по 12 задач. В ходе теста оператор решает по одной задаче каждого из 5 типов, задачи выбираются случайным образом, ответы перемешиваются случайным образом;

– зрительно-моторная реакция — отклик на отказы систем ровера. Моделируемая поверхность

Окрестности пика Рюмкера (Mons Rümker) на севере Океана Бурь (Oceanus Procellarum)

Задачи оператора

Основная задача оператора — достичь в произвольной последовательности 3-х точек на карте. Оператор по возможности сам выбирает маршрут.

В каждой из точек производится определённое действие:

- Проведение измерений;
- Сбор образцов;
- Починка стационарной исследовательской станции.

Следует отметить, что предлагаемый способ оценки операторской деятельности имеет свои ограничения: для применения — нельзя определять индекс стресса у лиц, имеющих отклонения в здоровье. Это ограничение связано с изменением структуры спектра динамического ряда кардиоинтервалов, используемых при оценке физиологических сдвигов в организме оператора.

В заключении отмечу, что эксперимент SIRIUS с виртуальной реальностью разработан в соответствии с планами Роскосмоса, РКК «Энергия» и лабораторией Института медико-биологических проблем (ИМБП) РАН по освоению естественного спутника Земли.

Одной из основных задач эксперимента является пилотируемые полеты к Луне. Разработка и создание, как и всех тренажёров для подготовки космонавтов к полету ведется в соответствии с планами Госкорпорации «Роскосмос».

Метод медицинского контроля психофизиологического состояния человека в условиях «сухой» иммерсии

Ульянкин А.И., Сафронова К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, Москва

В реальном космическом полёте (КП) частым явлением является повышенная нагрузка на нервную систему. В следствии чего, повышается потенциальная возможность возникновения критических ошибок, что может привести к опасным для жизни и здоровья ситуациям. Однако, на текущий момент не существует объективных психологических методик оценки уровня стресса. Создание такой методики и обуславливает актуальность данной работы. «Сухая иммерсия» (СИ) — модель, используемая для наземного воспроизведения физиологических эффектов КП. Экспериментальные исследования показали высокую валидность данного метода в воспроизведении эффектов невесомости и его безопасность для жизни и здоровья человека [1]. Метод позволяет произвести оценку влияния фактора микрогравитации на нервную систему космонавтов, что также подразумевает возможность оценки влияния стресса в период адаптации человека к смоделированным условиям космического полета.

Таким образом, целью данной работы ставится разработка методики медицинского контроля психологического состояния человека в условиях, максимально приближенных к условиям реального КП, которых можно достигнуть на стенде «сухая иммерсия».

Повышенная нагрузка на нервную систему проявляется в сенсорной депривации, отличии от земного режима труда и отдыха, непредвиденных экстремальных ситуациях, адаптации к условиям КП и так далее. Это может привести к сниженной работоспособности космонавта, а также повышенным стрессовым нагрузкам на его организм, что, в свою очередь, может привести к ухудшению настроения, падению мотивации, плохому аппетиту, головным болям, нарушением сна, концентрации внимания и др. Так, повышается потенциальная возможность возникновения критических ошибок, следовательно, возрастает риск возникновения опасных для жизни и здоровья ситуаций. Для того чтобы не довести космонавта до критического состояния необходимо контролировать его психофизиологические параметры. На данный момент контроль осуществляется при помощи специальных психологических анкет и когнитивных тестов, которые не до конца учитывают индивидуальные особенности членов экипажа и дают большую погрешность измерений. Основной проблемой является субъективность заключения психолога, прямым следствием этого факта становится малая точность результатов подобного исследования. Таким образом, для оценки психологической нагрузки на организм космонавтов можно ориентироваться только на те методы моделирования воздействия КП, в которых происходит стимуляция нервной системы. Помимо вышеописанных методик стресс также можно оценить и через биохимические показатели крови [2]. Взаимосвязь между биохимическими параметрами и психологическими реакциями описывается с помощью понятия «общего адаптационного синдрома».

В работе предлагается метод исследования психофизиологического состояния человека, находящегося в условиях СИ при помощи комплексной оценки данных, как по биохимии, так и по психологии. Так, ориентируясь на данные, полученные в ходе эксперимента «сухая» иммерсия, можно оценить, как с точки зрения психофизиологии происходит адаптация человека к условиям реального КП. Для получения объективных данных об изменении биохимических показателей, в зависимости от когнитивных нагрузок, измеряется содержание глюкозы в крови и кортизола в слюне. В свою очередь, для получения данных о психологической нагрузке используются психологические анкеты, предназначенные для диагностики уровня психической работоспособности. Таким образом, возможно создание устройства, обеспечивающего регистрацию и анализ предложенных показателей для оценки уровня стресса.

В результате выполнения работы выявляется корреляционная модель зависимости между биохимическими параметрами, такими как концентрация кортизола и глюкозы, и величиной когнитивной нагрузки, а также будет построена математическая модель зависимости биохимических показателей (глюкозы и кортизола) от длительного пребывания в условиях СИ. На основе этих моделей, предлагается проект портативного устройства для регистрации биохимических показателей, их анализа согласно созданной математической модели и, на основе этого, донесения до пользователя информации о его уровне стресса в интуитивно понятной форме.

Список использованных источников:

1. Уникальная научная установка — Стенд «Сухая иммерсия» // Федеральное государственное бюджетное учреждение науки государственный научный центр российской федерации Институт Медико-биологических Проблем РАН; URL: <http://isrc.imbp.ru/dryimmersion.html#> (Дата обращения: 14.02.2022)

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» // XLVI Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения — 2020» сборник тезисов докладов, с.788-789.

Анализ углеродного следа эксплуатационного предприятия гражданской авиации ОАО «МАШ»

Цветкова Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Мануйлова Н.Б.

МАИ, Москва

Проблема изменения климата привлекает всё больше внимания мирового сообщества. Последствия увеличения концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере, такие как изменение глобального круговорота воды или многолетнее истончение арктического морского льда, представляют серьезную опасность для биосферы. По самым оптимистичным прогнозам при среднем будущем уровне эмиссии ПГ Северный Ледовитый океан полностью освободится ото льда к сентябрю 2100 года, по менее оптимистичным это может произойти уже в 2030 году. Только за двадцатый век глобальный уровень моря увеличился на 17 см, кроме того, в период с 1995 по 2015 наблюдалось ускорение повышения уровня моря. По прогнозам МГЭИК, уровень моря за двадцать первый век может вырасти на 52–98 см. Тревогу вызывают изменение режима выпадения осадков и более частые экстремальные погодные явления [1,2].

Согласно данным Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации, содержание парниковых газов в атмосфере на 2018 год по сравнению с 1750 годом составило: двуокись углерода — 147%, метан — 259%, закись азота — 123%. В период с 2008 по 2018 года годовое абсолютное увеличение содержания CO₂ — 2.26ppm, CH₄ — 7.1ppm, NO₂ — 0.95ppm.

С 2017 по 2018 наблюдалось заметное увеличение темпов роста концентрации метана и закиси азота по сравнению со средними показателями в период 2008-2017. Темпы роста концентрации двуокиси углерода были близки к тем же показателям предшествующего десятилетия. Глобальное общемировое содержание ПГ составило: CO₂ — 407.8±0,1 млн-1, CH₄ — 1869±0,2 млн-1, NO₂ — 331.1±0,1 млн-1 [3].

По данным экспертов основной причиной повышения температуры атмосферы Земли и Мирового океана является влияние человека, однако в период спада мировой экономики темпы роста концентрации парниковых газов возросли [4]. Это наводит на мысль: не приближаемся ли мы к той критической черте, когда человечество уже не сможет предотвратить глобальное потепление?

Несмотря на то, что по оценкам ЕАОС доля авиации в общих антропогенных выбросах углекислого газа составляет всего 2-3%, ввиду тревожных данных о климатических изменениях требования мирового сообщества к воздушному транспорту становятся жестче [5].

Для реализации Парижского соглашения от 12 декабря 2015 года Правительству РФ необходимо к 2030 году снизить выбросы ПГ до 70% относительно уровня выбросов 1990 года [6].

В целях снижения выбросов парниковых газов был принят федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 2 июля 2021 года, по которому предприятия, чья деятельность сопровождается выбросами ПГ в количестве, эквивалентном 50 тыс. тонн CO₂ в год и более с 2024 года станут «регулируемыми организациями». ОАО МАШ может попасть в список значимых источников парниковых газов, когда деятельность аэропорта вернется к тем показателям, что были до пандемии [7]. Регулируемые организации будут постепенно с учётом особенностей отраслей переходить на развитие с низким уровнем выбросов ПГ.

Список использованных источников:

1. Bo, J.; Hall, A.; Qu, X. September sea-ice cover in the Arctic Ocean projected to vanish by 2100 (англ.) // Nature Geoscience: journal. — 2009. — Vol. 2, no. 5. — P. 341. [Roach, John. Arctic Largely Ice Free in Summer Within Ten Years?. National Geographic News (15 октября 2009).

2. Sea Level Rise Accelerating, SpaceRef, Keith Cowing, 13.0.2018 [Christopher S.; Watson; Neil J.; White; John A.; Church; Matt A.; King; Reed J.; Burgette; Benoit; Legresy. Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era (англ.) // Nature Climate Change (англ.)

рус.: journal. — 2015. — 11 May (vol. 5). — P. 565—568.]] Во, J.; Hall, A.; Qu, X. September sea-ice cover in the Arctic Ocean projected to vanish by 2100 (англ.) // Nature Geoscience: journal. — 2009. — Vol. 2, no. 5. — P. 341.

3. Бюллетень ВМО по парниковым газам no.15 — 25.11.2019.— Стр. 2.

4. Изменение климата, 2014 г. Обобщающий доклад МГЭИК— 2014. — Стр. 5.

5. Climate change and flying: what share of global CO₂ emissions come from aviation? Hannah Ritchie — 22.10.2020.

6. Указ Президента РФ от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» — 2020.

7. Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» — 2002. — Ст.7.

Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Секция №6.1 Роботизация

Разработка робототехнической системы и ее математической модели для исследования методов управления прецизионными многоприводными манипуляторами

Должанский М.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Синявская Ю.А.
МАИ, Москва

В настоящее время практически в любой деятельности человека присутствует автоматизация тех процессов, которые ранее выполнялись либо с большим трудом, либо связанные с огромным риском для жизни. Одним из решений данной проблемы стали робототехнические системы. Их появление позволило не только увеличить трудовую или производственную деятельность, но и снизить число нештатных ситуаций, связанных с человеческим фактором.

В зависимости от сложности выполняемой работы, в которой робот принимает непосредственное участие, может по-разному стоять вопрос о способе синтеза системы управления. Сейчас, например, создаются и используются так называемые роботы «помощники». Такие роботы позволяют оптимизировать складские процессы, ремонт в труднодоступных местах и многое другое. Естественно, системы такого плана должны обладать минимально требуемым набором средств для передвижения по местности или перемещения каких-либо объектов, что позволяют обеспечить приводные системы.

Такие системы являются незаменимой частью любой роботизированной системы в различных исполнениях: гидропривод, пневмопривод, электропривод и т.д. Приводные системы позволяют роботам передвигаться в пространстве, выполнять управленческую деятельность на производстве или предприятии (манипуляторы и пр.). Конструкция системы приводов может быть вариативной и обладать разной сложностью, в зависимости от выполняемой робототехнической системой задачи. Следовательно, разработка приводной системы — это основной этап в проектировании робототехнических систем.

В данной работе решается задача по проектированию универсальной прецизионной многоприводной робототехнической системы, а также создание ее математической модели.

Прецизионная система — точная. Медицина, ювелирные работы, а также работы с опасными веществами и многое другое: все эти вышеперечисленные сферы деятельности имеют определенный уровень точности, который должна обеспечить та или иная робототехническая система.

Проектирование робототехнической системы, а вместе с ней и приводной системы приводит к двум основным проблемам:

- Обеспечение устойчивости;
- Обеспечение динамической точности.

Независимо от назначения, основным шагом в проектировании системы является определение закона движения объекта управления. На данном этапе уже начинают проявляться особенности конструирования в области робототехники. То есть, уже на первом этапе проектирования системы, необходимо знать какие требования являются важнейшими для работы системы.

Изучив закон движения, необходимо обеспечить условия для реализации данного закона движения. Затем, необходимо провести выбор структурно необходимых элементов,

при которых приводная система будет способна обеспечить заданную точность. Однако, в большинстве случаев по завершению вышесказанных этапов оказывается, что привод неустойчив. Данное обстоятельство говорит о том, что возникает необходимость коррекции динамических свойств системы.

Разумеется, при выборе привода необходимо также учитывать факторы, которые характеризуют условия эксплуатации:

- Точность позиционирования;
- Кинематические параметры манипулятора;
- Характер нагрузки на приводную систему;
- Характер окружающей среды.

Вышеперечисленные факторы ограничивают выбор приводной системы, поэтому их необходимо учитывать при синтезе исполнительного механизма.

В работе представлен образец многоприводной робототехнической прецизионной системы, а также математическое описание работы в комплексной системе управления механическим манипулятором.

Способ роботизированной сборки каркасных конструкций в космическом пространстве

Зоммер С.А.

АО «ИСС», Железногорск (Красноярский край)

Растущая потребность в формировании крупногабаритных конструкций, функционирующих в космосе, и ограниченные возможности современных ракет-носителей приводят к необходимости развития новых подходов и принципов проектирования, изготовления и сборки крупногабаритных конструкций [1].

В настоящее время, при создании крупногабаритных конструкций ракетно-космической техники, применяется подход формирования конструкций путём их трансформации из сложного транспортировочного положения в рабочее используя различные механические системы и устройства развёртывания [2]. Однако, при необходимости увеличения размеров конструкции в рабочем положении увеличивается количество механических устройств и их сложность, что влияет на надёжность и вес конструкции, а необходимость выведения всей конструкции на орбиту целиком приводит к ограничению её габаритов в сложном положении для размещения внутри ракеты-носителя.

С целью реализации поставленных требований по созданию крупногабаритных конструкций в космическом пространстве, в рамках представленной работы предлагается разработка концепции способа роботизированной сборки каркасных конструкций путём соединения между собой электромеханических композитных элементов конструкции при помощи специальных мобильных робототехнических систем. Использование перспективных электромеханических композитных звеньев позволит обеспечить сборку путём жесткого соединения элементов каркасной конструкции между собой с одновременным выполнением функции создания бортовой кабельной сети для обеспечения работоспособности роботизированных манипуляторов и подключения устройств и оборудования к сформированной кабельной сети [3].

Мобильные робототехнические системы, производящие сборку, представляют собой роботов-манипуляторов способных перемещаться по собранному элементу конструкции, транспортируя последующее звено к месту его соединения с предыдущим, позиционируя его и производя механическое и электрическое соединение их между собой через специальный быстросъёмный интерфейс. Наличие интегрированных в элементы конструкции электрических проводников позволяет создавать бортовую кабельную сеть внутри конструкции без необходимости проведения трудоёмких операции по её монтажу. Подключение робота-манипулятора к этой сети обеспечивает возможность для его электрического питания и получения необходимых управляющих сигналов.

Таким образом использование представленного способа роботизированной сборки позволяет увеличить технологичность сборки крупногабаритных каркасных конструкций различного назначения в условиях космического пространства путём использования роботизированных систем.

Список использованных источников:

1. Проблемы создания в космосе крупногабаритных конструкций / В. М. Мельников, И. Н. Матюшенко, Н. А. Чернова, Б. Н. Харлов // Труды МАИ. — 2014. — № 78. — С. 17.
2. Чеботарев В. Е., Косенко В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: учеб. пособие; Сиб. гос. аэрокосм. ун-т. Красноярск, 2011. 488 с.
3. Зоммер С.А. Электромеханический композитный элемент конструкции // XXV Туловские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 10-11 ноября 2021 года: Материалы конференции. Сборник докладов. — В 6 т.; Т. 1. — Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. — С 397–402.

Робот «Дружок»

Кашин Д.Д., Полторац Д.С., Мионов И.И.

Научный руководитель — Качалин А.М.

МАИ, Москва

С развитием технологий человек не раз задумывался над созданием искусственных устройств, которые во многом повторяют то, что уже есть в природе: животных, человека. По началу эти объекты не имели какого-либо назначения, но со временем начинали обретать определённый смысл: не только повторять природу, но и выполнять определённые задачи, которые принесут человеку пользу и облегчат его жизнь.

В современном мире существует множество работ, которые человеку выполнять трудно, вредно, а порой и вовсе опасно для здоровья. Именно поэтому современная робототехника ищет решения для того, чтобы избавить его от лишних проблем, и возложить выполнение максимально возможного числа задач на робота.

В качестве одного из таких решений мы предлагаем робота «Дружок», который может стать платформой для выполнения различных задач.

Возможными функциями такого робота станут:

- Социальные:
 - Поводырь;
 - Компаньон;
 - Военные;
 - Разведчик;
 - Сапёр;
- Специальные:
 - Помощь в поисково-спасательных операциях
 - Радиационная разведка

В настоящее время разработан прототип робота: на основании созданной 3D-модели произведена печать необходимых деталей, которые впоследствии были собраны в готовое устройство, а также выбраны компоненты для электропитания и управления роботом.

В ближайшем будущем планируется написание программы для обеспечения базовых алгоритмов: ходьбы и ориентации в пространстве. Также в перспективе возможно подключение камеры с поддержкой алгоритмов компьютерного зрения, которая позволит роботу в большем объёме получать информацию об окружающей его среде, а значит выполнять более сложные задачи и анализировать обстановку на принципиально ином уровне.

Всё это должно сделать «Дружка» по настоящему умным и «живым» роботом, который станет другом и помощником современного человека.

Анализ применимости методов нейросетей для задачи прогнозирования состояния сложной системы

Потапов Д.Э.

Научный руководитель — к.т.н. Брусникин П.М.

МАИ, Москва

Мониторинг состояния бортовых систем является неотъемлемой частью технического обслуживания летательных аппаратов. Введение новых и усовершенствование существующих методов контроля способствует сокращению вероятности возникновения отказных состояний систем в полёте, снижению нагрузки на наземный обслуживающий персонал и увеличению скорости обслуживания, что косвенно влияет на стоимость эксплуатации. На данный момент контроль состояния сложных бортовых систем обеспечивается считыванием информации о работоспособности каждой системы из блоков ВСК, регистрацией неисправностей, выделением групп отказов, отображением состояния систем на индикаторе или планшете, инспекцией отчетов техниками на земле и последующим обслуживанием отказавших блоков, в которых возникли неисправности. Разработка функции прогноза неисправностей позволит заменять тот или иной блок системы до наступления отказного состояния и сократить количество отказов в целом.

В работе рассматривается возможность применения одного из методов предиктивного аппарата — прогнозирование состояния сложной системы с использованием искусственных нейронных сетей.

Типичная архитектура предполагаемой ИНС представляет собой множество связанных между собой нейронов, образующих многослойную сеть. Главным преимуществом нейросетей перед традиционными алгоритмами является их способность к обучению. Применяя алгоритмы, выработанные в процессе обучения, нейросеть, находя зависимости между входными и выходными данными и производя обобщение, способна предсказывать последующие значения некоторой последовательности на основе предыдущих или существующих в настоящий момент факторов с помощью метода аппроксимации функции.

Обычно прогнозирование выполняется в несколько этапов. На первом этапе из входного потока выделяется максимальное число значащих данных, определяется уровень детализации информации, период, горизонт и интервал прогнозирования. На втором этапе устраняются не влияющие на прогноз данные, убираются шумы и восстанавливается пропущенная информация. Затем нейросеть делает прогноз состояния сложной системы на основе полученных данных.

В настоящее время для описания стационарных случайных процессов широко применяются авторегрессионные модели. Они указывают, что выходная переменная линейно зависит от своих собственных предыдущих значений и от стохастического члена. Наиболее перспективными из них являются ARIMAX (модель авторегрессии и скользящего среднего), GARCH (авторегрессионная условная гетероскедастичность) и ARDLN (модель авторегрессии и распределённого лага).

Результаты исследования показали, что прогнозирования состояния сложных бортовых систем методом нейронных сетей имеет высокую актуальность для авиационной промышленности. Существует ряд положительных качеств использования ИНС, среди которых масштабирование на различные системы и отсутствие потери работоспособности при неполных априорных данных. К недостаткам можно отнести длительное время обучения, проблему переобучения и необходимость большого объёма входных данных.

Внедрение модельно-ориентированных методик в классический V-образный подход к оценке безопасности сложных бортовых систем гражданских воздушных судов

Савельев А.С.

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

МАИ, Москва

Ключевыми методами анализа безопасности систем гражданских воздушных судов являются Оценка функциональных опасностей, Анализ видов и последствий отказов и Анализ дерева отказов. Эти анализы описаны в Р-4761. Современным подход (но еще не принятым в качестве стандарта) являются модельно-ориентированные анализы. Многие работы, связанные с модельно-ориентированным подходом к решению данных задач, посвящены выполнению специфических анализов безопасности в основном для решения задач этапа верификации. Известны также проблемы, которые на текущий момент менее освещены в литературе, но представляют реальную угрозу безопасности. Повышенный объем анализируемой информации инженером в совокупности с технической экспертизой конкретного специалиста как единственным вариантом анализа и отсутствием автоматизации выполнения работ порождают большое количество ошибок и, соответственно, нельзя гарантировать, что отсутствуют непроанализированные существенные отказные состояния. Для минимизации рисков человеческого фактора предлагается разработка и интеграция методик модельно-ориентированного подхода в единый подход, соответствующий Р-4761.

Модельно-ориентированный подход к оценке функциональных опасностей предполагает возможность формальной и неформальной валидации степени опасности каждого отказного состояния с помощью стендов имитационного моделирования, не требующих разработанной системы «в железе». Моделирование отказных состояний и анализ результатов по критериям, определенным в МОС-2, помогает исключить субъективный аналитический фактор при определении последствий отказов.

Модельно-ориентированный подход к анализу видов и последствий отказов предполагает использование современного инструментария, позволяющего отслеживать каждый отдельный компонент и его виды отказов даже в случае внесения изменений в конструкцию. Это позволяет минимизировать риск человеческого фактора, вызванного высокой загрузкой специалистов и объемом анализируемой информации.

Модельно-ориентированный подход к анализу дерева отказов упрощает техническую коммуникацию между разработчиками системы и специалистами, выполняющими анализ за счет работы в сообщающихся информационных средах, что позволяет автоматизировать анализ дерева отказов при моделировании диаграмм состояния и переходов.

Таким образом, использование модельно-ориентированного подхода к оценке безопасности снижает риски человеческих ошибок при выполнении анализов. Для обеспечения такого подхода и интеграции в единую концепцию, соответствующую Р-4761, были разработаны стенд имитационного моделирования отказного состояния, а также методики модельно-ориентированных анализов.

Разработка человеко-машинного интерфейса комплекса бортового оборудования перспективных объектов авиационной техники в соответствии с принципами Гештальт теории

Силин Н.Д.

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

МАИ, Москва

В настоящее время существенно возросла проблема построения человеко-машинных интерфейсов в авиационной промышленности, поскольку вычислительная техника и программное обеспечение используются во всех комплексах бортового оборудования летательных аппаратов. Подавляющее большинство современных комплексов бортового

оборудования обладают графическими пользовательскими интерфейсами, с которыми лётчики взаимодействуют при выполнении поставленных задач. Следовательно, успех выполнения задач напрямую зависит от эффективного построения отображения графической информации при человеко-машинном взаимодействии.

Увеличение количества, размеров и разрешения цифровых экранов в кабине экипажа не могло не повлиять на необходимость переосмысления и перестройки всего ЧМИ кабины, и, в особенности, наиболее функционально нагруженной его части — ЧМИ системы самолётовождения (от англ. Flight Management System — далее FMS).

Для упрощения взаимодействия экипажа с системой FMS, ЧМИ должен отвечать ряду эргономических требований по расположению информации на информационном кадре, а также способам взаимодействия экипажа с элементами кадра. Основными требованиями к информационно-управляющему полю кабины пилота, которым необходимо соответствовать всем перспективным самолётам для получения зарубежного сертификата типа, являются требования пункта 25.1302 документа EASA «Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes» (CS-25).

Разработка проекта модернизированного ЧМИ

Основные направления при разработке:

1) Принцип строгой зональности.

На кадре ЧМИ FMS должны быть строго определены зоны расположения данных, обеспечивающие однотипную организацию и регулярность расположения информации:

1. Меню навигации по основным разделам FMS и подменю страниц раздела.
2. Название текущей страницы и раздела.
3. Идентификация работы с активным/вторичным планом полёта.

2) Навигации по разделам.

Для обеспечения быстрого перехода с какой-либо страницы кадра на любую другую используется двухуровневая структура навигации. Двухуровневая структура обеспечивает переход между всеми страницами за не более чем два действия.

Первый уровень — основное горизонтальное меню навигации по разделам, второй уровень — вкладки внутри раздела.

3) Процедура предполётной подготовки.

Для сокращения времени, затрачиваемого на процедуру предполётной подготовки, внедрены следующие решения:

1. Кнопки перехода на логически следующую за текущей страницей;
 2. Идентификаторы достаточности и корректности введенных данных.
- 4) Процедуры взаимодействия с полями ввода информации.

Упрощение процедуры ввода информации достигается путём внедрения следующих решений:

введения цветовой кодировки для различия информации по следующим признакам:

1. поле обязательно или необязательно для ввода информации;
2. величина в поле рассчитана автоматически FMS или введена пилотом вручную;
3. введения масок ввода (подсказка формата ввода — там, где это возможно);
4. проверка введенного значения на принадлежность физическому диапазону величины.

Оценка предложенного решения.

Одним из ключевых факторов успеха комплексов бортового оборудования определяется эффективными решениями графического пользовательского интерфейса, направленными на полное и быстрое получение операторами необходимой графической информации. Важнейшим подходом решения данной проблемы является учет человеческого фактора, а именно учет психологических аспектов зрительного восприятия человеком объектов. Поэтому при определении эффективности системы отображения информации необходимо создать численную интегральную оценку соответствия разных интерфейсов методам психологического восприятия визуальной информации.

Подход Гештальт теории

Идеи гештальт-подхода наиболее полно были сформулированы в работах М. Вертгаймера (Wertheimer, 1923), К. Коффки (Koffka, 1935) и Келера (Köhler, 1947), в которых было показано, что воспринимаемый мир организован по следующим ключевым принципам:

- 1) Принцип Близости;
- 2) Принцип Схожести;
- 3) Принцип общей Зоны;
- 4) Принцип Продолжения;
- 5) Принцип Симметрии.

Обозначив на интерфейсах все графические элементы и составив таблицу соответствия элементов оцениваемого интерфейса принципам Гештальт теории была проведена оценка эффективности визуального оформления. По полученным результатам было выявлено, что разработанный ЧМИ визуально воспринимается лучше, чем сравниваемый аналог, а, следовательно, позволяет снизить нагрузку на экипаж на всем этапе полета.

Вывод

В статье предложено описание разработанного в соответствии с принципами Гештальт теории человеко-машинного интерфейса системы самолетовождения для перспективных летательных аппаратов. Описаны направления развития, а также требования нормативно-технической документации, предъявляемые к данному типу интерфейсов.

Предложен ряд решений, реализующий новые способы представления информации и обеспечивающего интуитивное и надёжное взаимодействие с экипажем.

Разработка прототипа системы управления автономным роботом на базе Kaspersky OS

Цатурьян К.А., Тимошенко А.В., Кострицына А.И.

Научный руководитель — Максимов А.Н.

МАИ, Москва

Основная задача IT сферы заключается в автоматизации как можно большего количества процессов. Это позволяет увеличить производительность, уменьшить влияние человеческого фактора, отстранить человека от производств, опасных для здоровья, и улучшить качество производимой продукции или предоставляемых услуг. Всё более широкое применение начинают приобретать автономные роботы. Например, можно уже сейчас увидеть на дорогах роботов-доставщиков, производящих доставку еды и не только. Кроме доставки разных товаров существует большое количество ещё не автоматизированных задач, которые можно делегировать роботам.

Работа посвящена разработке автономной системы управления роботами для их навигации в закрытых помещениях. Она должна обладать достаточной гибкостью для настройки под конкретную задачу и обеспечивать хорошую защиту от взлома.

Для достижения поставленной цели спроектирована информационная система, состоящая из камер видеонаблюдения, сервера и мобильных роботов, подключенных к серверу по Wi-Fi. Сервер обрабатывает видеопоток, поступающий с камер, находящихся на стенах помещения, распознает положение роботов и на выходе дает карту местности с позицией роботов и заданных пользователем объектов. Имея карту, система передает роботам команды на последовательное движение к каждому объекту и на выполнение поставленной задачи. Во время выполнения команды контролирует правильное, полное выполнение задачи. Таким образом, робот избавляется от необходимости обрабатывать изображения, что позволяет увеличить продолжительность его работы.

Одной из главных задач реализации поставленной цели является обеспечение безопасности системы отумышленного взлома. Для решения данной задачи использована отечественная операционная система Kaspersky OS.

В результате работы представлен рабочий прототип системы, который демонстрирует возможность разработки защищенных управляющих приложений, использующих FLASK архитектуру для обеспечения контроля выполнения политики безопасности.

Разработка автоматизированного измельчителя пластиковых отходов

Яловнаров С.В.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

ВШЭ, Москва

На сегодняшний день сортировка и переработка пластиковых отходов очень распространённая проблема на планете. В год генерируется приблизительно 275 миллионов тонн пластикового мусора, из которых 15 миллионов попадают в Мировой океан [1]. Перерабатывается всего 9% отходов, 12% уничтожаются, а оставшиеся 79% накапливаются на свалках или в окружающей среде [2].

Процесс сбора, сортировки и измельчения пластика затрачивает очень много средств и ресурсов. По оценкам специалистов, в ближайшие годы производство новых пластмасс будет стоить дешевле, чем переработка отходов [3].

В качестве помощи в сложившейся ситуации был разработан умный измельчитель пластиковых отходов. В данной работе была представлена реализация программной части этого устройства.

В первую очередь был составлен список компонентов, необходимых для реализации функций устройства. Далее был разработан алгоритм работы всех составляющих измельчителя, рассчитаны временные промежутки работы устройства. Следующим этапом было написание полноценной программы на языке C, в среде разработки Proteus и последующее тестирование работ всех систем на созданной моим коллегой схемотехнической моделью устройства.

Существует несколько направлений для дальнейшей работы. Приоритетом является совершенствование алгоритма для улучшения энергоэффективности и быстродействия устройства. Также будет проведена работа по расширению программного функционала девайса. Были бы очень полезны функции связи устройства с разработчиком и ведения записи ошибок.

Список использованных источников:

1. J. R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. Lavender Law, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science*, vol. 347, no. 6223, pp 768-771, February 13, 2015. (Аннотация). URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1260352>. (дата обращения 16.02.2022).

2. R. Geyer, J. R. Jambeck, K. Lavender Law, "Production, use, and fate of all plastics ever made," *Science Advances*, vol 3, no 7, July 19, 2017. (Онлайн журнал). URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. (дата обращения 16.02.2022).

3. J. Ambrose, "War on Plastic Waste Faces Setback as Cost of Recycled Material Soars," *The Guardian*, October 13, 2019. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/13/war-on-plastic-waste-faces-setback-as-cost-of-recycled-material-soars> (дата обращения 16.02.2022).

Секция №6.2 Интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Методика оценки точности определения параметров движения воздушного объекта

Даушев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ефанов В.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Предложена математическая модель косвенного определения параметров движения ВО в условиях скрытого наблюдения, суть которой заключается в:

- Описания процесса сближения летательных аппаратов в виде системы уравнений в векторном виде, соответствующих особенностям движения цели и преобразовании их в скалярный вид;
- Определении параметров движения ВО в виде аналитических зависимостей, полученных на основе решения системы уравнений одним из численных методов, при этом в случае определения параметров движения цели при гипотезе ее движения с постоянной скоростью, первые засечки осуществляются при выдерживании постоянной скорости движения летательного аппарата, а третья в условиях изменения скорости сближения, в случае движения по криволинейной траектории принимаются допущения, что скорость и дальность ВЦ известна из предыстории движения цели, при выполнении ВЦ маневра «змейка» определяют параметры движения воздушной цели в одном из четырех секторов в виде системы уравнений, соответствующих каждому сектору маневра «змейка» [1-2].

Предложена методика, которая позволяет провести оценку точности метода определения параметров движения воздушной цели [3], на основе метода итераций при точных и неточных входных параметрах угловых положений ВО.

Оценка точности предлагаемого метода, осуществляется следующим образом:

- Моделируют процесс сближения объектов в виде системы уравнений в скалярном виде на основе заданных параметров движения двух объектов;
- Систему уравнений приводят с помощью элементарных преобразований к виду, обеспечивающему выполнение требования преобладания диагональных элементов;
- Определяют значения угловых положений ВО на основе заданных значений процесса сближения двух объектов;
- Находят число потребных итераций в соответствии с заданным пределом точности и записывают результаты промежуточных значений в базу данных, в соответствие которой определяют количество итераций, обеспечивающих заданную точность определения дальностей и скорости движения воздушной цели относительно угловых засечек;
- Дополнительно оценивают точность определения дальности при разных значениях величины ошибки угловых положений объекта;
- Осуществляют оценку возможности определения выходных параметров (дальности и скорости) при точных и неточных значениях входных данных с использованием метода простых итераций.

Кроме того, рассмотрена возможность повышения точности с использованием определения дальности до ВО и ее скорости при многократном измерении угловых координат "пучок" замеров на основе быстродействующих пассивных датчиков, которые могут измерять угловые координаты ВО с интервалом времени в пределах миллисекунд, при этом задаемся количеством засечек в пучке и определяем дискретные значения дальности до каждого пучка и обрабатываем их методом наименьших квадратов.

Практические расчеты показывают, что при количестве засечек в пучке $n= 20, \dots, 25$ ошибка в определении дальности составляет от 7 до 10%.

Список использованных источников:

1. В.В. Ефанов, А.А. Закота, А.С. Волкова, А.В. Изосимов. Способ управления вооружением летательного аппарата в условиях скрытного наблюдения за целью. Труды МАИ. 2020. № 112. С. 15.
2. А.А. Закота, В.В. Ефанов, А.С. Гунькина. Методика оценки точности определения параметров движения воздушной цели в условиях скрытного наблюдения за ней. Труды МАИ. 2020. № 115. С. 17.
3. В.В. Ефанов, А.А. Закота, А.С. Гунькина. Методика оценки точности определения параметров движения воздушной цели в условиях скрытного наблюдения за ней на основе применения метода итерации. Труды МАИ. 2021. № 115. С. 17.

Применение моделей машинного обучения в системах управления летательными аппаратами

Колесникова Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Клишин А.Н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Синтез систем управления летательными аппаратами (ЛА), реализующими наведение с высокой точностью, является сложным комплексным процессом [1]. В настоящее время отсутствуют летательные аппараты с автономной системой управления, позволяющие без использования внешних источников информации осуществлять высокоточное поражение цели путём прямого попадания. Из этого вытекает необходимостью качественным образом совершенствовать подобные системы путем многократного увеличения мощности бортовых цифровых вычислительных машин, повышения качества измерительно-приборной базы и создания абсолютно новой программно-алгоритмической базы. Этим обусловлено применение технологий машинного обучения в системах управления летательными аппаратами.

Цель исследования заключается в формировании интеллектуального блока системы наведения, позволяющего с использованием моделей машинного обучения распознавать вид и интенсивность действующих возмущений.

Указанная интеллектуальная система наведения, позволяющая решать поставленные задачи, относится к автономным системам наведения [1-2]. Используемый при этом метод наведения относится к терминальным методам [2]. Рассматриваемая система отличается от классической системы автономного наведения присутствием на борту ЛА интеллектуального блока, который осуществляет процедуру идентификации возмущающих факторов.

Посредством анализа величин отклонений текущих параметров состояния ЛА от программных, заложенных в память БЦВМ, осуществляется расчет отклонений. На основе этих отклонений алгоритм идентификации возмущений формирует тензор возмущений и тензор прогноза возмущений. Далее в БЦВМ осуществляется решение полных дифференциальных уравнений движения ЛА с учетом возмущающих факторов, тем самым определяя параметры текущей возмущенной траектории. На основе такой траектории определяются поправки к коэффициентам управления.

Далее в блоке настройки параметров адаптивного регулятора осуществляется итеративное решение краевой задачи, которая включает в себя моделирование возмущенной траектории движения ЛА с настраиваемыми коэффициентами управления. Подобранные управление, реализующее попадание в цель, формирует параметры новой попадающей траектории, которые после процедуры коррекции попадают в базу данных состояния объекта.

В рамках данной работы в качестве возмущений рассматривается влияние наличия ветра, как одного из основных источников появления отклонений параметров реальной траектории летательного аппарата от номинальной. Так как представленное исследование связано с программным моделированием движения объекта, то обучающая выборка представляет из себя синтетический набор данных, полученный в результате многократного интегрирования системы дифференциальных уравнений движения летательного аппарата в

пространстве под воздействием различных возмущающих факторов различной интенсивности.

Решение поставленной задачи в рамках машинного обучения предлагается с использованием трех моделей [3]:

- Полносвязная нейронная сеть;
- Случайный лес;
- Градиентный бустинг.

В рамках решения поставленной задачи рассматривается анализ управляемого пространственного движения летательного аппарата на конечном участке траектории. В качестве примера объекта управления рассматривается летательный аппарат (отделяемая головная часть).

Для проведения цифрового моделирования управляемого движения ЛА разработано соответствующее программное обеспечение на языке программирования C++. Для проверки гипотез применения и использования моделей машинного обучения, в том числе написания нейросетей, используется язык программирования Python 3.7.

Список использованных источников:

1. Лысенко Л.Н. Наведение баллистических ракет. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, 445 с.
2. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. Москва, Наука, 2013, 407 с.
3. Шитиков В. К., Мاستицкий С. Э. (2017) Классификация, регрессия, алгоритмы Data Mining с использованием R. — Электронная книга, адрес доступа: <https://github.com/ranalytics/data-mining>

Инструментальные средства и методы искусственного интеллекта при оценивании состояния обслуживаемых объектов

Коптев К.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коптев А.Н.
Самарский университет, Самара

Проблема обеспечения стабильности и безопасности полетов является одной из актуальных проблем.

Как показывают проведенные ИСАО исследования основных негативных факторов оценки и оценивания состояния бортового комплекса оборудования (БКО) и ВС в целом, была установлена тенденция роста влияния отказов бортовых систем оборудования воздушного судна, существенно связанная с человеческим фактором.

Одним из направлений решения этой проблемы является область исследований, называемая искусственным интеллектом (ИИ).

Сегодня ИИ стал зрелой технологией и все более важной частью современной жизни. В связи с этим, в настоящее время получило развитие направление создания операционных систем ИИ и одной из его ветвей — распознавание образов.

Содержательная постановка задачи оценивания. Одной из центральных задач создания системы ИИ для технического обслуживания, является необходимость сформировать предметную область для распознавания образов состояния объектов ТО. В рамках содержательного представления задачи «оценивание состояния агрегатов и систем БКО» ввести понятие «образа состояния».

Для решения этой задачи одним из основополагающих моментов является синтез образа (модели) состояния объектов обслуживания и процессов ТО. На этапе создания ядра системы искусственного интеллекта (СИИ) принципиально важное значение для оценивания состояния объекта ТО играют их образы, рассматриваемые в работе с позиций точного формализма, который используется в качестве концептуальной основы для синтеза и анализа образов состояний объектов ТО, помогая понять как образы строятся и обрабатываются для оценки их параметров.

Одним из фундаментальных подходов к представлению этих объектов, предложенных автором этой работы, является использование теории функций и функционального анализа, в основе которого лежит понятие множества, операций над множествами и отображение множеств [1]. Основопологающим моментом использования этой теории является возможность построения двух множеств, одно из которых является множеством, представляющим «эталон М» этого объекта, построенного на основе требований, сформулированных на базе конструкторской и эксплуатационной документации прилагаемых к объекту ТО, и множества, представляющего реальный «объект N», построенного на основе результатов ТО — оценок, текущего состояния. В этом случае будем говорить, что на множествах М и N определена функция f, реализующая процесс оценивания состояния объекта ТО путем их сравнения, принимающая значения r из наперед заданного множества разбиений Р объекта ТО на компоненты [2].

Формальная постановка задачи оценивания. Для реализации функции сравнения при оперативном обслуживании пользуются формой распознавания «сравнение с эталоном» — это операция используется для классификации состояния объектов ТО с помощью тестов, реализующих схему сравнения с эталоном [3].

Результаты сравнения всех элементов позволяют выполнить путем реализации формы распознавания «сравнение с эталоном», классификацию каждого элемента обслуживаемого объекта с элементами его эталона и тем самым решить задачу в рамках формальной логики первого порядка, процедура которой может быть описана как совокупность (последовательность) решающих правил, которые представляются выражением вида:

ЕСЛИ (условия), ТО (решения) (1)

Ключевым моментом в процедуре оценивания состояния объекта ТО, является представление задачи в замкнутой форме для последовательных изменений представления, последнее из которых, как правило, дает непосредственное одношаговое решение задачи. Этот подход и его реализация показал, что структура абстрактных множеств недостаточно богата для получения решения конкретных задач ТО, в частности, задач поиска неисправностей. Для устранения этого недостатка в работе использовано «ситуационное исчисление» [4].

Для решения задач синтеза образов в данной работе использовано новое понятие образа, введенное У. Гренандером, а для распознавания используются аксиомы специального вида [4, 5].

Введенные понятия преобразований подобия и деформаций играют существенную роль в синтезе и анализе образов, а ситуационное исчисление в распознавании состояний.

Закключение. В данном докладе автор сосредоточил свое внимание на проблеме синтеза образов объекта ТО в рамках точного формализма, как основы для решения задачи распознавания состояния объектов технического обслуживания структурными методами на основе введения в двухместный или n-местный предикат переменной состояния [4]. В рамках такого подхода гарантируется получение реального состояния объекта ТО.

Список использованных источников:

1. А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. Элементы теории функций и функционального анализа. М. Наука 1981 с. 543.
2. Р. Бенераджи. Теория решения задач. Подход к созданию искусственного интеллекта. М. МИР 1972 с. 220.
3. К. Фу. Структурные методы в распознавании образов. М. МИР 1977 с. 312.
4. Проблемы современной кибернетики (Сборник статей. Перевод с англ.) М.: Знание 1975 с. 63.
5. У. Гренандер. Синтез образов. М. МИР 1979 с. 883.

Пролонгация движения объектов методами математического моделирования

Сычков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Преображенский Е.В.

МАИ, Москва

Пролонгация — предсказание траектории движения объекта, с которым взаимодействует система управления. Задача пролонгации встречается во многих системах управления, связанных с отслеживанием двигающихся объектов. Предсказание траектории требуется в случаях, когда от положения отслеживаемого объекта в будущем зависит принятие решения.

Задача предсказания встречается в таких алгоритмах, как:

1) Алгоритм предотвращения столкновения (В автопилотах)

2) Алгоритм прокладывания маршрута

3) Баллистические программы, наводящие стрелковое и артиллерийское вооружение на подвижные цели

4) Программы наведения зенитно-управляемых ракет

Существующие подходы решения данной задачи довольно разнообразны. Существуют такие методы, как использование нейросетей, предсказывающие дальнейшее положение цели по ее предыдущим координатам. Аппроксимация траектории с ее дальнейшей экстраполяцией. Представления объекта в виде динамической модели, максимально близко или приблизительно описывающую физические свойства объекта.

Алгоритмы предсказания траектории полета боевой цели можно условно разделить на две категории, в зависимости от характера отслеживаемого объекта. Алгоритмы краткосрочного предсказания, и долгосрочного. Например, если требуется уничтожить баллистическую цель на спуске, мы можем построить сложную математическую модель, учитывающую множество факторов и уточнять эти параметры во время сопровождения. Важно здесь то, что баллистическая цель не маневрирует, а значит прогноз будет оставаться актуальным на протяжении всего времени полета БЦ. Если требуется предсказать траекторию наземного транспорта или летательного аппарата, заранее известно, что они могут маневрировать. Поэтому на первый план выходит задача получения актуального прогноза на некоторое время вперед. И по мере изменения траектории ЛА в результате маневров, этот прогноз будет уточняться и перестраиваться.

Современные системы вооружения используют итерационные методы наведения, в ходе которых пролонгация позволяет вычислить точку встречи цели и снаряда.

В данной работе предложен один из возможных алгоритмов пролонгирования траектории цели для аэродинамических и наземных целей. Проводится исследование предложенной динамической системы методом компьютерного моделирования, с целью выяснить насколько успешным может быть его применение в реальной жизни. Какие преимущества и недостатки имеет данный алгоритм. Какую информацию он может дать оператору современной системы вооружения. Для написания программы были использованы Matlab и Simulink.

В результате работы было построено несколько предсказывающих траекторий и проанализирована их точность. Данная работа является актуальной для создания автоматических систем, взаимодействующих с движущимися объектами.

Тренажер подготовки к применению неуправляемых авиационных ракет

Титов Д.А., Короваев Д.С.

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

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В результате проделанной работы авторским коллективом был разработан тренажер предназначенный для обучения в аудиторных и полевых условиях инженерно-технического и летного состава подготовке к применению неуправляемых авиационных ракет (НАР)

с визуализацией их внешнего вида, способов проверки, подвески, принципов действия и боевого применения.

В состав тренажера входят:

- Ноутбук с программным обеспечением, представленным кабиной пилота с анимированной аппаратурой управления, системой индикации вооружения, контрольно-измерительными приборами и органами управления;
- Стойка с рабочим столиком и площадкой-основанием, на которой размещена модель балочного держателя;
- Модели блоков орудий Б8М-1, Б13Л, Б13Л1, имеющих съемные передние и задние обтекатели с лазерами и передатчиками;
- Джойстик [имитация ручки управления самолетом];
- Пристрелочная мишень;
- Модель транспортировочной тележки;
- Пульты проверки и контроля;
- Монитор (телевизор) на стойке;
- Трубка холодной пристрелки;
- Имитатор оптического прицела на треноге [или стойке];
- Модели НАР в ящике;
- Стойка для размещения моделей блоков орудий;
- Устройство проверки цепей стрельбы.

Разработанный тренажер позволяет осуществлять подготовку летного и инженерно-технического состава по следующим вопросам:

- Освоение интерьера кабины самолета, расположения и вида органов управления системы управления оружием (СУО);
- Отработка летным составом последовательности управляющих действий при выполнении упражнений летной подготовки по применению НАР;
- Обучение профессиональной подготовке по эксплуатации НАР и блоков орудий, в которых они размещаются, и поддержание и совершенствование ее уровня;
- Формирование навыков работы с органами управления и индикацией;
- Практическое изучение последовательности действий при проверке СУО самолета и блоков НАР;
- Обучение проведению подготовки к полету СУО и авиационных средств поражения.

В результате проделанной работы впервые предложен и реализован новый подход тренажерного обучения, повышающего эффективность подготовки летного и инженерно-технического состава, который состоит в комплексном использовании электронных учебников, обучающих 3D-фильмов, программного обеспечения, имитации прицельной системы, органов управления, контрольно-проверочной аппаратуры, агрегатов подвески и средств транспортировки, НАР с визуализацией принципов работы на электромеханических макетах и моделях.

Проведенный педагогический эксперимент показал правильность и эффективность принятых новых технических решений. Создан опережающий научно-технический задел, определяющий вектор развития специализированного тренажерного обучения вне штатных условий подготовки. Сформирована научная кооперация двух вузов и предприятия оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации.

В 2021 году экспериментальный образец тренажера был продемонстрирован на Международном военно-техническом форуме «Армия-2021», где получил высокую оценку отечественных и зарубежных специалистов.

Система мониторинга состояния здоровья человека с использованием технологии технического слуха

Файб С.В., Павлов Д.А., Фальке А.В.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Борзенко Е.И.

ТомГУ, Томск

В настоящее время активно развивается сфера носимой электроники для сбора данных о состоянии здоровья человека, однако возможности современных датчиков существенно ограничены. Увеличить количество регистрируемых событий и улучшить качество автоматической диагностики позволит использование методов искусственного интеллекта. Тело человека производит множество невербальных звуков, которые можно детектировать и анализировать, выявляя ранние стадии заболеваний. Также преимуществом системы технического слуха является простота мобильного устройства. Для его функционирования требуется микрофон и передающее устройство. Данное качество также позволяет гибко изменять область применения устройства. Использование подобных систем является перспективным для мониторинга состояния космонавтов.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма детектирования звука сердцебиения и дыхания методами машинного обучения. В ходе разработки интеллектуальной системы использовались модели: нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, сверточные нейронные сети, случайный лес, метод k-ближайших соседей. Проводился качественный анализ влияния на качество детектирования использование следующих признаков: спектрограмма, мел-спектральные коэффициенты и мел-кепстральные коэффициенты. В частности, рассмотрено влияние на качество анализа параметров весовых функций. Алгоритм реализован на языке программирования Python с использованием библиотек: scikit-learn, librosa, tensorflow и keras. Также был создан прототип устройства мониторинга на базе микроконтроллера семейства STM32L4, в состав датчика также входит цифровой МЭМС микрофон и модуль передачи данных по сети Wi-Fi, который базируется на микроконтроллере ESP8266. Разрабатываемая система позволит определять не только физиологическое состояние, но и симптомы сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний.

Выполнен качественный и сравнительный анализ результатов работы моделей машинного обучения по распознаванию звука дыхания и сердечных сокращений.

Направление №7 Математические методы в аэрокосмической науке и технике

Секция №7.1 Теория управления и оптимизация

Метод построения асимптотических множеств управляемости линейных дискретных автономных систем с ограниченным управлением на основе аппарата опорных полупространств

Берендакова А.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе обсуждается задача построения для линейной автономной дискретной системы с ограниченным управлением предельного множества 0-управляемости, это множество тех начальных состояний, из которых можно перевести систему в начало координат за произвольное конечное число шагов посредством выбора допустимого управления. Построение множеств управляемости тесно связано с задачами управления динамическими системами, где зачастую управляющее воздействие ограничено техническими возможностями: реактивные двигатели имеют ограниченную тягу и конечный запас топлива, приводы различных роботизированных систем тоже способны развивать некоторое фиксированное усилие.

Рассмотрен метод построения внешних полиэдральных оценок предельного множества 0-управляемости, основанный на аппарате опорных полупространств и свойствах выпуклых множеств. Для этого сформулирована и доказана теорема, гарантирующая, что для произвольной линейной дискретной автономной системы с ограниченным управлением асимптотическое множество 0-управляемости является выпуклым. В виде леммы сформулирован вид опорного полупространства к предельному множеству 0-управляемости.

Ряд лемм, доказанных в рамках работы, позволяет построить внешние оценки предельного множества 0-управляемости линейной автономной дискретной системы с ограниченным управлением в направлении каждого из собственных и присоединенных векторов матрицы системы. При этом для построения соответствующих опорных гиперплоскостей, ограничивающих асимптотическое множество 0-управляемости достаточно вычислить собственные значения матрицы системы. В случае, если полученных ограничений на предельное множество 0-управляемости недостаточно, можно воспользоваться леммой для построения произвольной опорной гиперплоскости.

Ранжирование альтернатив с помощью аппроксимации равноценных векторных оценок

Ворошилов А.П.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Яшина Н.П.

МАИ, Москва

Рассматривается задача выбора наилучших альтернатив из заданного множества. Каждая альтернатива оценивается по критериям качества. Требуется упорядочить альтернативы по предпочтительности.

Предварительно необходимо выбрать метод решения задачи и определить весовые коэффициенты сравнительной важности критериев. Для решения подобных задач наиболее часто используется метод построения функции полезности в виде аддитивной или мультипликативной свертки. Выбор вида свертки предлагается осуществить в диалоге с лицом, принимающим решения (ЛПР), на основе равноценных векторных оценок альтернатив по критериям качества [1].

Полученные от ЛПР равноценные векторные оценки, точки многокритериального пространства, аппроксимируем гиперплоскостью с заданной точностью, используя метод наименьших квадратов. Для двух критериев это — прямая, для трех — обычная плоскость.

Отношения коэффициентов важности критериев найдем, как модуль тангенса угла наклона прямых, полученных в координатных плоскостях при пересечении с гиперплоскостью. Решим полученную систему, добавив для коэффициентов важности уравнение связи.

Если при аппроксимации удалось построить гиперплоскость с заданной точностью, то для нахождения интегрированных оценок используем аддитивную свертку. В противном случае оценим возможность применения мультипликативной свертки. Для этого найдем произведения компонент равноценных векторных оценок и проверим их на совпадение с заданной точностью. При необходимости можно уменьшить точность аппроксимации и совпадения произведений.

На последнем этапе упорядочим альтернативы согласно значениям, полученным по формулам свертки, предварительно приведя шкалы критериев к однородным.

Разработанный алгоритм позволил решить задачу выбора наилучшей модели самолета для грузоперевозок транспортной компанией.

Критерии качества были выбраны следующие:

1. Стоимость. Оценки по шкале данного критерия минимизируются (лучшая оценка — наименьшая цена самолета). Рассмотрение данного критерия целесообразно при ограниченных финансовых возможностях компании.

2. Грузоподъёмность. Оценки по шкале этого критерия максимизируются.

3. Гарантированный срок эксплуатации. Оценки по шкале критерия максимизируются.

Для решения задачи ранжирования грузовых самолетов использовался метод аддитивной свертки. Весовые коэффициенты важности критериев находились методом, использующим полученную от ЛПР информацию о равноценных векторных оценках альтернатив [1].

Полученное решение задачи оптимального выбора позволило ранжировать самолёты с учётом важности всех критериев качества.

Список использованных источников:

1. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. 560 с.

Исследование практической применимости полиномиальной схемы для задач теории расписаний с двумя приборами и графом предшествования

Кудинов И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

Теория расписаний рассматривает задачи дискретной оптимизации, в которых необходимо для множества работ и процессоров и с учётом набора ограничений составить расписание с минимальной длительностью выполнения. Не смотря на практическую необходимость в их решении, для большинства классов теории расписаний не существует способа решения иначе как через перебор. Возникает необходимость в решении этих задач за полиномиальное время.

Одним из общих способов приближённого решения NP-трудных задач дискретной оптимизации за полиномиальное время является составление полиномиальной схемы, когда задачи рассматриваемого класса соотносятся с задачами некоего «похожего» класса, для которого существуют полиномиальные алгоритмы решения. Решая «похожую» задачу и применяя полученное решение для исходной задачи, можно получить оптимальное решение исходной задачи с некоторой точностью.

Рассмотрена применимость полиномиальной схемы решения задач теории расписаний с двумя процессорами, двумя возможными длительностями работ, функцией запаздывания в

качестве целевой функции и графом предшествования, задающим порядок выполнения работ. Проведены численные эксперименты для получения статистики среднего значения ошибки при применении схемы в зависимости от параметров задачи, даны теоретические обоснования полученным результатам. Рассмотрена возможность дать верхнюю границу ошибки метода при помощи составления метрического пространства над множеством задач рассматриваемого класса, и возможность алгоритма поиска ближайшей по метрике задаче из другого класса к задаче исходного класса.

Разработка алгоритмического и программного обеспечения для решения задач глобальной оптимизации с помощью диагональных методов

Морозова М.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лунева С.Ю.

МАИ, Москва

В связи с тем, что активно растет количество многопараметрических задач в области глобальной оптимизации, специалисты в этой сфере стараются найти лучшее решение, которое позволило бы при минимальных затратах получить максимальную пользу. В связи с этим актуальна тема поиска такого математического метода, который обеспечил бы возможность быстрого решения оптимизационной задачи в особых случаях, в которых заданных параметров больше, чем допускает локальная оптимизация, в частности в случаях с оптимизацией топологии и обеспечения надежности коммутации сетей, обработки изображений, оптимального проектирования систем управления, фильтрации сигналов и т.д.

В работе разработан пошаговый алгоритм, где предложена новая диагональная стратегия разбиения гиперинтервалов. Алгоритм предполагает следующие шаги:

Шаг 1. Необходимо установить текущее количество гиперинтервалов.

Шаг 2. Для начального разбиения требуется вычислить характеристику.

Шаг 3. Требуется выбрать такой гиперинтервал, характеристика которого будет максимальной.

Шаг 4. Требуется присвоить значению f^* значение минимального элемента из списка.

Шаг 5. Следует сравнить f^* с условием окончания выполнения алгоритма. Если условие выполняется, то решение будет закончено, если нет — вернуться на шаг 1 с учетом разбиения нового гиперинтервала на гиперинтервалы, где значение f^* было минимальным из всех.

Ответом будут f^* и значения x^* и u^* при заданной характеристике на гиперинтервале. Полученное решение сравнивается с аналитическим для проверки эффективности алгоритма.

В работе произведены расчеты на модельных примерах, доказана работоспособность и эффективность алгоритма, так как итоговые результаты вычислений в рассмотренных примерах приближены к аналитическим. В зависимости от заданного коэффициента точности результаты вычислений совпадают с аналитическими с точностью от одного знака после запятой. В результате работы реализовано программное обеспечение на C#, которая позволяет решить поставленные задачи оптимизации и визуализировать результат работы алгоритма для нескольких типов функций: параболической, функции Бута, функции Била и др.

Список использованных источников:

1. <https://wiki.loginom.ru/articles/overall-optimization.html>
2. <https://phys.org/news/2017-11-diagonal-methods-expensive-global-optimization.html>
3. Я.Д. Сергеев и Д.Е. Квасов — «Диагональные методы глобальной оптимизации»
4. https://www.eurekalert.org/pub_releases/2017-11/lu-dmf111017.php

Методы решение задачи холодного старта в современных рекомендательных системах

Олейников И.А.

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

МАИ, Москва

Проблема холодного старта является одной из самых актуальных проблем, стоящих перед современными рекомендательными системами. Под холодным стартом понимается появление в рекомендательной системе нового объекта. Это может быть новый пользователь или новый товар, который надо рекомендовать. Пользователи и товары имеют признаковое описание, которое представлено в виде вектора параметров. Дополнительно в системе имеется матрица взаимодействий пользователей и объектов рекомендаций. Строки такой матрицы это взаимодействия пользователя с объектами, например оценки фильмов или бинарные оценки «правится» для музыкальных треков. При описанной структуре хранения данных, новый пользователь будет иметь признаковое описание, но в матрице взаимодействий на его строке будут стоять одни нули.

Такая ситуация не позволяет использовать стандартные алгоритмы для генерации рекомендаций. Потому что в основном они используют матрицу взаимодействий пользователей и объектов для расчета схожести пользователей между собой и последующих рекомендаций [1]. Для такого случая были придуманы методы, которые позволяют генерировать рекомендации основываясь только на параметрическом описании пользователей или объектов рекомендации. К таким методам можно отнести кластеризацию пользователей на основании их демографических признаков. Такого рода признаки пользователи могут указывать сами или же признаки могут быть собраны автоматически из открытых источников, при попадании нового пользователя в систему. После работы алгоритма мы получим набор кластеров пользователей и после определения кластера, в котором находится новый пользователь, мы сможем генерировать рекомендации для него [2]. Для рекомендации, можно взять, например, три объекта с самыми большими медианами оценок.

Еще одним классом методов решения задачи холодного старта могут быть методы основанные на изменении взаимодействия пользователя и системы. При использовании стандартных подходов, агрегация информации о пользователях происходит перед началом работы рекомендательной системы. При использовании, так называемого активного обучения [3], рекомендации генерируются после каждого обновления матрицы взаимодействий. Такой подход позволяет уточнять рекомендации после того, как пользователь оценил очередной объект. Со временем такой подход ведет к возрастанию точности рекомендаций.

При условии использования ансамбля методов, ориентированных на генерацию рекомендаций для новых пользователей, возможно достичь значительного прироста в точности рекомендаций по сравнению с классическими подходами, основанными на матричной факторизации.

Список использованных источников:

1. Robin Burke, Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments, 2002
2. Yanxiang L., User-based Clustering with Top-N Recommendation on Cold-Start Problem, 2013
3. Moghaddam, Elahi, Cold Start Solutions For Recommendation Systems, 2019

Метод оценки влияния ключевых элементов при анализе сетевых структур

Пантелеев К.А.

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

МАИ, Москва

Показатель центральности в теории графов и анализе сетей определяет наиболее важные вершины графа. Изначальные концепции центральности развивались в анализе социальных сетей и много терминов используются именно для их описания, однако здесь имеют место

метрики влияния узлов, которые ищут количественные характеристики влияния каждого узла в сети.

Рассматриваются алгоритмы, определяющие меру центральности сети, учитывающие два подхода к этому понятию: центральность вершины по связности, как выражение потенциальной активности и центральность вершины по посредничеству, как возможность управления передачей. Степень связности определяется как число связей, инцидентных узлу, в то время как степень посредничества выражает количественно число раз, когда вершина служит мостом в кратчайшем пути между двумя другими вершинами.

Для анализа топологии сети применяются понятия достаточной централизованности сети и ключевой вершины сети, соответствующие упомянутым подходам к понятию центральности сети. Эти понятия позволяют оценить топологию сети и её характеристики для различных смысловых задач.

Разработаны алгоритмы вычисления центральности сети, определения достаточной централизованности и нахождения ключевых вершин для различных пороговых значений достаточной централизованности. Проводится анализ и сравнение полученных результатов для конкретных сетей достаточно больших размерностей и предлагается их визуализация.

Целью работы является нахождение ключевых вершин в графе, последующий анализ, оценка их важности по отношению к графу. Программное обеспечение реализовано на языке python в среде PyCharm с использованием библиотеки networkx, предназначенной для работы с графами и другими сетевыми структурами.

Список использованных источников:

1. Freeman L. C. Centrality in social networks. Conceptual clarification // Soc. Networks. 1978/79. V. 1. P. 215-239.
2. Щербакова Н.Г. Меры центральности в сетях // Проблемы информатики. 2015. № 1. С. 18–30.

Применение методов эллипсоидальной аппроксимации в задаче быстродействия для линейной дискретной системы

Подгорная В.М.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе обсуждается задача быстродействия для линейной дискретной системы с выпуклыми ограничениями. Особенностью данной задачи является сложность использования стандартных методов теории оптимального управления, что обусловлено неединственностью оптимального управления почти для всех начальных состояний.

Для случая строго выпуклых ограничений в работе [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.

С целью использования стандартных методов типа принцип максимума предлагается провести аппроксимацию изначально произвольно выпуклого множества неким строго выпуклым множеством. В случае, когда множество допустимых значений управлений представляет собой эллипсоид, система алгебраических уравнений для вычисления начального состояния сопряженной системы представлена в [2].

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 произвольного выпуклого множества некоторым суперэллипсом, в случае которого задача быстродействия может быть решена аналитически, как и при эллипсоидальных ограничениях на управление. Однако при рассмотрении суперэллипсов появляется больше параметров свободы и повышается точность аппроксимации исходного множества.

Список использованных источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечных систем с дискретным временем и ограниченным управлением, Автомат. и телемех. // 2017. №10.
2. Ибрагимов Д.Н. Оптимальная по быстродействию коррекция орбиты спутника // Электрон. журн. Труды МАИ. 2017. №94.

Исследование метрик для задач $1|r_j|L_{\max}$ в рамках метрического подхода Проворченко Н.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.
МАИ, Москва

Многие задачи теории расписаний относятся к NP-трудным, что приводит к необходимости поиска алгоритмов приближенного решения таких задач с определенной погрешностью. Один из методов приближенного решения задач основан на введении метрических пространств для задач расписаний, что даст возможность применять общие математические подходы к нахождению приближенного решения с гарантированной абсолютной погрешностью.

В работе исследуются применение данного подхода к задаче поиска расписания для одного прибора, минимизирующего целевую функцию максимального запаздывания $1|r_j|L_{\max}$:

1. в задачах выделяются специальные случаи (класс Джексона, класс Лазарева, класс Хогвена), для которых существуют алгоритмы, дающий решение за полиномиальное время;
2. подбираются функции на пространстве задач, удовлетворяющие аксиомам метрик, на основе метрик, найдённых ранее.

3. проводится серия экспериментов, в которых:

- генерируется пример А исследуемой задачи,
- параметры примера А меняются таким образом, чтобы полученный пример В принадлежал одному из частных случаев,
- для решения примера В используется известный полиномиальный алгоритм,
- с помощью выбранной метрики находится расстояние между примерами А и В, а с помощью найденного расстояния — значение абсолютной погрешности найденного решения.

На основе проведенной серии экспериментов и вычисленной средней погрешности, исследуются и сравниваются между собой различные метрики, и проверяется теорема о связи метрики и абсолютной погрешности целевой функции (теорема Лазарева).

Формирование расписания движения грузовых поездов на участке железнодорожной сети с учетом технологических окон

Скуридин А.А.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Наумов А.В.

МАИ, Москва

Рассматривается математическая постановка задачи составления оптимального расписания движения грузовых поездов на участке железнодорожной сети и назначения оптимального времени начала и окончания технологического окна. Технологическое окно — это время, в течение которого на некоторых участках железнодорожной сети прекращается движение поездов для проведения ремонтно-строительных работ.

Железнодорожная сеть представляется в виде неориентированного мультиграфа, в котором узлы графа соответствуют станциям, а ребра графа — перегонам между станциями. Поезд представляется в виде пятимерного вектора со следующими координатами: индекс вершины отправления, индекс вершины назначения, время готовности к отправлению, максимальная задержка при отправлении, максимальное время в пути.

Движение поездов по железнодорожной сети в рассматриваемой модели осуществляется по так называемым «подниткам». «Поднитка» — это вектор, который соединяет две соседние станции в определённый интервал времени (временной коридор) и однозначно определяет перегон, по которому будет осуществляться движение поезда.

Задача представляет из себя задачу смешанного целочисленного линейного программирования. Используется несколько критериев: минимизация суммарного времени нахождения поездов на железнодорожной сети, минимизация времени нахождения поездов в пути с момента отправления, минимизация времени стоянки поездов на промежуточных станциях.

На практике зачастую невозможно найти оптимальное решение поставленной задачи в приемлемые сроки. Поэтому имеет смысл реализовать процедуру поиска субоптимального решения в этой задаче. Один из вариантов заключается в разбиении множества поездов на подмножества, внутри которых все поезда имеют одну и ту же станцию отправления и назначения. Затем задача решается для каждого подмножества по отдельности. «Поднитки», занимаемые в результате решения задачи поездами некоторого подмножества, исключаются из множества «подниток» для последующего поиска решений для других подмножеств.

Использование матрицы перехода при корректировке координат местоположения самолета

Солдатов Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Глухов В.П.

УИ ГА, Ульяновск

Координаты воздушного судна в пространстве и относительно земли, одни из основных характеристик, позволяющих определить местоположение и направление движения самолета, что, в свою очередь, дает возможность контролировать расстояние между воздушными судами, а также расстояние до объектов на земле, тем самым обеспечивая безопасное выполнение полета. Точность определения координат зависит в первую очередь от используемой измерительной техники. Однако, часто сигналы, поступающие от измерительной техники, имеют погрешности, связанные с особенностями их устройства, а также условиями эксплуатации воздушного судна.

Основным источником информации о местоположении воздушного судна является навигационный комплекс (НК), который представляет собой совокупность систем, датчиков и алгоритмов. Наиболее распространенные виды НК:

- Инерциальная навигационная система (ИНС) — это автономная навигационная система, основанная на свойствах инерции тел, которая может работать независимо от сигналов извне. Местоположение в этом случае определяется с помощью приборов, измеряющих ускорение воздушного судна, а также его угловые скорости.

- Радионавигация — это неавтономная навигационная система, основанная на использовании внешних ориентиров или сигналов.

При эксплуатации ИНС со временем накапливаются погрешности гиросtabilизированных платформ, за счет влияния на них звуковых и ударных волн, а также вращения земли. В связи с этим, системы ИНС и радионавигации используют в комплексе, для корректировки координат воздушного судна.

На практике встречаются случаи, когда невозможна коррекция местоположения судна с помощью спутниковой навигации вследствие временного отсутствия сигнала от внешнего источника информации. Это связано с тем, что сигналы спутниковых навигационных систем подвержены воздействиям активных и пассивных помех. Поэтому могут возникнуть интервалы полета, когда получать достоверную навигационную информацию не представляется возможным. Это создает угрозу безопасности выполнения полет, в связи с чем, в этом случае должна проводиться коррекция местоположения воздушного судна с помощью алгоритмических вычислений, на основе известных геодезических координат.

Для корректировки местоположения воздушного судна с помощью матриц необходимо знать: географические координаты объекта на земле, истинную высоту полета, угловое положение самолета и положение вектора дальности. Зачастую, географические координаты объекта, в данном случае маяка, относительно которого производится полет, можно найти в различных аэронавигационных сборниках или уже содержаться в базе данных навигационного оборудования самолета.

Для определения истинной высоты используется радиовысотомер, который определяет высоту на основе принципа определении времени прохождения радиосигнала от передающей антенны до отражающей поверхности и обратно, к приёмной антенне. Пилотажно-навигационные приборы и устройства помогают определять угловые положения самолета (тангаж, крен и углы рысканья). Применение различных методов радионавигации с использованием пеленгаторов дает возможность нахождения углов пеленга маяка в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для выполнения алгоритма корректирования местоположения самолета используются разные системы координат, в связи с этим наиболее оптимальным будет использование матрицы для упрощения работы с разными системами координат. Именно матрицы позволяют выполнять алгоритм перехода из разных систем координат, не прибегая к большому количеству преобразований. Это связано с тем, что матрицы дают возможность работать одновременно и со скалярами, и с векторами, благодаря чему алгоритм корректировки выполняется быстрее.

Алгоритм определения географических координат самолета заключается в следующем:

1. Местоположение маяка принимаем за стартовую систему координат, географические координаты маяка переводим в геоцентрические с помощью формул, при расчетах азимут может быть определен при помощи компаса или принят равным нулю. В последнем случае ось Ox будет направлена на север.

2. С помощью матрицы перехода из системы координат, связанной с дальностью в связанную СК, а также матрицы перехода из связанной системы координат в стартовую СК (земная СК) определяем координаты ЛА в земной системе координат.

3. Используя координаты ЛА в земной СК и матрицу перехода из стартовой (земная) в геоцентрическую, выводим координаты самолета в геоцентрической СК. Дальнейшее применение алгоритмов для расчета географических координат позволяет определить широту и долготу воздушного судна.

Таким образом, данный алгоритм в совокупности с применением матриц перехода позволяет определять точное местоположение воздушного судна с заданной точностью, даже не смотря на погрешность гироскопических платформ и отсутствие спутникового сигнала, что позволит повысить безопасность эксплуатации воздушного пространства.

Выбор вариантов проектов, согласованных с экспертными предпочтениями

Яманаева Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Смерчинская С.О.

МАИ, Москва

При разработке авиационной и ракетной техники часто возникает необходимость принимать решения о выборе лучшего проекта из рассматриваемых. Для оценки проектов приглашаются опытные эксперты, которым предлагается попарно сравнить проекты по предпочтительности. Требуется построить агрегированное отношение, наиболее полно согласованное с экспертными предпочтениями.

Пусть профиль экспертных предпочтений задан строгими ранжированиями альтернатив в виде матриц смежности соответствующих орграфов [1]. Построим агрегированное ранжирование. Согласованность агрегированного отношения с экспертными предпочтениями будем измерять суммарным расстоянием Хэмминга между матрицами смежности отношения и экспертных отношений.

Для построения агрегированного ранжирования предварительно строится нагруженный мажоритарный граф по правилу большинства голосов экспертов [1, 2, 5]. Вес на дуге

орграфа — разница между числом экспертов, предпочитающих одну альтернативу другой, и числом экспертов, напротив, отдавших предпочтение второй перед первой.

Рассматриваются следующие алгоритмы.

1. Нахождение Гамильтоновых путей максимальной длины.
2. Нахождение Гамильтоновых путей наибольшей силы.
3. Метод Шульце.

Первые два алгоритма являются NP-полными. Они находят все варианты гамильтоновых путей в мажоритарном орграфе [6], а затем из этого множества выбираются те, что имеют максимальную длину или наибольшую силу. Сила пути — это минимальный вес среди всех дуг пути (пропускная способность). Метод Шульце имеет полиномиальную вычислительную сложность. Он выдаёт строгое ранжирование альтернатив или множество альтернатив-победителей [5].

Результаты ранжирований, полученные этими методами сравнивались с линейной медианой экспертных ранжирований. Линейная медиана — строгое ранжирование, имеющее минимальное суммарное расстояние Хэмминга до всех экспертных ранжирований.

По результатам исследования установлено, что медиана встречается в каждой совокупности агрегированных ранжирований наибольшей силы и в ранжировании по методу Шульце, если оно существует. Поэтому данные методы можно использовать для нахождения ранжирования, наиболее согласованного с предпочтениями экспертов.

Алгоритм Шульце (учитывая, что его сложность меньше, чем у остальных) можно рекомендовать использовать для большого количества альтернатив: в случае выдачи победителей, можно сокращать количество рассматриваемых проектов (брать только победителей), а в случае наличия линейного порядка, мы получаем результат, совпадающий с медианой, выражающий предпочтения экспертов наилучшим образом.

Алгоритмы можно использовать для принятия коллективных решений, в том числе и в авиационной отрасли.

С помощью разработанной системы был решен модельный пример выбора наилучшего проекта космической ракеты.

В конкурсе на разработку ракет многоразового использования приняли участие пять организаций. Привлеченные эксперты ознакомились с документацией и ранжировали проекты по предпочтению. Программная система упорядочила проекты тремя предложенными алгоритмами и выбрала ранжирование, являющееся медианой экспертных ранжирований, т.е. наиболее согласованное с предпочтениями экспертов.

Список использованных источников:

1. Нефедов В. Н., Осипова В. А., Смерчинская С. О., Яшина Н. П. Непротиворечивое агрегирование отношений строгого порядка // Известия высших учебных заведений. Математика. 2018. №5, с. 71-85.
2. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. Москва: Наука, 1974. 256 с.
3. Смерчинская С.О., Яшина Н.П. Построение агрегированного отношения предпочтения на основе нагруженного мажоритарного графа. // Электронный журнал «Труды МАИ», № 39. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/>.
4. Нефёдов В.Н., Смерчинская С. О., Яшина Н. П. Непротиворечивое агрегирование отношений квазипорядка. // Прикладная дискретная математика, 2019, Математические основы интеллектуальных систем, № 45, 2019. С. 113–126.
5. Schulze M. A new monotonic, clone-independent, reversal symmetric and Condorcet-consistent single-winner election method. // Social Choice and Welfare 36(2), February 2011. С. 267-303. DOI:10.1007/s00355-010-0475-4.
6. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978.

Управление группой подвижных объектов переменного состава в конфликтной ситуации

Ясько Е.Ю.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Бортаковский А.С.
МАИ, Москва

Рассматривается задача группового быстрогодействия подвижных объектов в конфликтной ситуации. Плоское движение каждого объекта описывается моделью Маркова-Дубинса [1,2]. Траектории представляют собой линии с ограниченной кривизной. Начальные состояния группы объектов управления известны. Терминальные положения всех объектов совпадают с заданной целью. Движение группы подвержено воздействию одного или нескольких противников. Каждый противник с заданной частотой уничтожает один объект из попавших в зону его действия, например, в круг заданного радиуса. Это может быть либо ближайший к цели объект группы, либо случайный. Таким образом, состав группы меняется в процессе управления. Требуется решить игровую задачу оптимального по быстродействию управления группой переменного состава, т.е. найти траектории Маркова-Дубинса одновременного достижения цели оставшимися объектами за наименьшее время.

Поставленная задача является примером планирования маршрутов плоского движения группы беспилотных летательных аппаратов [3]. Новизна задачи заключается в том, что состав группы меняется в процессе управления под воздействием противника, при этом не исключается случай полного уничтожения группы. Актуальность проблемы обусловлена потребностями практики.

Предлагается рекуррентный алгоритм решения задачи. Для заданного состава группы определяется время достижения цели наиболее удаленным объектом и планируются попадающие траектории. Наиболее удаленный движется по оптимальной траектории. Для остальных объектов строятся попадающие траектории с таким же временем достижения цели. Производится моделирование движения группы до воздействия противника. Вследствие воздействия противников состав группы меняется. Для нового состава группы повторяются те же действия. Итерации заканчивается либо уничтожением всей группы, либо достижением цели.

Программная реализация алгоритма выполнена в среде MatLab. Программа позволяет визуализировать постановку и решение задачи: изобразить начальные состояния объектов группы, зоны действия противника, оптимальные по быстродействию траектории объектов управления, а также траектории, полученные в результате моделирования с учетом действия противника. Эффективность алгоритма демонстрируется на академических примерах при разных моделях воздействия противника.

Список использованных источников:

1. Марков А.А. Некоторые примеры решений специального класса задач на наибольшие и наименьшие количества // Сообщ. Харьковск. мат. общ.-ва. 1887. Т.1.
2. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length with a Constraint on Average Curvature, and with Prescribed Initial and Terminal Positions and Tangents, Amer. J. Math., 1957, vol. 79, no. 3, pp. 497–516.
3. Tsourdos A., White B. and Shanmugavel M. Cooperative Path Planning of Unmanned Aerial Vehicles. — New York: Wiley&Sons, 2011. — 190 p.

Секция №7.2 Компьютерное моделирование и численный эксперимент

Методика оценки параметров бинарной регрессии

Андреев М.В., Баранов А.В., Фейзуллин К.М.

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

МАИ, Москва

При проведении статистических исследований часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда в результате опыта фиксируется только один из двух альтернативных исходов: «успех» или «неудача». Зависимая переменная кодируется, соответственно, как 1 или 0, т.е. является бинарной переменной, а задача построения зависимости вероятности «успеха» от значений независимой переменной решается с использованием бинарной регрессии [1]. В настоящее время модели бинарной регрессии широко применяются в инженерном деле — при исследовании стойкости элементов конструкции к действию дестабилизирующих факторов, в военном деле — при проведении испытаний боеприпасов, при оценке эффективности различных тестов, а также при решении задач классификации в машинном обучении.

В данной работе решается задача построения математической модели, которая позволяла бы определить вероятность пробития обшивки воздушного судна в зависимости от скорости ударника на основе 10 экспериментов.

В качестве наиболее подходящей выбрана модель логистической регрессии [2]. Оценка ее параметров произведена с помощью метода максимального правдоподобия. Численные значения оценок найдены с использованием метода Ньютона [3]. Проведено исследование поведения оценок в зависимости от объема выборки. Определены свойства оценок параметров сдвига и масштаба при различном объеме выборки. Выявлены причины аномального поведения параметра масштаба при небольшом объеме выборки, исследована смещенность данной оценки, а также получена зависимость для устранения смещения при произвольном объеме выборки. Произведено исследование полученных оценок на нормальность. Построены доверительные интервалы.

Список использованных источников:

1. Комраков Н.Ю., Мужичек С.М., Скрынников А.А. Применение байесовского подхода построения логистической регрессии при обработке результатов испытаний на стойкость элементов авиационных конструкций // Научный вестник МГТУ ГА. — 2018. — №2. — С. 132-142.
2. Джонсон Н. Л., Коц С., Балакришнан Н. Одномерные непрерывные распределения: в 2-х ч. Ч. 2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — С. 600.
3. Буре В. М., Парилина Е. М. Теория вероятностей и математическая статистика. СПб.: Лань, 2013. — С. 416.

Алгоритм оценки безотказности сложной технической системы по результатам испытаний ее элементов

Баранов А.В., Резник А.А., Андреев М.В.

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

МАИ, Москва

Безотказность — одна из наиболее важных характеристик качества сложных технических систем. Обеспечению безотказности уделяется большое внимание на этапах проектирования, производства и эксплуатации.

Например, авиационная техника должна быть надежной во всем диапазоне возможных условий эксплуатации: при больших отрицательных температурах, в условиях высокой температуры, большой влажности, в условиях воздействия песка и пыли, и других климатических внешних факторах.

Испытание элементов авиационной техники проводится в различных климатических камерах, в которых реализуются условия предельных температур, влажности и т.д. По результатам испытаний элементов делается заключение об их надежности.

Испытание сложной технической системы в целом, в предельных условиях представляет определенную сложность. Подтверждение требований по надежности разработанной системы связано с проведением дорогостоящих приемочных испытаний. В этой связи целесообразно при проведении испытаний системы в целом учитывать данные о надежности её элементов.

Комплексование информации о безотказности элементов сложной технической системы и результатов испытаний системы в целом проводится с использованием байесовского подхода [1].

В данной работе разрабатывается алгоритм последовательного анализа безотказности сложной технической системы. В качестве инструментального средства для решения задачи использована интегрированная среда Matlab.

Посредством применения байесовского подхода производится оценка безотказности системы. На первом этапе проводится анализ статистических данных о безотказности элементов системы и строятся апостериорные (после испытаний элементов) законы распределения для каждого элемента, после чего находится априорное (до начала испытаний системы) распределение вероятности отказа системы. Для получения аналитического выражения вероятности отказа системы происходит переход к задаче восстановления смеси [2] двух бета-распределений [3] которая решается с помощью EM-алгоритма [4]. На втором этапе применяется последовательная байесовская процедура — на каждом шаге пересчитывается апостериорное распределение, проводится точечная и интервальная оценки вероятности отказа системы.

Список использованных источников:

1. Ллойд Э., Ледерман У. Справочник по прикладной статистике ТОМ 2 / пер. с англ. под ред. Ю. Н. Тюрина. М.: Финансы и статистика, 1989. 143 с.
2. Воронцов К. В. Лекции по статистическим (байесовским) алгоритмам классификации [Электронный ресурс]. URL: www.ccas.ru/voron/download/Bayes.pdf (дата обращения: 07.02.2022).
3. Де Гроот М. Оптимальные статистические решения / пер. с англ. А. Л. Рухина; под ред. Ю. В. Линника, А. М. Кагана. М.: Мир, 1974. 491 с.
4. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: справ. изд. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.

Канонические преобразования для свободного вращения твёрдого тела (летательного аппарата)

Батуев А.С., Суханов М.Е., Мыльников Р.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Морозова А.Р.

ЧФ ПНИПУ, Чайковский

Создание компьютерной модели летательного аппарата, адекватно воспроизводящей его движение, предполагает использование качественных алгоритмов численного интегрирования динамических уравнений. Безусловным требованием к алгоритму является его устойчивость к накоплению погрешности вне зависимости от числа шагов счета.

В математическом аспекте алгоритм выражается в бесконечно малом по параметру шага интегрирования преобразованием фазового пространства. Таким образом, вопрос сводится к определению многообразия, — группы преобразований фазового пространства ограниченных некоторым интегральным инвариантом.

При численном интегрировании гамильтоновых систем используются так называемые канонические алгоритмы интегрирования осуществляющие эквивалентные (канонические) преобразования фазового пространства. Устойчивость указанных преобразований

обеспечивается интегральным инвариантом Пуанкаре-Картана. Фазовое пространство твердого тела не является гамильтоновым, тем не менее, как показано в работе, в нем существуют группы преобразований аналогичных каноническим преобразованиям механики Гамильтона.

Работа ограничивается случаем свободного вращения твердого тела (случай Эйлера). Фазовое пространство твердого тела рассматривается как прямое произведение трехмерного пространства его угловых скоростей и четырехмерного пространства кватернионов, выражающих конфигурацию твердого тела.

В пространстве угловых скоростей определяется группа эквиаффинных бесконечно малых однопараметрических преобразований. Полученные преобразования являются аналогом канонических преобразований в механике Гамильтона и определяют устойчивые к накоплению погрешности счета алгоритмы динамических уравнений Эйлера.

На следующем этапе строится группа эквиаффинных бесконечно малых однопараметрических преобразований пространства кватернионов, выражающих соответствующее преобразование конфигурационного пространства. Полученные преобразования так же можно рассматривать как аналог канонических преобразований в гамильтоновой механике.

Таким образом определены устойчивые к накоплению погрешности счета алгоритмы интегрирования динамических уравнений свободного твердого тела и выраженные в форме многообразия фазового пространства размерности 7.

Моделирование компоновки бортовых систем в отсеках матрично-топологическим методом

Беляков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шулупов А.И.

Самарский университет, Самара

В одной из предшествующих работ [1] обсуждалось, что процессу реверс-инжиниринга компоновки отсеков космических аппаратов (КА) препятствуют несколько факторов: нарушение идеологии сборки, высокие квалификационные требования к разработчику, трудоёмкость и рутинность работы. Поэтому зачастую стараются взять за прототип один из существующих КА либо специально разработанную универсальную массово-габаритную платформу. В любом случае, компонентная база элементов бортовых систем постоянно меняется в соответствии с потребностями по достижению целей и задач в процессе функционирования КА. Следовательно, необходима разработка конструктивно-компоновочных схем отсеков каждый раз, когда состав бортовой аппаратуры (БА) должен быть изменён под новое изделие. Поскольку этот процесс затратный по времени, то для сокращения сроков требуется автоматизация. Наиболее унифицированное математическое обеспечение строится на методе полного перебора, методе последовательных приближений [2], методе случайного поиска [3] или с помощью годографа вектор-функции плотного размещения [4]. Эти алгоритмы программируются, но взамен модель приходится обогатить, сокращая число ограничений задачи размещения, что сказывается на точности и адекватности решения.

Более комплексный подход к построению модели и подбору инструментов для моделирования возможен с применением топологии, где отсек КА воспринимается как топологическое пространство, а оборудование — в качестве его связанных подпространств (гиперповерхностей), что позволяет уйти от работы с геометрией в пользу концентрации на массово-центровочных характеристиках конструкции, так как плотность компоновки достигается неявно с помощью топологической оптимизации, лежащей в основе всех алгоритмов решений. Основная же идея состоит в том, чтобы подобрать такой оператор отображения проектной схемы размещения, который за конечное число шагов конвертации переводит её в форму, удовлетворяющую техническим требованиям конструкции отсека.

Последовательность таких отображений считается непрерывной в точке центра масс отсека, потому что всякая часть компоновки после отображения переходит в новое положение и при этом остаётся внутри оболочки отсека, тем самым сохраняя близость к скорректированному центру масс. Также эта последовательность считается однозначной, поскольку на каждом шаге существует очередное единственное, более близкое к оптимуму решение, согласно принципу Беллмана. Совокупно эти понятия названы гомеоморфизмом. Свойства компоновки, которые не изменяются при гомеоморфизмах, принято называть топологическими инвариантами. Например, это ограничения задачи и центр масс отсека.

Матрично-топологическая модель компоновки основывается на описании объектов БА пространственными графами, для которых определены количества вершин, рёбер и граней, а также заданы массово-габаритные и энергетические характеристики. При таком подходе удаётся устанавливать функциональные взаимосвязи между БА разных систем и задавать монтажные, тепловые и виброударно-акустические допуски при размещении. Все эти исходные данные образуют матрично-топологическую систему уравнений целевых функций, которая отличается от системы алгебраических уравнений тем, что её решением является система уравнений, описывающая топологические свойства компоновки, в качестве аргументов которой выступают координаты центров масс БА. Алгоритмы их синтеза на данный момент требуют доработки, чтобы было возможно написать полное программное обеспечение и связать его со средой твердотельного моделирования.

Другой вариант матрично-топологической модели компоновки строится на орграфах по центрам масс БА с помощью векторов в базовой системе координат КА. В таком случае решение ищется путём добавления рёбер-перемычек в общий граф и применением метода Дijkstra или метода Гомори.

Оценка пересечения приборов между собой и со стенками отсека производится с помощью индекса пересечения и коэффициент зацепления. Полученная одним из способов конечная компоновка описывается кривой Пеано, топологическим инвариантом которой является наличие у неё положительной площади [5]. Она является математической моделью решения и позволяет наглядно его представить без необходимости задействовать систему автоматизированного проектирования.

Разработка методов предсказания несмещённых персональных рекомендаций

Воробьева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Рыбаков К.А.

МАИ, Москва

Персонализация онлайн-маркетинга — очевидный тренд последнего десятилетия. По оценкам McKinsey, 35% выручки Amazon или 75% Netflix приходится именно на рекомендованные товары и процент этот, вероятно, будет расти [1].

Цель рекомендательной системы — показать своим пользователям наиболее релевантные товары (те, которые им понравятся). Учитывая набор данных оценок пользователей, рекомендательная система сначала изучает предпочтения пользователей, а затем предлагает товары на основе своих прогнозов относительно товаров, которые они не оценили.

В работе рассмотрена задача разработки методов предсказания несмещённых персональных рекомендаций, т.е. рекомендаций, которые предполагают максимальное использование информации о самом пользователе. Несмещённость рекомендаций предполагает независимость от предыдущих рекомендаций для данного пользователя (независимость от рейтинга, вероятности клика и т.д.).

Для конкретности предположим, что товарами являются фильмы, а пользователи оценивают фильмы, которые они видели. В прогнозировании рекомендательная система пытается ответить на вопрос: «Как бы пользователь оценил этот фильм, если бы он или она его увидели?» [2]

Традиционный подход построения рекомендаций строит модель из наблюдаемых рейтинговых данных, а затем использует эту модель для прогнозирования неизвестных рейтингов. Данный метод подходит, если пользователи случайно смотрят и оценивают фильмы. Но пользователи обычно не смотрят фильмы наугад и, следовательно, ответить на вопрос: «Как пользователь оценит фильм, если посмотрит его?» на основе наблюдаемых рейтинговых данных сложно. Проблема в том, что могут быть, смещения (социальная сеть, любимый актер и т.д.), которые влияют как на выбор пользователем фильма, так и на его оценку этого фильма (рейтинг). Эти смещения могут быть трудноизмеримы [3].

Для решения этой проблемы в данной работе были реализованы 2 модели. На первом шаге была реализована модель восстановления бинарной матрицы, которая учится предсказывать, какой фильм пользователь выберет для просмотра. Данная модель представляет собой пуассоновское матричное разложение. Для ее реализации была построена нейронная сеть с использованием библиотеки Pytorch. В качестве функции потерь была выбрана бинарная кросс-энтропия. Полученное восстановление бинарной матрицы является оценкой смещения при выставлении пользователями рейтингов.

На втором шаге было произведено добавление предсказания данной модели в итоговую модель предсказания рейтинга (как пользователь оценит фильм) как признак. Итоговая модель — матричное разложение с признаком. Для ее реализации также была построена нейронная сеть с использованием библиотеки Pytorch. В качестве функции потерь была выбрана средняя квадратичная ошибка. С помощью полученной модели мы можем контролировать смещения при выставлении пользователями рейтингов.

Далее было произведено ранжирование всех рекомендованных фильмов для каждого пользователя и рекомендация пользователям высоко ранжированных фильмов. Таким образом, были получены несмещенные персональные рекомендации.

Рекомендации, полученные с помощью традиционного подхода, хорошо работают только для высокоактивных пользователей и популярных фильмов. По сравнению с существующими подходами, данная рекомендательная система стабильна по всем объединениям элементов или пользователей, лучше прогнозирует рейтинги и увеличивает качество (релевантность) рекомендаций.

Список использованных источников:

1. MacKenzie I., Meyer C., Noble S. How retailers can keep up with consumers // McKinsey & Company. 2013. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/how-retailers-can-keep-up-with-consumers> (дата обращения: 11.02.2021).
2. Wang Y., Liang D., Charlin L., Blei D. M. The deconfounded recommender: A causal inference approach to recommendation. arXiv preprint arXiv:1808.06581. 2018.
3. Liang D., Charlin L., Blei D. M. Causal inference for recommendation // Workshop on Causation: Foundation to Application, 32nd Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. 2016.

Факторизация чисел методом квадратичного решета

Гамов П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ухов П.А.

МАИ, Москва

Факторизацией натурального числа называется разложение этого числа в произведение простых множителей. Эта задача имеет большую вычислительную сложность. Один из самых популярных методов криптографии с открытым ключом, метод RSA, основан на трудоемкости задачи факторизации длинных целых чисел [1].

Первым серьёзным прорывом было квадратичное решето, quadratic sieve (QS). Это относительно простой алгоритм факторизации, предложенный Carl Pomerance в 1981 г., который может разлагать на множители числа до 110 десятичных разрядов или около того и для таких чисел остается лучшим [2].

Решение задачи факторизации имеет прикладное значение, так как ставит под сомнение безопасность шифровальных алгоритмов, на которых строится современная криптография.

Метод квадратичного решета является вторым по скорости факторизации чисел, его обгоняет только метод общего решета числового поля. Принцип работы алгоритма квадратичного решета основана на идее факторизации Ферма — поиске двух чисел, которые являются полными квадратами по модулю искомого числа. Нахождение таких чисел ставит перед нами необходимость долгого поиска необходимой факторной базы, гладких чисел, решение достаточно большой разреженной матрицы в конечном числовом поле.

Работа состоит в исследовании и реализации метода квадратичного решета, сравнении его с другими существующими алгоритмами, подборе оптимальных начальных условий, необходимых для ускорения алгоритма. Так же в исследовании различных способов решения разреженных матриц, алгоритмов поиска больших простых чисел.

Понимание этого алгоритма является фундаментальным, он лежит в основе понимания более тяжелых алгоритмов, которые способны факторизовать числа, длинной более ста цифр.

Список использованных источников:

1. Ишмухаметов Ш. Т. Методы факторизации натуральных чисел: учебное пособие. — Казань: Казан. ун., 2011.
2. И. В. Агафонова Факторизация больших целых чисел и криптография.

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния в участке изгиба широкой полосы

Давыдов А. А.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

В авиастроении большой класс деталей изготавливается методами обработки материалов давлением, а именно гибкой листового материала. При этом приходится решать ряд задач, таких как выбор технологических параметров процесса обработки, учет сил трения, учет механических свойств материала, выбор оборудования, штамповой оснастки и многие другие.

Проанализировать необходимые параметры и режимы обработки, позволяющие получать детали с заданными служебными характеристиками, можно при проведении серии предварительных натурных экспериментов. Однако это потребует дополнительных затрат, что не всегда оправдано. Поэтому в настоящее время активно используются методы математического моделирования и численного эксперимента.

В работе исследуется процесс гибки широкой полосы в штампе. Очаг пластических деформаций формируется вокруг кромки матрицы, на радиальном участке течения материала. Построена аналитическая модель течения материала в очаге пластических деформаций по линиям тока, представляющим собой части семейства эллипсов [1]. На основе полученной модели построено поле скоростей течения материальных точек, поле скоростей деформаций, интенсивности деформаций, найдены относительные растягивающие напряжения, действующие в очаге пластических деформаций.

Была поставлена задача установить картину напряженно-деформированного состояния в очаге пластических деформаций численными методами, с помощью программного комплекса ANSYS Mechanical версии 20.2, реализующем методы конечно-элементного анализа. Данный пакет программ применяется для технологических расчетов на прочность, устойчивость, при исследовании процессов гидро- и аэродинамики и многих других.

Модели Пуассона, матрицы, заготовки были разработаны и построены в системе автоматизированного проектирования SiemensNX, версии 12. Дискретизацию расчетной области производили структурированной гексагональной сеткой во встроеном в ANSYS сеткопостроителе Ansys Workbench, версии 20.2. Общее количество узлов сеточной модели составляет 80352, количество элементов 60421. Для детального описания элементов геометрии сложной формы (например, фасок, скруглений) произвели расстановку сгущений по поверхностям. Качество гексагональной сетки определяется значением параметра «MinAngle» (минимальный угол), который должен быть не менее 15...20°.

В результате был выполнен расчет параметров и получена общая картина напряженно-деформированного состояния в очаге пластических деформаций, которая согласуется с математической моделью, изложенной в работе [1].

Список использованных источников:

1. Васильева А.В. О построении математической модели процесса гибки широкой полосы // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием (12-16 апреля 2021г.), г. Сибай / отв. ред. Суюндуков Я.Т. — Сибай: Сибайский информационный центр — филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан», 2021. С. 220-223.

Численное моделирование растягиваемых композитных плоских полос, ослабленных круговыми отверстиями

Ермаков И.С.

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

МАИ, Москва

Потребность использования материалов с более эффективными параметрами, привела к внедрению композитов в различные области проектирования конструкций. В таких случаях результаты исследований, полученные на основе изотропных материалов, теряют свою актуальность, в связи с чем возникает необходимость повторного рассмотрения ранее решенных задач, но уже с привлечением композиционных материалов. Проблемы, связанные с введением в элементы конструкций круговых отверстий, не стали исключением.

В данных тезисах представлены результаты исследований влияния геометрических и физико-механических параметров, на значение коэффициента концентраций напряжений, в композитной полосе с двумя одинаковыми круговыми отверстиями, расположенными либо вдоль, либо поперёк полосы. Математическое моделирование рассматриваемой задачи проводится с применением оболочечного элемента типа S4 в среде конечно-элементного комплекса Abaqus и вариационно-разностного метода, нацеленного на решение задачи теории упругости в плоской постановке.

В процессе анализа, установлено, что в случае широкой полосы с близко расположенными отверстиями друг относительно друга величина коэффициента концентраций напряжений снижается, по сравнению с ситуацией одного отверстия на 12% — 19% в зависимости от упругих характеристик композитного материала полосы. Для случая полосы, с поперечно расположенными отверстиями, установлено оптимальное расстояние между центрами отверстий, (при постоянном значении ширины полосы) обеспечивающее минимизацию величины коэффициента концентраций напряжений. Также установлено, что замена полосы с одним отверстием, на вариант с двумя поперечно расположенными отверстиями меньшего диаметра и расстоянием, между центрами варьируемым в определенном диапазоне, приводит к понижению величины коэффициента концентраций напряжений.

Обратная задача об идентификации нестационарной нагрузки для балки Бернулли-Эйлера

Козлов И.П.

Научный руководитель — Вахтерова Я.А.

МАИ, Москва

В прямоугольной декартовой системе координат рассматривается однородная изотропная шарнирно-опертая балка конечной длины l под воздействием распределенной нестационарной нагрузки. Полагается, что эта нагрузка неизвестна и является искомой функцией. Таким образом, ставится обратная ретроспективная задача о восстановлении характера распределения и зависимости от времени воздействующей на балку нагрузки. На определенном участке балки установлены датчики, которые снимают показания прогибов балки в зависимости от времени.

Для описания колебаний балки используется уравнение Бернулли-Эйлера. Начальные условия полагаются нулевыми.

Для решения прямой задачи используется принцип суперпозиции. Его суть состоит в существовании интегральной связи между нестационарным прогибом исследуемой балки и воздействующей на неё нагрузкой, которое приводит к разрешающему интегральному представлению для функции прогибов. Ядром интегрального оператора, входящее в это интегральное представление, является функция влияния для балки Бернулли-Эйлера. Эта функция представляет собой фундаментальное решение уравнения движения балки. Для математического описания нагрузки используется аппарат обобщённых функций. Функция влияния также является обобщённой и, в отличие от обычной функции прогиба, может иметь разрывы и даже более сильные особенности. Для построения функции влияния использованы интегральные преобразования Лапласа по времени, и разложение в ряд Фурье по системе собственных функций.

Решение обратной задачи сводится к решению системы независимых интегральных уравнений Вольтера I рода. Система является некорректной по Ж. Адамару из-за вырожденности ядер интегральных операторов. Применяется численно-аналитический алгоритм построения решений интегральных уравнений на основе метода механических квадратур в сочетании с регуляризацией Тихонова. Для решения обратной задачи, построения и анализа графических результатов составлена программа на ЭВМ.

Вибрационный анализ трехслойных сотовых конструкций космического аппарата

Комягин М.А.

Научный руководитель — Пичужкин П.В.

МАИ, Москва

В работе рассмотрено применение методики определения собственных частот и форм сотовых конструкций, используемых в космической технике с помощью метода конечных элементов (МКЭ) в модуле Simulation в Solidworks.

Созданию трехслойных сотовых панелей предшествовала необходимость в оптимальных конструкциях, работающих в условиях сложного нагружения. Они представляют собой составную конструкцию из двух прочных слоев (обшивок), разнесенных на расстояние, заполненное высокомодульным материалом (сотовым наполнителем) в целях обеспечения максимального отношения жесткости конструкции к ее массе. Сотовый наполнитель в свою очередь является конструкционным материалом, состоящим из регулярных ячеек (сот) заданной конфигурации и размеров, оси которых параллельны друг другу. Сотовые конструкции могут применяться в качестве силовых элементов космического аппарата (КА). Они способны принимать местную и поперечную распределенную нагрузку.

Каждая сота наполнителя образована двумя гофрированными полосами, соединенных между собой по наружным плоскостям таким образом, что каждый гофр является половиной сотовой ячейки. Соединение гофрированных полос обеспечивается различными видами склеивания, сварки и пайки. В качестве материала сотового наполнителя в отечественной ракетно-космической промышленности применяются алюминиевые и титановые сплавы, а также стеклопластики и стали.

Вибрация оказывает разрушающее воздействие на элементы конструкции КА, приводит к возникновению и лавинообразному распространению усталостных трещин. В сотовых панелях, в частности, она может стать причиной отслоения обшивок.

В целях определения собственных частот, форм колебаний сотовой конструкции, была построена твердотельная модель сотового наполнителя типа Ш1. В основу частотного анализа было заложено линейное поведение системы. Исходя из допущения линейности, согласно уравнению свободных колебаний консервативной системы можно сделать вывод о прямо пропорциональной зависимости собственной частоты конструкции от квадратного корня частоты жесткости к массе. Таким образом, для получения достоверного результата

на всем диапазоне частот необходимо оценить массовое участие — эффективную массу, выраженную в процентах.

Целью моделирования является итерационное определение собственных форм и частот трехслойной сотовой модели. Критерием остановки моделирования было выбрано достижение суммарного массового участия, равного 70%. В результате моделирования было установлено, что такое значение эффективной массы достигается через 20 итераций. По полученным графикам зависимости частоты от режима и массового участия от частоты были установлены опасные режимы, соответствующие им собственные частоты и массовое участие:

Режим №1 — 46.75 Гц, 68%

Режим №2 — 50 Гц, 69%

Режим №10 — 107 Гц, 38%

Режим №18 — 124.5 Гц, 13%

Рассмотренный метод может быть использован в диагностике работоспособности и надежности сотовых элементов конструкции КА, а также при выборе режимов воспроизводимых нагрузок для согласования вибрационных испытаний.

Список использованных источников:

1. Иванов А.А., Кашин С.М., Семенов В.И. Новое поколение сотовых заполнителей для авиационно-космической техники. — М.: Энергоатомиздат, 2000. — 436 с.:ил.
2. Механика сотовых конструкций: справочник: в 2 т. / М. Я. Гофин, А. А. Иванов. — Москва.: Мир, 2012 — 496 с.: ил.
3. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов/ В.А. Афанасьев, В.С. Барсуков, М.Я. Гофин, Ю.В. Захаров, А.Н. Стрельченко, Н.П. Шалунов; Под редакцией Н.В. Холодкова. — М.: Изд-во МАИ, 1994. — 412 с.: ил.
4. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. Совет: В.Н. Челомей (пред.). — М.: Машиностроение, 1978 — Т.1. Колебания линейных систем/Под ред. В.В. Болотина. 1978. 352 с., ил.
5. Панин В.Ф., Гладков Ю.А. Конструкции с заполнителем: Справочник. — М.: Машиностроение, 1991. — 272 с.: ил.

Имитация работы высокочастотной электронно-оптической линии связи

Коновской А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеров С.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

На кафедре «Радио — и электронно-вычислительные средства летательных аппаратов» филиала «Взлет» МАИ в г. Ахтубинске разработана модель «Высокочастотной электронно-оптической линии связи». Модель предполагается использовать в учебных целях для изучения рассеяния оптического излучения по дисциплине «Оптико-электронные системы передачи информации» по специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы».

При подготовке модели к работе можно установить начальные данные системы, такие как: высоты приёмника и передатчика, расстояние между ними, излучаемая мощность, диаметры линз приёмника/передатчика, а также диаметр излучающей системы, тип лазера. В процессе работы с моделью можно менять данные параметры. При изучении рассеяния оптического излучения студенты с помощью модели могут задавать различные условия его работы и получать информацию о возможности работы системы в заданных условиях. Результаты работы модели отображаются на экране монитора

Модель линии связи создана в пакете прикладных программ для решения задач технических вычислений с использованием средств графического пользовательского интерфейса (GUI — Graphic User Interface), а также сконвертированно в отдельное приложение при помощи интерактивной среды разработки App Designer.

Модель линии связи может быть реализована на любом персональном компьютере (ЭВМ), позволяющем выполнять работы с указанными программными средствами.

Данная модель линии связи обладает большим потенциалом дальнейшего развития по визуальному представлению программы, диапазона входных данных.

Имитационное моделирование сборки летательного аппарата

Корж С.Е.

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

МАИ, Москва

Развитие цифровых технологий оказало существенное влияние на множество сфер детальности человека, включая промышленность. Прежде всего это касается облегчение разработки конструкторской и технологической документации в виртуальной среде, что существенно снижает затраты времени как на разработку, так и на внесение правок. Всё это программного обеспечение (ПО) объединяется под эгидой комплексных PLM-систем, отображающих целиком всё производство от этапа закупок до готовых изделий. Соответственно среди них есть место и программам с функцией имитационного моделирования, которые позволяют визуализировать и рассчитывать само производство в виде виртуальной модели-копии как уже созданного производственного процесса, так и только планируемого с использованием расчётов параметров производства.

В работе рассматривается программная среда имитационного моделирования систем и процессов Tecnomatix Plant Simulation от компании Siemens. Plant Simulation представляет собой визуальную объектно-ориентированную среду для построения имитационных моделей широкого класса систем. В данной работе рассматриваются производственные процессы по сборке планера летательного аппарата (ЛА) в рамках серийного производства.

В качестве исходных данных использовалась конструкторская документация изделия-аналога и на их основе разработана модель сборки изделия. Целью работы является проверка и оптимизация организационной модели производства, в первую очередь количества ступенчатой оснастки и распределения трудоёмкости между рабочими местами.

После анализа работы имитационной модели были выделены следующие проблемы: степень проработки модели и увязка входных/выходных данных с прочим ПО, применяемым на предприятии.

Первая проблема связана с тем, на сколько проработаны входные данные, используемых имитационной моделью для работы. Минимальным параметром для работы Plant Simulation является время каждого процесса, задействованного в модели. Так как сборка планера ЛА включает в себя множество процессов, зависящих от множества параметров, то точность имитационной модели напрямую зависит от того, в какой мере эти параметры были учтены при расчётах норм времени на каждый процесс. В качестве примера можно привести расчёт времени на установку заклёпок на отсек ЛА. При полном моделировании необходимо учитывать не только их количество, но и тип, диаметры, удобство подходов к швам, применяемое оборудование. Эта проблема приводит к невозможности создания абсолютно точной модели с использованием базового инструментария Plant Simulation, существенно усложняет процесс создания имитационной модели и увеличивает затраты времени на её разработку.

Вторая проблема наиболее актуальна при разработке имитационной модели при подготовке производства. Так как на этом этапе идёт постоянное уточнение всех аспектов и самого производства и изделия, то это приводит к постоянным изменениям входных параметров модели. Без быстрой актуализации этих данных имитационная модель не способна выводить реалистичные результаты, что снижает общую её ценность для дальнейшей работы по организации производства. Эта проблема приводит к тому, что в отличие от CAD и CAM систем, программы для имитационного моделирования производства практически не используются на отечественном производстве, уступая привычным расчётам всех параметров вручную.

Имитационная модель в рамках данной работы создана с целью визуализации возможностей данного метода на этапе подготовки производства. Для этого создаётся укрупнённая модель с минимальным количеством вводных данных и с помощью встроенных инструментов ПО настраивается так, чтобы получить наибольшее количество полезных данных после анализа готовой модели. После этого с помощью более сложных и комплексных возможностей Plant Simulation становится возможным увязка входных и

выходных данных с другими ПО, в данном случае с Microsoft Excel. Это позволяет структурировать информацию в наиболее удобный вид, что существенно облегчает дальнейшую проработку модели. Таким образом решаются обе вышеописанные проблемы: разработка модели начинается с укрупнённых процессов и в дальнейшем постепенно охватывает большее количество деталей производства, а увязка данных в реальном времени позволяет быстро и эффективно как вносить изменение в уже используемые параметры, так и получать результаты работы модели.

Построение рабочей зоны механизма параллельной структуры для тренажера для военной бронетанковой техники геометрическим методом

Лёдова К.В., Николаев В.А.

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

МАИ, Москва

Механизмы параллельной структуры представляют собой замкнутые механизмы, у которых выходное звено соединено с основанием несколькими кинематическими цепями. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными механизмами роботов: высокая грузоподъемность, надежность, быстродействие, жесткость конструкции и повышенные показатели точности позиционирования выходного звена. Благодаря этому синтез данных механизмов является одной из важнейших тенденций современной робототехники, а их применение охватывает самые разнообразные сферы жизни: системы тренажеров водителей и пилотов, хирургические роботы, устройства позиционирования и ориентирования, металлообрабатывающие и швейные станки и многое другое.

Особый интерес в робототехнике представляют механизмы с 6 степенями свободы, так как это максимально возможная степень свободы и, как следствие, максимальное количество способов перемещения. В основе большинства схем механизмов параллельной структуры с шестью степенями свободы лежит схема платформы Гауфа, или гексапода. Выходное звено такого механизма представляет собой шестиугольную платформу, вершины которой соединены со звеньями при помощи сферических шарниров, противоположный конец каждого звена так же соединяется с основанием при помощи шарнира. Приводы позволяют изменять длину кинематических цепей механизма. В данной работе исследуемый робот имеет структуру 6-UCU, где 6 — количество кинематических цепей, U — универсальный шарнир, C — электропривод.

Ключевым моментом при создании механизмов параллельной структуры является определение его рабочей зоны — пространства, состоящего из множества точек, которых достигает «характерная точка» (точка схвата, например) выходного звена манипуляционного механизма. Рабочая зона обычно оценивается с точки зрения ее размера (площади/объема) и формы. Выделяют несколько типов рабочих зон механизма: рабочая зона постоянной ориентации, рабочая зона ориентации/поворота, максимальная рабочая зона, конструктивная рабочая зона, эффективная рабочая зона. В рамках данной работы выполнялось построение рабочей зоны постоянной ориентации.

Как правило, для определения и построения рабочей зоны используются два основных подхода, а именно геометрический способ и дискретный (итерационный) способ.

В первом приближении для оценки формы и размера рабочей зоны механизма целесообразно использовать геометрический способ. В данном подходе истинные границы рабочей зоны механизма параллельной структуры могут быть быстро и точно получены из пересечения границ всех кинематических цепей, составляющих механизм параллельной структуры. Для каждого значения обобщенной координаты кинематическая цепь манипулятора ограничивает область перемещения его выходного звена некоторой поверхностью, которая при изменении координаты в некотором заданном диапазоне образует некий объем. Пересечение всех областей образует полную рабочую зону манипулятора.

Дискретный (итерационный) способ используется, чаще всего, как дополнение к геометрическому для уточнения рабочей зоны либо в качестве самостоятельного способа при относительной простоте механизма. При таком подходе выбирают некую область, заведомо большую, чем предполагаемая рабочая зона механизма, а затем эта область покрывается регулярной сеткой узлов (точек), с некоторым шагом, соответствующим координате. Затем каждый узел проверяется, чтобы определить, принадлежит ли он рабочей области.

Целью данной работы является построение рабочей зоны механизма параллельной структуры геометрическим методом для дальнейшего определения областей использования исследуемого робота, в частности для создания на его основе тренажера для военной бронетанковой техники. Данные тренажеры помогают эффективно обучать новичков, позволяя оттачивать приемы и навыки вождения, а также осуществлять тактическую подготовку.

Для реализации поставленной цели был выбран программный продукт MATLAB — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.

Вычисление рабочей зоны механизма параллельной структуры сводится к векторному представлению кинематических цепей. Для нахождения координат точки кинематической цепи, соответствующей центру шарнира U платформы, необходимо, согласно правилу треугольника для сложения векторов, найти сумму вектора, соответствующего расстоянию от начала неподвижной системы координат до центра шарнира U основания, и вектора, соответствующего удлинению кинематической цепи за счет привода. Задача сводится к нахождению матриц поворота, определяющих повороты в шарнирах, и циклическому перебору всех переменных параметров, то есть углов поворота в шарнирах и диапазона изменения длины кинематической цепи, с учетом конструктивных особенностей механизма.

Результатом выполнения программы служит фрагмент сферической поверхности с толщиной, определяемой диапазоном изменения длины кинематической цепи.

Автоматическое установление смысловой близости научно-технологических документов авиакосмической отрасли

Макарова А.Е.

Научный руководитель — д.т.н. Хорошилов А.А.

МАИ, Москва

В авиакосмической отрасли, как и в других высокотехнологичных отраслях, все большую популярность приобретают технологии управления цифровым контентом и автоматического содержательного анализа. Актуальность объясняется желанием использовать новые возможности для решения существующих немаловажных задач, например, для сертификации летательных аппаратов, их узлов и систем. Процесс сертификации подразумевает сопоставление содержания проектной документации с перечнем национальных и международных стандартов, что может быть значительно облегчено благодаря введению автоматического установления смысловой близости содержания документации.

Автоматическое сопоставление текстов основано на технологиях формализации и структурирования их содержания. Они в свою очередь опираются на современные семантические инструменты автоматической обработки и анализа. В их основу положена теоретическая концепция фразеологического концептуального анализа, в рамках которой утверждается, что смысловое содержание выражается через понятийную терминологическую систему, выявляемую методами статистического, синтаксического и концептуального анализа. Статистические методы дают возможность установить базовый состав терминологических словосочетаний путем анализа частоты их встречи в контенте отрасли. Синтаксические методы отвечают за выявление синтаксической роли терминов и их связей, по средствам установления принадлежности к словосочетаниям, являющимся в предложении группой подлежащего (субъекта), группой сказуемого (предиката) или группой дополнения (объекта). Семантические методы позволяют определить основные

терминологические словосочетания при помощи их сопоставления с элементами эталонных концептуальных словарей.

Описанные методы используются специалистами НИЦ им. Жуковского в проектных решениях, направленных на создание подсистемы поддержки процесса сертификации для авиакосмической отрасли.

Динамическое ценообразование с помощью томпсоновского сэмплирования

Мирзагаламов Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Сологуб Г.Б.

МАИ, Москва

Для компаний, бизнеса любого сегмента, получение дохода является важнейшей задачей и целью существования. Доход компании должен не только покрывать ее расходы, но и достигать определенного уровня, при котором компания процветает и растет. При нынешнем уровне конкуренции на рынке уже невозможно работать по фиксированным ценам. Нужен более гибкий подход, позволяющий быстро вносить изменения в случае необходимости. Оптимизация цен и управление доходами являются наиболее важными аспектами, которые должна учитывать любая компания.

Динамическое ценообразование, используемое в ряде отраслей, представляет собой метод установления цен на товар или услугу на основе текущего состояния спроса на рынке. Метод, который уже несколько лет используется ведущими компаниями для установления цен в соответствии со спросом и использует результаты исторических решений по обновлению цен.

Предлагается алгоритм активного обучения для динамического ценообразования. В то время как подходы динамического ценообразования, основанные на пассивном обучении, рассматривают проблему оптимизации, заключающуюся в оптимизации интересующей метрики на конечном горизонте T , предлагаю алгоритм, который решает проблему динамического ценообразования как проблему оптимизации в условиях неопределенности. Эта система делает точные параметрические предположения относительно функции спроса и регулярно максимизирует интересующий показатель в условиях ограничений. В данной работе, функция дохода рассматривается в качестве интересующей нас метрики.

Система использует алгоритм многорукого бандита — томпсоновское сэмплирование. Система максимизирует доход на фиксированном горизонте T .

Томпсоновское сэмплирование работает по следующему принципу: для неизвестных параметров функции применяется байесовское априорное значение, и с использованием правила Байеса рассчитывается апостериорное распределение. Томпсоновское сэмплирование генерирует набор параметров из апостериорного распределения и генерирует новый набор цен, максимизируя функцию вознаграждения для этого временного шага с использованием полученных параметров. Этот процесс повторяется до конечного горизонта T .

Конечно, переход к алгоритмическому ценообразованию требует времени, ресурсов и усилий. У каждого производителя есть свой собственный подход, и не всегда легко выбрать правильный механизм динамического ценообразования. Но в условиях быстро развивающихся технологий и ускорения процессов, время принятия решения играет одну из важнейших ролей, поэтому использование нетрадиционных методов динамического ценообразования крайне необходимо.

Разработка рекомендательной системы на основе текущей сессии пользователя с использованием многоуровневой системы отбора кандидатов

Мохов А.И.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пантелеев А.В.

МАИ, Москва

Понимание предпочтений пользователей является сложной задачей, особенно на больших данных. На данный момент рекомендательные системы стремятся решить эту задачу, применяя современные методы подбора кандидатов и простые эвристики в

сочетании с алгоритмами ранжирования машинного обучения. В данной статье представлен алгоритм подбора кандидатов из трех разных источников с последующим ранжированием. Эти два этапа определяют рекомендательную систему, которая способна формировать вероятные предпочтения пользователя на основе его истории взаимодействия с сайтом. Для подбора кандидатов мы используем языковую модель (Word2Vec) и разреженные векторы, а также самые популярные элементы из набора данных [1]. Каждый этап разделен на несколько подэтапов, что упрощает добавление новых источников для кандидатов или удаление существующих. Тот же метод можно легко применить к алгоритмам ранжирования — можно удалить алгоритм ранжирования или добавить новый, чтобы смешать предсказания моделей, максимизируя также показатели точности или полноты. Показывается важность алгоритмов ранжирования в рекомендательных системах, измеряя конкретные метрики задач Learning to Rank (L2R) на тестовых данных. В статье представлено несколько алгоритмов ранжирования. Все они относятся к подклассу парных алгоритмов. Такие алгоритмы, как LambdaRank, YetiRank и StochasticRank, используются для сравнения с не ранжированными рекомендациями [2, 3, 4]. В качестве моделей используется реализация градиентного бустинга от CatBoost и PyTorch для построения нейронной ранжирующей сети. В результате эксперимента получается готовый end-to-end пайплайн рекомендательной системы с гибкими модулями, которые легко добавлять/удалять и показывать преимущества моделей ранжирования с рекомендациями на реальных данных.

Список использованных источников:

1. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint arXiv:1301.3781. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Efficient-Estimation-of-Word-Representations-in-Mikolov-Chen/330da625c15427c6e42ccfa3b747fb29e5835bf0>
2. Ustimenko, A., & Prokhorenkova, L. (2020, November). StochasticRank: Global Optimization of Scale-Free Discrete Functions. In International Conference on Machine Learning (pp. 9669-9679). PMLR. URL: <https://proceedings.mlr.press/v119/ustimenko20a.html>
3. Burges, C., Ragno, R., & Le, Q. (2006). Learning to rank with nonsmooth cost functions. *Advances in neural information processing systems*, 19, 193-200. DOI: 10.5555/2976456.2976481
4. Burges, C. J. (2010). From ranknet to lambdarank to lambdamart: An overview. *Learning*, 11(23-581), 81. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/from-ranknet-to-lambdarank-to-lambdamart-an-overview/>

Сравнительная оценка результатов расчетов на прочность, выполненных аналитическим способом и методом конечных элементов в пакете программ Ansys Workbench

Подгорная В.И., Юденков В.Э., Власенко Е.А.

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

Рассмотрена атмосферная ракета вертикального старта массой 6 кг, развивающая скорость 270 м/с при силе тяги двигателя 400 Н.

Одной из несущих деталей ракеты является фюзеляж, представляющий собой тонкостенную оболочку (диаметр фюзеляжа — 110 мм, толщина фюзеляжа — 1 мм, длина 600мм). В средней части фюзеляжа имеются 4 радиальных отверстия, в которые вставлены винты М3, фиксирующие двигатель в фюзеляже. Сила тяги от двигателя передается через винты на фюзеляж и далее на вышерасположенные несущие элементы ракеты.

При переходе от реального объекта (ракеты) к фюзеляжу и далее к расчетной схеме, необходимо отбросить те факторы, которые не могут сколь-либо заметным способом повлиять на сущность рассматриваемого явления [1]. Так на прочность средней части фюзеляжа (в местах расположения отверстий под болты М3 необходимых для крепления двигателя) не оказывают существенного влияния обтекатели и вышерасположенные несущие элементы, что позволяет их отбросить. На фюзеляж пустого отсека действуют следующие силы: сила тяги P_t (направлена вверх), силы P_a аэродинамического

сопротивления и тяжести mg всей ракеты (направлены вниз). Отметим, что в реальных условиях кроме данных сил существуют и другие силы. Так при полете ракеты с отклонением от вертикали появляются дополнительные силы. Кроме этого, часть фюзеляжа под винтами сжата от усилий затяжки винтов. Существуют и некоторые другие факторы, не значительно влияющие на сущность рассматриваемого явления.

С учетом принципа Даламбера [4], добавим к действующим силам силы инерции ma . Спроецировав все силы на вертикальную ось x и рассмотрев уравнения равновесия, получим, что сила тяги P_t скомпенсирована суммой сил сопротивлений и сил инерции. Таким образом, при движении по вертикали на фюзеляж ракеты действуют сжимающие усилия, что позволяет представить расчетную схему фюзеляжа в виде полого тонкостенного стержня, закрепленного с одной стороны, при этом к другой стороне стержня приложено сжимающее усилие, равное P_t .

При расчете стержня на сжатие по зависимостям, изложенным в разделе «растяжение-сжатие» в [2] получили, что в сечениях фюзеляжа, не ослабленных радиальными отверстиями, напряжения сжатия $\sigma_{сж}$ составляют $-2,3$ МПа. Данные напряжения являются не существенными для материала карбон, из которого выполнен фюзеляж ракеты. Условие прочности выполнено. Однако известно, что в местах изменения формы, в том числе и в местах расположения отверстий, возникает концентрация напряжений. Поэтому в сечении фюзеляжа, ослабленном отверстиями, напряжения будут несколько больше, чем $-2,3$ МПа ввиду меньшего размера сечения и концентрации напряжений.

Для оценки напряженного состояния фюзеляжа разработана расчетная 3D-модель фюзеляжа в программном продукте Ansys Workbench. Выполнено разбиение на конечные элементы (построена сетка). На верхнюю часть фюзеляжа наложено ограничение перемещений по оси x . К узлам отверстий под винты крепления приложены сжимающее усилие по оси x глобальной системы координат, суммарное значение которых равно силе тяги P_t . В результате расчетов получили распределение напряжений по конечным элементам модели, моделирующей фюзеляж. В сечениях, удаленных от отверстий, получена сходимость в напряжениях сжатия ($-2,3$ МПа). В районе расположения отверстий получены максимальные напряжения $76,8$ МПа и $-70,6$ МПа. У края отверстия появляется пик напряжений. С одной стороны корпус растягивается, причем в нашем случае будет иметь в этом месте 3σ , а с другой сжимается — σ . Концентрация напряжений вблизи отверстий снижает общий коэффициент запаса прочности.

Отметим, что при увеличении диаметров отверстий, концентрация напряжений снижается, так как сила действует на большую площадь поверхности.

Выполненные сравнительные расчеты позволяют сделать вывод о том, что для полного представления о напряженном состоянии рассчитываемых деталей целесообразно использовать расчетные комплексы, реализующие метод конечных элементов.

Список использованных источников:

1. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов, Феодосьев В. И., Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», Москва, 1975.
2. Сопротивление материалов: учебник для вузов / В.И. Феодосьев. — 17-е изд., испр. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 542.
3. Механика разрушения на базе компьютерных технологий. Практикум / В. М. Пестриков, Е. М. Морозов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 464 с.:ил.
4. Попов М. В. Теоретическая механика: Краткий курс: Учебник для вуза. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. — 336с

Оптимизация поиска товаров за счет извлечения ключевых фраз

Романадзе Е.Л.

Научный руководитель — Кислинский В.Г.

МАИ, Москва

Ежедневно создается и публикуется большое количество текстов, статей и информации, которую мы считываем и анализируем, поэтому проблема потребления данных является актуальной.

Это отражается и в поиске товаров онлайн магазина, когда по наименованию товара находится большая его разновидность, поэтому удобнее описывать общее представление о продукте, чтобы найти товар под сформулированную потребность. В таком случае можно сказать, что поиск осуществляется, по ключевым словам, которые отображают сущность товара и представляют его ценность. Получается, что более детальное описание продукта дает большую вероятность найти то, что предполагалось. Для осуществления подобного поиска используют методы извлечения ключевых фраз, которые в примере поиска товаров можно применить, выделяя главные слова из описания самих товаров, которые как правило указывает производитель [1].

В работе рассмотрены методы, позволяющие осуществить описанную модель поиска, разобран пример реализации решения и результаты оптимизации поиска за счет извлечения ключевых фраз.

В данном случае под набором данных подразумевается коллекция документов D , то есть описания товаров. Каждый документ состоит из набора слов w_1, w_2, \dots, w_n , где n — количество слов в документе d_i . При наличии таких входных данных модели выделяют ключевые слова k , состоящие как правило из слов, входящих в документ [2]. Задача может решаться с помощью методов обучения с учителем или методов обучения без учителя. В работе представлена модель LDA, которая выделяет набор тем из коллекции документов, то есть решает задачу кластеризации на заданное количество m тем. В результате получаем две матрицы, одна из которых описывает вероятность слов w в каждой теме t , а вторая — вероятность тем t в каждом документе d [3]. При наличии данной информации несложно выделить ключевые слова документа, опираясь на темы, к которым он в большей степени относится и на слова, которые входят как в рассматриваемый документ, так и в отобранную тему.

Список использованных источников:

1. Augenstein, I., Das, M., Riedel, S., Vikraman, L. and McCallum, A. (2017) Semeval 2017 task 10: Scienceie — extracting keyphrases and relations from scientific publications. In Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic Evaluation, SemEval@ACL 2017, Vancouver, Canada, August 3-4, 2017, 546–555. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/S17-2091>.

2. Апишев М.А. Эффективные реализации алгоритмов тематического моделирования: дис. канд. физ-мат наук: 230401. — М., 2020. — 152 с.

3. Воронцов К.В. Вероятностное тематическое моделирование: теория, модели, алгоритмы и проект BigARTM. URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/d/d5/Voron17survey-artm.pdf>.

Анализ повреждаемости конструкции самолёта от нагружения, реализуемого на испытательном стенде

Смирнов Я.А., Снигириев А.А.

ПАО «Корпорация «Иркут», Москва

Для сокращения временных затрат на ресурсные испытания самолётов при разработке программы ресурсных испытаний задаются нагрузки, превосходящие по величине полётные. Это позволяет сократить количество циклов приложения нагрузок, и при этом воспроизводить в элементах конструкции повреждаемость, приближенную к эксплуатационной. В отечественной и зарубежной практике натурных испытаний самолета и его агрегатов (например, крыла, оперения) используются различные методы нагружения,

в том числе нагружение при помощи ложементов и нагружение лямками. Нагружение стенда должно реализовываться в испытываемой конструкции повреждаемости не ниже повреждаемостей, заданных программными нагрузками.

Данная работа описывает подход к расчёту и определению эквивалентов нагружения стенда ресурсных испытаний нагружению, заданному программными нагрузками. В работе рассмотрено два метода расчёта эквивалентов:

Первый (упрощённый) метод. В данном методе определения эквивалентов используется анализ повреждаемости по циклограммам внутренних силовых факторов в сечениях агрегатов. При этом циклограммы строятся с использованием аналитических методов. Такой способ позволяет получить приближённую оценку эквивалентов при минимальных затратах времени на расчёт.

Второй метод позволяет произвести более точную оценку эквивалентов. При определении эквивалентов применяется анализ повреждаемости по циклограммам напряжений в элементах конструкции. Для данного метода при помощи численных методов (метода конечных элементов) строятся циклограммы напряжений в агрегатах испытываемой конструкции, возникающих в результате нагружения испытательного стенда. Повреждаемости от полученных циклограмм сравниваются с повреждаемостями от циклограмм напряжений, возникающих в результате заданного программой нагружения. Данный метод позволяет получить более точную оценку эквивалентов, однако требует больших временных и вычислительных затрат.

Влияние выбора модели турбулентности на качество моделирования имитации топливно-воздушного аэрозоля в модельном фронтном устройстве камеры сгорания

Тарасенко А.Н.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Силюянова М.В.

МАИ, Москва

При проведении расчётных исследований камер сгорания газотурбинных двигателей одним из важных критериев правильного описания процессов горения является достоверное отражение процесса распыла жидкого топлива. Существует достаточно большое количество работ [1, 2], рассматривающих вопрос о распаде жидких струй и пленок, и значительное число подходов и моделей разной степени сложности [3]. Вместе с тем, для инженерных расчётных исследований зачастую использование таких моделей избыточно и достаточно использовать имитацию уже подготовленного аэрозоля, состоящего из капель жидкого топлива, что может быть сделано при помощи модели дискретной фазы.

Предполагается, что довольно существенную роль в распределении этих капель и физически достоверном отражении их поведения играет выбранная модель турбулентности. С целью проверки влияния выбора модели турбулентности на качество моделирования имитации топливно-воздушного аэрозоля были выполнены три серии расчётных исследований для наиболее популярных RANS моделей: модель Спаларта-Аллараса, модели семейства $k-\epsilon$ с различными приближениями для разрешения в пристеночной области, модели семейства $k-\omega$. В первой серии расчётов рассматривалась стационарная постановка для моделирования аэродинамики совместно с моделью дискретной фазы также в стационарной постановке. Вторая серия расчётов была проведена при задании имитации распыла в нестационарной постановке. Для третьей серии было проведено моделирование в нестационарной постановке как для капель, так и для аэродинамики при фиксированном и одинаковом для всех моделей шаге по времени.

Анализ моделей проводился на основе распределения капель на определенном расстоянии от выхода из фронтного устройства: на 30 мм, 60 мм и 120 мм. Для нестационарных постановок распределение капель было проанализировано для нескольких положений во времени: для 0,1 сек, 0,5 сек, 1 сек и 5 сек. Было получено, что модель Ментера $k-\omega$ SST наиболее точно моделирует имитацию аэрозоля во всех трех

постановках. Модель Спаларга-Аллмараса также демонстрирует приемлемое качество. Результаты численных исследований подтверждают, что выбор модели турбулентности имеет решающее значение при моделировании имитации распыла жидкого топлива в виде отдельных капель не в зависимости от постановки расчётного исследования.

Список использованных источников:

1. А.М. Сипатов, В.Я. Модорский, А.В. Бабушкина. Расчетное исследование влияния аэродинамических параметров на характеристики распыла жидкой пленки // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. № 45, стр. 210-223, 2016.

2. Z. Jin, Z. Wang, C. Sun, F. Sun. Numerical simulation of evaporation and deformation of a single n heptane droplet under forced convective condition // Atomization and Sprays, 28 (12), pp. 1101–1122, 2018.

3. Ch. Liang, K.A. Feigl, F.X. Tanner, W.R. Case, E.J. Windhab. Three-dimensional simulations of drop deformation and breakup in air flow and comparisons with experimental observations // Atomization and Sprays, 28 (7), pp. 621–641, 2018.

Применение метода наименьших квадратов в баллистике для получения зависимости координаты от времени

Уланова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Якупов З.Я.

КНИТУ-КАИ, Казань

Актуальность темы исследования состоит в том, что для баллистики важно определять параметры движения в определенный момент времени. Для решения данной проблемы применяются различные методы, в том числе метод наименьших квадратов.

Начнём с того, что метод наименьших квадратов — это метод, при котором сумма квадратов отклонений некоторых функций от искомым переменных сводится к минимуму. Такой метод позволяет решать различного рода задачи: определение уравнения координаты центра масс летательного аппарата по её известным значениям в данные моменты времени, оценка вектора начальных условий интегрирования уравнений движения, уточнение начальных условий по результатам измерения наклонной дальности.

В данном исследовании рассмотрен алгоритм составления уравнения координаты в баллистике на основе метода наименьших квадратов по конкретным значениям координаты в дифференцированные моменты времени. Для решения поставленной задачи использовался полином третьей степени, коэффициенты которого искались посредством решения системы из четырех уравнений: для получения первого уравнения в полином вместо t подставлялась сумма всех дифференцированных моментов времени, возведенных в соответствующую степень, а в последующих трёх уравнениях увеличивали эти степени на 1, 2 и 3 соответственно (причем, увеличение степени происходило и там, где в первом уравнении стояла нулевая степень t). Подводя итог, отметим, что метод наименьших квадратов позволяет не только составить уравнение зависимости координаты от времени в баллистике, но и определить примерную координату в любой момент времени путём подстановки в найденное уравнение данного значения t . Однако точность значений координаты будет зависеть от степени полинома: чем выше данная степень, тем точнее будет данный результат.

Численное моделирование взаимодействия легкоплавкого топлива с потоком горячего газа

Усанов В.А.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Якуш С.Е.

ИПМех РАН, Москва

Важной характеристикой топлива, используемого в прямоточных воздушно-реактивных двигателях, является скорость регрессии (уноса), напрямую влияющая на рабочие характеристики двигателя (тягу, удельный импульс). В качестве топлив используются

различные полимеры, такие как полибутадиев с концевыми гидроксильными группами (НТРВ), полиметилметакрилат (ПММА, оргстекло) и другие. В настоящее время активно изучаются легкоплавкие виды топлив (например, парафин), скорость регрессии которого в 3–5 раз выше, чем у газифицирующихся твердых топлив. В легкоплавких топливах на основе парафина поступление горючего в зону реакции обуславливается не только газификацией топлива, но и массопереносом за счёт срыва и уноса капель расплавленного парафина потоком горячего газа.

В работе проведено численное моделирование плавления легкоплавкого твёрдого топлива под воздействием потока газа с температурой 1000 К. При моделировании учтены процессы нагрева топлива, его плавления и образования слоя расплава на твёрдой поверхности. Численная модель построена на основе системы уравнений с простой моделью эффективной вязкости, учитывающей турбулентность газового потока. При решении задачи использовался метод объёма жидкости (англ. Volume of fluid method, VOF) для моделирования фаз топлива и газа. По результатам расчётов была получена зависимость уменьшения толщины слоя твёрдого топлива от времени. Показано, что при увеличении скорости набегающего потока газа, выступающего в качестве окислителя, скорость уменьшения слоя топлива увеличивается.

Также были проведены исследования влияния неровностей на поверхности твёрдого топлива, которые характеризуют шероховатость и структурные особенности поверхности топлива. Расчёты показали, что наличие на поверхности повторяющихся выступов и углублений вызывает интенсификацию процесса тепло- и массообмена за счёт образования крупных вихрей в промежутках между ними. Наличие таких образований также увеличивает скорость регрессии топлива, что выражается в более быстром продвижении фронта плавления по заряду.

Список использованных источников:

1. S.A.Rashkovskii, S.E.Yakush. Numerical simulation of low-melting temperature solid fuel regression in hybrid rocket engines. *Acta Astronautica*, 2020, V. 176, P. 710-716;
2. G. Tryggvason, M. Sussman, M.Y. Hussaini Immersed boundary methods for fluid interfaces A. Prosperetti, G. Tryggvason (Eds.), *Computational Methods for Multiphase Flow*, Cambridge University Press, Cambridge, MA (2007), pp. 37-77.
3. R.I. Issa Solution of the implicitly discretised fluid flow equations by operator-splitting *J. Comput. Phys.*, 62 (1986), pp.40-65
4. J.H. Ferziger, M. Peric *Computational Methods for Fluid Dynamics* (third ed.), Springer, Berlin; Heidelberg; New York (2002), Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokyo
5. J. Blazek *Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications* (third ed.), Elsevier, Amsterdam, London, New York, Oxford, Paris, Shannon, Tokyo (2015).
6. F. Xiao, S. Li, C. Chen Revisit to the THINC scheme: a simple algebraic VOF algorithm *J. Comput. Phys.*, 230 (2011), pp. 7086-7092.

Вариант повышения безопасности контрольно-пропускных систем на основании статистических экспериментов

Шматок А.Н.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

Как известно, с целью предотвращения террористической опасности и опасности утечки секретной информации на предприятиях и других охраняемых объектах существует контрольно-пропускной режим для сотрудников и посетителей. Помимо постоянных пропусков с уникальными данными владельца пропуска, используются списки имен, находящихся на контрольно-пропускном пункте. Чаще всего эту систему используют для временных и однократных пропусков. Имея документ, удостоверяющий личность, человек сможет пройти на объект после сверки ФИО в документе и списке.

Такая система может быть уязвима, если фамилия, имя и отчество сильно распространены в регионе, где находится объект. Если данные в удостоверении личности совпадают со списком, то злоумышленник без видимого причинения вреда может пересечь границу объекта.

Цель работы заключается в том, чтобы усилить систему безопасности охраняемого объекта и сделать это наиболее оптимизированно. Для более распространенных имен в пропускной системе при оформлении пропуска следует указать дополнительный параметр личности (дата рождения, место регистрации или серия и номер документа). Не все сочетания фамилии, имя и отчества являются часто встречаемыми, поэтому для них указывать дополнительный параметр не требуется.

Для алгоритма, показывающего, необходимо ли указать дополнительный параметр личности при оформлении пропуска используется машинное обучение на языке Python 3.8 и библиотеки NumPy для математических подсчетов, Pandas для визуализации данных и SkLearn обучения математической модели. Этот алгоритм эффективнее остальных, т.к. он позволяет без аналитических подсчетов вывести закономерности, по которым будет приниматься решение, запрашивать ли дополнительный параметр личности. Это дает системе безопасности гибкость и позволяет работать в разных регионах с этническим составом и выборкой имен.

В работе алгоритм был проверен на примере выборки из списков о зачислении МАИ с 2017 по 2021 год. Он позволяет определить, какие сочетания фамилий, имен и отчеств самые популярные и найти людей, для которых нужно указывать дополнительный параметр при оформлении пропусков.

Список использованных источников:

1. Шайкевич А. Я. Русские личные имена XX в. (по материалам Загса Фрунзенского района г. Москвы) // Личные имена в прошлом, настоящем, будущем: проблемы антропоники — М.: 1970. — С. 84-90.
2. Никонов В. А. Ищем имя. — М.: Советская Россия, 1988.
3. Кулигина Я.А. Фамилии как предмет антропоники исследования. — Вестник Курганского государственного университета, Курган, 2014, С. 82-84.
4. Гимадиева Л. М., Красильников В. Н. Организация внутриобъектового и пропускного режима в публичном акционерном обществе // Молодой ученый. 2017. №23. С. 103-105.
5. О распределении студентов принятых на первый курс МАИ: Приложения к Приказу № 163/ст от 25.08.2017 г. // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Программные средства для моделирования многослойных структур с магниторезистивными свойствами

Щербаков В.С.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Абгарян К.К.

МАИ, Москва

Потребность в развитии цифровых устройств и интеллектуальных систем (высокоскоростной интернет, искусственный интеллект, дополненная реальность и пр.) в ближайшем будущем будет возрастать в геометрической прогрессии. Однако, их применение в нашей жизни будет значимым, если при обработке и анализе огромного количества поступающих данных будет возможность собирать, хранить и получать доступ к этим данным в любом объеме и когда это будет необходимо.

Одним из их наиболее перспективных направлений в развитии элементной базы вычислительной техники следующего поколения является создание магниторезистивной памяти, демонстрирующей надлежащую надежность сохранения данных, их высокую скорость записи и чтения, а также энергонезависимость. Главным преимуществом данного вида памяти должна стать ее универсальность, которая включает в себя высочайшую скорость обработки информации, энергонезависимость, и долговечность. Такие

характеристики обеспечивают магнитные свойства, благодаря которым возникает эффект гигантского магнитосопротивления, туннельное магнитосопротивление, а также спин-поляризованный ток. Каждый из перечисленных эффектов является основой для функционирования магниторезистивной памяти. В связи со всем вышеперечисленным, прогресс в развитии необходимых для этих целей технологий в области электроники (в частности, спинтроники) в значительной степени основан на разработке новых материалов и структур с требуемыми свойствами.

Для анализа данных структур и предсказания необходимых свойств таких материалов, в работе используется многомасштабное моделирование [1,2]. Данный подход позволяет рассматривать строение материалов на многих масштабах и выстраивать взаимосвязи между структурами и их свойствами.

Основным вопросом, рассмотренным в работе является создание программных средств для многомасштабного моделирования одного из наиболее перспективных материалов для разработки усовершенствованных спинтронных устройств — ферромолибдата стронция Sr₂FeMoO₆ (SFMO) [2].

Программные решения, применяемые в работе построены на базе многомасштабных подходов и теоретических исследований, представленных в работе [2]. При разработке учитывались технические детали реализации программного интерфейса для управления моделями нейроморфных вычислительных систем [3]. На данном этапе в работе применяется упрощенная модель, позволяющая рассчитывать структурные характеристики многослойных материалов, с учетом двух масштабных уровней: атомно-кристаллического и молекулярно-динамического. На атомарном уровне используется первопринципное квантово-механическое моделирование атомно-кристаллической структуры материалов слоев, включая интерфейсные, с применением пакета VASP [4]. На молекулярно-динамическом уровне применяется пакет прикладных программ Matlab — SpinW [5], предназначенный для моделирования магнитных структур и дисперсии спиновых волн в сложных магнитных системах и программное обеспечение [6] для расчета спектроскопических и магнитных свойств материалов — SPR-KRR.

Представлены технические детали реализации программных интерфейсов для управления разноуровневыми моделями и процессами передачи данных между ними, а также результаты моделирования двухслойного материала.

Список использованных источников:

1. Абгарян К.К. Многомасштабное моделирование в задачах структурного материаловедения. — М.: МАКС Пресс. 2017. 284 с
2. Абгарян К.К., Бажанов Д.И., Соболев Н.А. Многомасштабное моделирование многослойных наногетероструктур на основе ферромолибдата стронция. Материалы III международной конференции Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов. МММЭК–2021. 25–26 октября 2021 г., Москва, с. 53-57 <https://doi.org/10.29003/m2455.MMMSEC-2021>.
3. Щербаков В.С., Анализ технических деталей реализации программного и пользовательского интерфейсов для управления моделями нейроморфных вычислительных систем. Материалы III Международной конференции «Математическое моделирование в материаловедении электронных компонентов» МММЭК-2021. 25–26 октября. 2021 г., Москва, с. 34-37. <https://mmhs.frccsc.ru/conferences/mmmsec2021/files/mmmsec2021.pdf#page=35>
4. URL: www.vasp.at.
5. URL: <https://spinw.org>
6. URL: https://www.ebert.cup.uni-muenchen.de/old/index.php?option=com_content&view=article&id=8%3Asprkrk&catid=4%3Asoftware&Itemid=7&lang=en

Модификация моделей турбулентного горения обедненных предварительно подготовленных смесей с помощью концепции лидирующих точек

Якушкин Д.В., Новичкова С.С.

Научный руководитель — к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

Постоянное совершенствование рабочего процесса двигателей и энергетических установок требует непрерывного совершенствования методик их проектирования и доводки. Для снижения выбросов вредных веществ широкое применение получил метод сжигания бедных предварительно подготовленных смесей топлива с воздухом. Однако, данный метод имеет одну особенность: сужаются границы стабильной работы по срыву пламени. Стоит отметить, что проблема обеспечения бессрывного режима горения актуальна не только при сжигании бедных предварительно подготовленных смесей, но и для большинства технологий низкоэмиссионного горения. Для определения границы по бедному срыву пламени помимо экспериментальных исследований используются модели различного уровня. Для расчета процесса горения в настоящее время в большинстве случаев используется модель горения, предложенная Зимонтом [1] в сочетании с решением осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (RANS). Однако существующая реализация модели Зимонта имеет ряд недостатков, один из которых — занижение скорости пламени в обедненных смесях. Чтобы решить данную проблему была предложена концепция ведущих точек [2], в рамках которой предполагается, что распространение турбулентного пламени предварительно подготовленной смеси контролируется ведущими ядрами (точками) пламени, которые дальше продвигаются в свежие реагенты. Данная модель хорошо зарекомендовала себя в теоретическом плане, но требует всесторонней проверки для RANS-моделирования.

В связи с вышеизложенным актуальной является задача применения концепции лидирующих точек совместно с существующими моделями турбулентного горения, анализ полученных результатов и сравнение с традиционной моделью Зимонта.

Список использованных источников:

1. Zimont V.L. Gas premixed combustion at high turbulence. Turbulent flame closure combustion model. Experimental Thermal and Fluid Science, 2000. — 8 с.

2. Verma S., Monnier F., Lipatnikov A.N. Validation of leading point concept in RANS simulations of highly turbulent lean syngas-air flames with well-pronounced diffusional-thermaleffects. International journal of hydrogen energy, 2021. — 11 с.

Проектирование и разработка камеры сгорания малоразмерной газотурбинной установки мощностью 30 кВт

для нужд распределенной энергетики

Ястребов В.В., Якушкин Д.В.

Научный руководитель — к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

Работа посвящена созданию малоразмерной газотурбинной установки мощностью 30 кВт для нужд распределенной энергетики.

К разработке, проектированию и экспериментальным исследованиям нового поколения многотопливных микротурбинных систем прилагаются большие усилия в рамках международных проектов, несмотря на нарастающую тенденцию перехода к возобновляемым источникам энергии. Ожидается, что применение передовых технологий проектирования и производства позволит создавать микрогазотурбинные приводы для энергоустановок, которые будут более экологичными, энергоэффективными, надежными, долговечными, а также более экономически выгодными в эксплуатации по сравнению с представленными на рынке. Это обуславливает актуальность исследований в данном направлении. Тем более, что в условиях нарастающего спроса на малоразмерные

газотурбинные двигатели в нашей стране наблюдается отставание в области таких разработок.

При проектировании камеры сгорания (КС) для МГТД был проведён краткий обзор по существующим конструктивным решениям с целью получить более полное представление об организации рабочего процесса в камерах сгорания малоразмерных двигателей для энергоустановок. Из рассмотренных установок, наиболее подходящей под технические задания прототипа была установка Capstone C30 [1].

На первом этапе проектирования КС для энергетической установки были рассчитаны основные геометрические размеры и интегральные параметры, а также проведено сравнение со статистическими зависимостями по КС данной размерности [2].

Были определены объём жаровой трубы, время пребывания в жаровой трубе, параметр форсирования, объёмная теплонапряжённость, коэффициент полноты сгорания.

Далее, при сохранении объёма жаровой трубы, были определены её геометрические размеры. В первом приближении учтены габариты прототипа, а затем проводилось формирование размеров исходя из взаимного расположения узлов и компоновки МГТД.

Затем, исходя из потерь полного давления в КС, высчитывалась суммарная эффективная и геометрическая площади отверстий в ЖТ (принимая что коэффициент расхода $\mu=0,8$).

На следующем этапе вся площадь отверстий распределяется по длине жаровой трубы и по фронтальному устройству для обеспечения заданного закона распределения воздуха по длине жаровой трубы.

Нужно отметить, что в ходе проектирования объём жаровой трубы был изменен относительно статистической величины в большую сторону с целью уменьшения значений теплонапряжённости камеры сгорания.

Для первого варианта было принято решение сделать три инжектора, основываясь на конструкции прототипа. Однако в следующих вариантах для улучшения показателей окружной неравномерности температуры на выходе из КС и улучшения теплового состояния стенок ЖТ количество форкамер было увеличено до четырёх штук.

При расчёте в трёхмерной постановке были использованы следующие модели: модель турбулентности — Reynolds Stress Model; пристеночная функция — Scalable; модель горения — Partially Premixed Combustion; Flamelet, PDF; кинематический механизм — GRI 3.0; окислитель воздух — $O_2=21\%$, $N_2=79\%$, $T_k=819,73K$; топливо — $CH_4=100\%$, $T_T=300K$.

Для характерных сечений были рассчитаны значения эффективных площадей для каждого участка, значения коэффициента избытка воздуха и параметры потока такие как температура, скорость и расход воздуха

Было рассчитано 5 вариантов конструкции первая компоновка имеет 3 горелочных устройства внутренним диаметром 10 мм

После проведения предварительных расчётов было принято решение увеличить их число до 4 и добавить отверстия охлаждения. В третьем варианте был увеличен внутренний диаметр горелочного устройства до 15 мм. В четвёртом варианте была увеличена общая площадь отверстий и количество рядов отверстий. В пятом варианте горелочное устройство было смещено дальше от оси КС. Добавление рядов отверстий охлаждения на фронтальную стенку жаровой трубы и изменение числа горелочных устройств привело к уменьшению потерь полного давления и снижению максимальной неравномерности температурного поля.

Получены данные, использовались для уточнения проекта энергоустановки и дальнейшей его проработки с учетом технологических ограничений. Далее планируется переход к изготовлению макета газотурбинного привода, опытных деталей и узлов, поузловые испытания, реализации систем энергоустановки.

Список использованных источников:

1. Газотурбинные электроагрегаты C30 [Текст]: руководство по эксплуатации. — ВРС Group. — БПЦЭ.410012.РЭ.
2. Ланский, А.М. Рабочий процесс камер сгорания малоразмерных ГТД [Текст] / А.М. Ланский, С.В. Лукачёв, С.Г. Матеев, О.В. Коломзаров, С.С. Матеев — Самара: Самарский университет, 2016.

Секция №7.3 Теоретическая механика и дифференциальные уравнения

Введение локальных координат в задаче исследования устойчивости плоских вращений динамически-симметричного спутника на круговой орбите

Базыльникова Е.Р.

Научный руководитель — доцент, Чекина Е.А.

МАИ, Москва

Рассмотрим движения спутника относительно его центра масс. Мы полагаем, что спутник является динамически симметричным твердым телом и его центр масс O движется по круговой орбите. Ориентация спутника относительно орбитальной системы координат будет определяться углами Эйлера ψ , θ , ϕ . Гамильтониан данной системы известен [1]. Циклическая координата - угол ϕ , следовательно P_ϕ будет интегралом движения системы и в рассматриваемом плоском движении системы будет равен нулю. В работе рассматриваются плоские движения (а именно вращения), которые реализуются, если угол $\theta = \pi/2$, соответствующий ему импульс равен нулю, а изменения переменных ψ и P_ψ описываются каноническими уравнениями с гамильтонианом, приведенным в [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 требуется разложение гамильтониана 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 воспользуемся новым методом введения локальных координат, представленным в [2]. Данный метод позволит получить разложение гамильтониана в ряд до шестой степени включительно, что в дальнейшем позволит провести исследование устойчивости плоских вращений в неисследованных ранее случаях.

Список использованных 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. 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
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. Fís.-Quím. Nat. Zaragoza, 25 (2004), pp. 59–70.

Создание интерактивной системы ресурсного планирования

Брысов А.Д.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

Глобализация и стремительное развитие технологий внесли серьезные коррективы в нашу жизнь. Современный мир плотно соприкасается с виртуальной средой, а гаджеты стали неотъемлемой частью во многих повседневных делах, будь то работа, учеба или досуг. Все это дает возможность качественно упростить ряд задач, решение которых раньше могло бы вызвать большие затруднения или как минимум занять существенное количество времени.

Цель данного проекта состоит в создании сервиса для студентов и сотрудников Московского авиационного института, позволяющего быстро и удобно отслеживать занятость аудиторий в реальном времени путем взаимодействия с интерактивной картой, а также предоставляющего возможность резервирования свободных кабинетов для проведения элективных занятий, мероприятий или совместного обучения (co-working).

Описанный сервис представляет из себя веб-приложение, написанное на языке программирования C# версии 9.0 (платформа .NET 5.0) [1] с использованием клиентской платформы веб-интерфейса Blazor [2].

Особенностью данного приложения является почти полная обособленность от других сервисов МАИ. Исключением составляет лишь сбор информации о полном расписании на официальном сайте института. На основании полученных данных происходит анализ текущего состояния аудиторий и отрисовка интерактивной карты. Отслеживание статуса каждого кабинета в реальном времени дает пользователям возможность быстро и удобно узнать информацию о необходимом помещении. Дополнительное меню позволяет получить более полное описание интересующей аудитории. Если возможности и желания пользователя совпадают, то, в таком случае, он может осуществить резервирование нужного кабинета. Разумеется, доступ к подобному сервису может получить только авторизованное лицо, поэтому каждый пользователь в обязательном порядке проходит первичную регистрацию.

Таким образом, данный проект призван облегчить работу с аудиториями в учебное время с помощью автоматизации процесса отслеживания их статуса и резервирования.

Список использованных источников:

1. Албахари, Д. C# 9.0. Справочник. Полное описание языка.: Пер. с англ. — СПб.: ООО «Диалектика», 2021. — 1056 с.
2. Рот, Д. Blazor для разработчиков ASP.NET Web Forms [Электронный ресурс] / Д. Рот, Д. Фриц, Т. Саусвик, Э. Скотт, С. Смит. — URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/architecture/blazor-for-web-forms-developers>

Об управлении движением космического аппарата с солнечным парусом на леерной связи

Васькова В.С.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Родников А.В.
МАИ, Москва

Космические миссии в дальнем космосе могут потребовать эффективной и энергонезависимой транспортировки грузов между тяжелыми гелиоцентрическими орбитальными станциями. Одним из возможных решений этой технической задачи может быть система, состоящая из троса, соединяющего станции [1], и космического аппарата, оснащенного солнечным парусом [2]. В настоящей работе ставится задача анализа возможности такой транспортировки для станций, движущихся по одной гелиоцентрической орбите, сравнительно на небольшом расстоянии друг от друга. При этом считается, что парус является идеальной отражающей плоскостью, а трос принимается идеальной леерной связью, обеспечивающей движение по поверхности некоторого эллипсоида вращения с фокусами в точках закрепления концов троса. Уравнения движения и условия нахождения на связи выводятся как обобщение уравнений из [3, 4]. Проводится анализ возможности перемещения аппарата между станциями при простейших законах управления парусом, в частности, для паруса, постоянно ориентированного по отношению к направлению солнечных лучей. Кроме того, указываются некоторые ситуации, когда уравнения движения могут быть полностью проинтегрированы, проводится геометрический анализ получающихся решений.

Список использованных источников:

1. Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем. М.: Наука, 1990. 336 с.
2. Поляхова Е.Н. Космический полет с солнечным парусом. М.: Либроком, 2011. 320 с.
3. A. V. Rodnikov. Pendulum Motions of a Spacecraft Equipped with a Solar Sail and Tethered to a Heliocentric Space Station. // 15th International Conference on Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems (Pyatnitskiy's Conference) (STAB), 2020, pp. 1-3, doi: 10.1109/STAB49150.2020.9140618.
4. Rodnikov A.V. On relative motions via a solar sail// AIP Conference Proceedings 2318, 110020 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0035755>.

Численное моделирование протекания капли воды между двумя неподвижными нитями

Гневушев А.А.

Научный руководитель — профессор, к.ф.-м.н. Пунтус А.А.

МАИ, Москва

В данной работе с помощью приложения для геометрического моделирования *ansys design modeler* и программы для моделирования течений жидкостей и газов *ansys fluent* было численно исследовано протекание капли воды определённого диаметра, движущейся в воздушной среде, между двумя неподвижными твёрдыми нитями меньшего по отношению к капле каждая. Динамика капли воды рассматривалась в некоторой прямоугольной области. При этом эксперимент состоял в том, что в начальный момент времени капля воды находилась на определённом расстоянии от нитей. В данной модели сила тяжести была направлена вдоль оси симметрии, проходящей ровно через середину капли.

В период исследования скорости капли были рассмотрены в определённом заданном диапазоне. При этом задавались также определённые граничные условия, а именно на верхней границе определённая постоянная скорость, на нижней границе — величина давления, на левой горизонтальной стенке условия симметрии потока, при этом правая горизонтальная стенка была осью симметрии области. Угол смачивания нити задавался прямым.

Математическая модель исследования основана на численном решении системы двумерных нестационарных уравнений Навье-Стокса для двухфазной системы «газ-жидкость».

В итоге проделанного исследования была получена яркая анимация протекания капли воды между двумя неподвижными нитями. Результаты моделирования показали, что возможны различные сценарии взаимодействия капли и нитей, зависящие от скорости капли, такие как захват капли двумя нитями, распад капли на две части и проход капли насквозь. К основным результатам данной работы можно отнести создание проекта *ansys*, то есть формирование соответствующей универсальной программной системы конечно-элементного (МКЭ) анализа задач механики жидкости.

Моделирование движения маятника на подвижной двухколёсной платформе

Дорофеев С.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

В работе моделируется система с двумя степенями свободы в однородном поле тяжести: твёрдое тело установлено на двухколёсной платформе, по устройству и принципу работы аналогичной гироскутеру. Механическая платформа оснащена двигателем и может перемещаться вдоль горизонтальной оси. Помимо сил тяжести на систему действуют силы аэродинамического сопротивления и трения.

В пакете *Maple* была построена математическая модель системы в виде уравнений Лагранжа II рода, записанных в нормальной форме Коши. Логика алгоритма движения написана на языке *C#*, а за отрисовку интерфейса и визуализацию отвечает платформа *Unity*. С помощью средств физического движка и библиотеки *MathNet* полученные дифференциальные уравнения численно интегрируются методом Рунге-Кутты 4 порядка, а положение системы покадрово отрисовывается.

Разработанное ПО позволяет взаимодействовать с механической системой: запускать симуляцию при различных вводимых давлении в шинах, размере колёс, коэффициенты лобового сопротивления, массе груза и других параметрах. Для более наглядной демонстрации движения камера подвижна и поддерживает свободное управление и переключение между абсолютной и относительной системами координат.

Особое внимание уделяется режиму движения, при котором груз отклонен от вертикали на фиксированный угол, центр тяжести тела находится над платформой, а колёса вращаются

с постоянной угловой скоростью. Исследование такого перемещения показало, что система неустойчива по первому приближению. Ошибка арифметики с плавающей точкой и погрешность численных методов выводят модель из состояния равновесия. Следующим шагом построено линейное управление, которое стабилизирует решение. Сначала для поиска оптимального угла отклонения и начального момента двигателя в линеаризованной системе уравнений используется метод Ньютона, затем момент корректируется в соответствии с малыми отклонениями груза от положения равновесия.

Список использованных источников:

1. Маркеев А. П. Теоретическая механика: Учебник для университетов. — Москва: ЧеРо, 1999, 572 с.
2. Unity user manual [Электронный ресурс] <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

Исследование периодических движений механической системы средствами интегрированной среды разработки компьютерных игр unity

Мазилин А.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

Предметом исследования является пространственный звеньевой механизм с двумя степенями свободы. Механизм содержит стойку, стержень и маятник, соединенные между собой цилиндрическими шарнирами. Стержень горизонтально закреплен на вертикальной стойке и вращается вокруг неподвижной вертикальной оси. Маятник, в свою очередь, вращается вокруг движущегося горизонтального стержня.

Целью данной работы является исследование модели, поиск периодических движений, их анализ и моделирование в интеграционной среде разработки игр Unity с использованием встроенного физического движка PhysX.

Изначально, интегрированная среда разработки Unity предназначена для создания компьютерных игр, но возможности встроенного физического движка PhysX от NVIDIA позволяют моделировать движение довольно сложных систем под действием различных сил и рассчитывать механическое воздействие предметов друг на друга. В данной работе предлагается построить математическую модель звеньевого пространственного механизма, найти численно возможные периодические решения и попытаться смоделировать их в Unity с использованием физического движка.

В работе получена математическая модель движения системы, основанная на уравнениях Лагранжа второго рода. Первоначальная система содержит две степени свободы, но одна из координат (задающая положение горизонтального стержня) является циклической и, таким образом, она сводится к системе с одной степенью свободы. Система имеет периодические решения, некоторые из которых были выбраны для моделирования в Unity. В работе проведено качественное сравнение выбранных движений, рассчитанных с помощью физического движка и математической модели.

Моделирование и исследование различных режимов движения тела с подвижной внутренней массой по наклонной плоскости

Макаров К.Д.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Бардин Б.С.

МАИ, Москва

Рассматривается механическая система, состоящая из твёрдого тела (корпуса), покоящегося на наклонной шероховатой поверхности (опорной плоскости), и внутренней массы. Внутренняя масса вращается внутри тела в вертикальной плоскости, центр вращения находится в центре масс тела. При определённых значениях параметров тела и окружающей среды такое вращение внутренней массы приводит тело к движению из состояния покоя.

Исследование характера подобного движения интересно не только с теоритической точки зрения, оно также применимо на практике — для конструирования мобильных устройств (вибрационных роботов), движущихся за счёт перемещения внутренних масс. Такие устройства могут не иметь внешних движителей, иметь любой форм-фактор и быть устойчивыми к совершенно разным условиям окружающей среды, что делает возможности их применения очень обширными.

Ранее движение указанной механической системы было исследовано в [1-3], где рассматривались все возможные режимы движения корпуса по горизонтальной плоскости в предположении, что на тело действует сила сухого кулонова трения [1, 2], или же сила вязкого трения [3]. Анизотропное движение тела, перемещающегося посредством вращения внутренней массы, было впервые описано в [4].

Установлено, что движение такого рода при отсутствии внешних факторов неизбежно приобретает периодический характер, тело начинает двигаться в периодическом режиме.

Целью данной работы является исследование и моделирование различных типов и областей движения тела, а также детальное исследование выхода тела на периодические режимы движения. Разработанные алгоритмы моделирования предполагают, что корпус движется без отрыва от поверхности, а его начальная скорость может иметь произвольное значение. Программное обеспечение, созданное на основе разработанных алгоритмов в ходе работы, даёт возможность численно и визуально моделировать движение тела на основе выбираемых пользователем параметров — скорости в начальный момент движения, угла наклона поверхности, габаритов и массы корпуса и внутренней подвижной точки, коэффициентов сухого анизотропного трения. Данное ПО позволяет классифицировать различные режимы движения на основе параметров тела и окружающей его среды с целью выбора оптимальных параметров тела и движения тела.

Список использованных источников:

1. Bardin B.S., Panev A.S. On dynamics of a rigid body moving on a horizontal plane by means of motion of an internal particle — *Vibroengineering PROCEDIA*, 2016, Vol. 8. pp 135 — 141.
2. Bardin B.S., Panev A. S., On the Motion of a Body with a Moving Internal Mass on a Rough Horizontal Plane, *Rus. J. Nonlin. Dyn.*, 2018, Vol. 14, no. 4, pp. 519-542.
3. Бардин Б.С., Панёв А.С. О поступательном прямолинейном движении твердого тела, несущего подвижную внутреннюю массу, *Современная математика. Фундаментальные направления*. 2019, Т. 65, № 4, С. 557–592.
4. Bardin B.S. and Rachkov A. On periodic motions of a body with an internal moving mass on a rough horizontal plane in the case of anisotropic friction — *Journal of Physics: Conference Series*, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1959 012005

Анализ областей вариации кинетического момента, реализуемого гиросистемой при управлении вращательным движением КА

Мартыненко Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Игнатов А.И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В качестве исполнительных органов (ИО) для большинства современных космических аппаратов (КА) в случае управления их вращательным движением используются гироскопические исполнительные органы. Задача численного построения области вариации кинетического момента, создаваемого ИО, носит прикладной характер. В данной работе проведен анализ конфигурации «шестиугольная пирамида» в случае, когда ИО гиросистемы являются безупорные двухстепенные гироскопы (гиродины). Движение КА рассматривается в режиме поддержания заданной ориентации. Область создаваемых значений кинетического момента показывает управляющие возможности в том или ином направлении [3].

Схема «шестиугольная пирамида» подразумевает расположение осей прецессии параллельно боковым ребрам пирамиды.

Несмотря на сложность в управлении, гиродины широко применяются при стабилизации КА. Зададимся жестко связанной с КА системой координат. В этой системе координат искомая область P является замкнутой поверхностью сложной формы [4, 5].

Область создаваемых значений кинетического момента является областью в трехмерном пространстве. Суммарный вектор кинетического момента является функцией времени, соответственно, там, где он не принадлежит области P , управление КА становится невозможным. Представим вектор кинетического момента в скалярном виде, тогда будет задано преобразование n -мерного пространства в трехмерное. Составим матрицу Якоби из частных производных функций преобразования, ее размер будет 3×6 . Существуют такие аргументы функции, для которых якобиан J меньше трех. Такие точки называют особыми [2].

Вариации вектора кинетического момента в случае $J < 3$ принадлежат одной плоскости, и вектор, ортогональный этой плоскости, назовем сингулярным. Особые точки в общем случае образуют поверхности. Плоскость, в которой лежат вариации кинетического момента, является касательной к данной поверхности.

Предположим, что гиросистема должна реализовать некую гладкую функцию. Тогда особую точку называют проходимой, если движение, отвечающее особому значению, существует и может быть выполнено. В общем случае оно не гладкое. Обратное, для непроходимой точки области P движение не может быть выполнено технически. Исследование области кинетического момента позволяет строить законы управления, позволяющие обойти особые непроходимые точки. Для любой конфигурации внешняя поверхность области P является непроходимой. Для схемы «шестиугольная пирамида» область обладает центральной симметрией и зеркальной симметрией для плоскостей сечения, соответствующих постоянному значению кинетического момента [1]. Поверхность имеет двенадцать впадин, с которыми изнутри сопрягается особая поверхность P^* . Представлены сечения, внешняя и внутренняя сингулярные поверхности. В случае выхода из строя любого из гиродинов число впадин на поверхности P уменьшится с двенадцати до десяти. При этом внутри возникнут дополнительные непроходимые области. Они являются изолированными от внутренней структуры и не соприкасаются с поверхностью. Их появление объясняется нехваткой коллинеарной пары i -го гиродин. Построение сингулярных поверхностей P^* было выполнено методом продолжения по параметру. Его основным преимуществом является непрерывное построение совокупностей особых точек. Кроме того, если известны несколько точек искомой кривой, то последующие могут быть найдены с более высокой точностью. Поиск сингулярных точек может быть также выполнен методом перебора, однако ввиду нетривиальности решения задачи метод продолжения по параметру является более рациональным. Так как анализируемая система нелинейных уравнений является неопределенной, то для отыскания единственного решения потребуем, чтобы оно имело минимальную евклидову норму. Чтобы найти решение, применим сингулярное разложение матрицы системы. Найденное решение сравнивается с некоторым параметром, характеризующим точность решения. Если модуль полученного решения не превышает параметра, то переходим к нахождению следующей точки кривой.

Таким образом, в данной работе были численно построены области вариации создаваемого кинетического момента гиросистемы. Изменение кинетического момента является важным критерием при составлении законов управления, задача анализа полученных областей имеет прикладной характер [1].

Список использованных источников:

1. Васильев В.Н. Системы ориентации космических аппаратов. М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. 310 с.
2. Игнатов А.И., Сазонов В.В. Исследование особых поверхностей систем безупорных гиродинов методом продолжения по параметру // Космические исследования, 2009 г., том 47, №4, с. 355-362.
3. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1974. 600 с.

4. Сомов Е.И. Топологический анализ сингулярных состояний и синтез явных законов настройки силовых гироскопических кратных схем // Самарский научный центр РАН, 2009.

5. Токарь Е.Н., Платонов В.Н. Исследование особых поверхностей систем безупорных гиридинов // Космические исследования, т. XVI, выпуск 5, 1978.

Разработка программы для моделирования и дальнейшего исследования плоского движения твердого тела

Москалено С.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В современное время использование цифровых технологий стало повсеместным, в том числе и в обучении. Особенно это актуально в теоретической механике, где изучается движение различных твердых тел и их систем. В данной работе разрабатывается прикладное программное обеспечение, с помощью которого можно будет не только узнать, как решать задачи по теме «Поступательное и вращательное движения твердого тела», но и наглядно увидеть, как эти движения реализуются в сложных механизмах. За основу взято задание К.2 из сборника курсовых работ [1]. Кроме того, приложение предлагает пользователю составить свой механизм из тривиальных объектов по определенному правилу так, чтобы элементы данного механизма в итоге двигались по изучаемым законам. Для создания приложения был использован один из известных и популярных игровых движков межплатформенной среды разработки игр, приложений, визуализаций математических моделей Unity [3,4] с использованием современного объектно-ориентированного и типобезопасного языка программирования C# [2]. Было реализовано создание тривиальных объектов с помощью процедурной генерации меша. Также был создан интерфейс для пользователя, чтобы было удобно выбирать разделы такие как обучение, песочница, где можно создавать задачи для тестирования, например, учеников. Был написан код, который вычисляет вращательное движение наших объектов, даёт возможность задать угловую скорость или значение скорости точки на ободу диска, информирует пользователя о данных, таких как угловая скорость, радиус объекта. В дальнейшем планируется генерирование механизма по количеству вводимых объектов пользователя.

Список использованных источников:

1. Яблонский. А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учебное пособие для технических вузов. 5-е изд., исправленное — М.: Интеграл-Пресс, 2000. — 384 с.

2. Стиллмен Э., Грин Дж. Изучаем C#. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2014. — 816 с.: ил. — (Серия «Head First O'Reilly»).

3. Бонд Джереми Гибсон. Unity и C#. Геймдев от идеи до реализации. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2019. — 928 с.: ил. — (Серия «Для профессионалов»)

4. Мэннинг Д., Батфилд-Эддисон П. Unity для разработчика. Мобильные мультиплатформенные игры. — СПб.: Питер, 2018. — 304 с.

Сравнительный анализ эффективности использования жидкостных ракетных двигателей малой тяги и ионных двигателей в системах ориентации космических аппаратов

Романенко А.В., Луценко Е.А.

Научный руководитель — Пикалов Р.С.

Самарский университет, Самара

Ионные двигатели являются перспективной технологией для применения их в задачах космонавтики. Однако на многих космических аппаратах (КА) сегодня используются жидкостные двигатели [1], как для взлета с поверхности Земли, так и для маневрирования в космосе. Между тем ионные двигатели имеют ряд преимуществ, таких как малый расход топлива и высокая продолжительность работы [2].

В представленной работе проведен сравнительный анализ эффективности использования жидкостных ракетных и ионных двигателей в задачах ориентирования КА. Цель работы состоит в оценке преимуществ и недостатков ионных и жидкостных ракетных двигателей малой тяги.

При выполнении работы были выполнены следующие задачи:

– предложена упрощенная плоская модель, описывающая ориентационное движение КА. Космический аппарат был принят за твердый тонкостенный цилиндр. В модели учтена возможность использования разных типов двигателей;

– с помощью полученной модели были проведены серии численных экспериментов для различных углов поворота КА;

– рассчитано время совершения маневров и затраты топлива на каждый из них;

– проведен анализ полученных данных, построены графики, описывающие зависимость угла поворота КА от времени.

На основании полученных результатов были сделаны следующие выводы: использование ионных двигателей в задачах ориентирования увеличивает время совершения маневра, по сравнению с поворотом при помощи жидкостных ракетных двигателей, однако существенно сокращает расход топлива, а также облегчает управление КА. Это позволит увеличить количество полезной нагрузки, перевозимой крупногабаритными КА и уменьшить расходы на эксплуатацию КА.

Список использованных источников:

1. Агеенко Ю. И., Минашин А. Г., Пиунов В. Ю., Селезнев Е. П., Лебедев Ф. М., Петрикевич Б. Б. Жидкостный ракетный двигатель малой тяги для системы причаливания и ориентации пилотируемого космического корабля "Союз" // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. сер. Машиностроение. 2006. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkostnyy-raketnyy-dvigatel-maloy-tyagi-dlya-sistemy-prichalivaniya-i-orientatsii-pilotiruемого-kosmcheskogo-korablya-soyuz>.

2. Тимохович А.С., Савык А.Я. ИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. №14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ionnye-dvigateli>.

Детекция оружия в реальном времени нейросетевыми методами для задач обеспечения безопасности и разведки

Рябыкин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Сухов Е.А.

МАИ, Москва

Автоматизация, частичная или полная, детекции оружия является актуальной проблемой как в следствие роста числа вооруженных нападений, актов терроризма и экстремизма, так и в качестве потенциального приложения в разведывательных миссиях. Задача детекции объектов занимает одно из ключевых мест в области компьютерного зрения. В статье [1] разобраны подходы использования сверточных нейронных сетей для задачи многоклассовой классификации объектов на изображении, кроме того, разобраны основные фреймворки для обучения, валидации и тестирования моделей. Более детально рассмотрен процесс обучения сверточной нейронной сети ImageNet в статье [2], в которой применены технологии аугментации тренировочных данных и Dropout слои. Статья [3] рассматривает задачу сегментации оружия на изображениях двухэтапными и одноэтапными методами: Faster R-CNN, RCNN, SSD с предобученными моделями VGG-16 и Inception V2 в качестве backbone для архитектур. Более подробный обзор моделей для выделения карт признаков для последующих классификаций или сегментаций приведен в статье [4]. В данной работе задача детекции редуцирована к задаче бинарной классификации, а именно, наличия или отсутствия оружия в кадре реального времени. В результате исследования были использованы технологии Fine Tuning (дообучение предварительно обученных моделей) и ансамблирование моделей. Результатом является усредненное предсказание моделей машинного обучения Random Forest, SVM, CatBoost, в которые подавались карты признаков с одного из дообученных слоев моделей ResNet101, ResNet152 и DenseNet. При фиксации наличия оружия реализована отправка сигнала в Telegram.

Исследование устойчивости плоских колебаний динамически симметричного спутника на круговой орбите

Савельева В.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В данной работе исследуется плоское движение твердого тела — динамически симметричного спутника относительно центра масс на круговой орбите. В разряд плоских периодических движений могут входить как плоские колебания, так и плоские вращения. В данной работе рассматривается первый случай — устойчивость плоских колебаний.

Устойчивость рассматриваемых движений была исследована в статье [1] практически полностью: были построены границы устойчивости в линейном приближении и внутри найденных областей устойчивости был проведен строгий нелинейный анализ везде за исключением кривых вырождения, где для анализа устойчивости необходимо разложение гамильтониана до шестой степени включительно. В переменных действие-угол, посредством которых производились расчеты в статье [1], это было сделать неудобно. В данной работе использован новый метод введения локальных координат, предложенный в статье [2], который позволяет упростить разложение гамильтониана до шестой степени. Для проверки метода было повторено исследование работы [1], все вычисления осуществлены при помощи программного пакета Maple. Сравнительный анализ полученных результатов показал работоспособность метода введения локальных координат. Также было проведено исследование устойчивости для неисследованных ранее значений параметров задачи.

Список использованных источников:

1. Anatoliy P. Markeev, Boris S. Bardin. On the stability of planar oscillations and rotations of a satellite in a circular orbit. // *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* — 2003. — Vol.85, No.1. P.51-66.
2. 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. // *Rus. J. Nonlin. Dyn.* — 2020. — Vol. 16, No.4. P. 581-594.

Дополненное решение задачи о температурной деформации упругой полосы

Хоа Ван Донг

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Зверьяев Е.М.

МАИ, Москва

Речь идет об изучении метода Сен-Венана – Пикара – Банаха интегрирования уравнений теории упругости тонкостенных систем и развитии его применения. Метод позволяет получить аналитическое решение для моделей, сопоставимых с классическими балкой, пластиной, оболочкой. Задача решается в пространственной постановке на уравнениях теории упругости без введения представлений об интегральных силовых факторах. Гипотеза о виде искомых функций по высоте сечения также напрямую не вводится.

Исходная система преобразуется к виду, выражающему каждую из искомых величин задачи через набор остальных и произволы интегрирования, которые не зависят от координаты, направленной по высоте тела. Положив несколько из произволов интегрирования в качестве начального приближения соответствующих искомых величин, получаем оператор, генерирующий итерационно выражения для неизвестных задачи, как функций произволов интегрирования. С каждым циклом интегрирования эти выражения расширяются — последовательно увеличивается количество и порядок дифференциальных и интегральных членов, что делает процесс сходным с методом последовательных приближений. Зависимость от координаты высоты вследствие выбора начального приближения выстраивается в виде полиномиального ряда, коэффициенты которого включают выражения от произволов интегрирования и нагрузки (в рассматриваемом случае).

Основные неизвестные задачи — произволы интегрирования, — определяются при выполнении граничных условий на лицевых сторонах полосы. Система обыкновенных дифференциальных уравнений распадается на две независимые, условно отвечающие задачам изгиба и растяжения-сжатия. Решение ищется аналитически с помощью аппарата асимптотик по параметру тонкостенности и взаимных подстановок. Константы интегрирования находятся при выполнении условий на торцах полосы.

На данном этапе исследование дополнено рассмотрением следующего цикла интегрирования. Определен полный набор неизвестных задачи и проведено сопоставление результатов с расчетом по методу конечных элементов.

Разработка программного обеспечения для визуализации и исследования движения твердого тела, имеющего неподвижную точку

Цатурян Д.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

Некоторые студенты испытывают затруднения при решении задач по теоретической механике, поскольку движение механизмов бывает достаточно сложным, а в учебнике предлагаются лишь статичные иллюстрации или вовсе текстовые описания задач. Особенно такие затруднения возникают в пространственных задачах, в частности из раздела «Кинематика движения тела вокруг неподвижной точки» [1].

В настоящее время существует большое количество прикладных программ, позволяющих проводить моделирование в том числе упомянутых задач. В среде разработки Unity есть возможность смоделировать ряд задач из теоретической механики. Преимущество Unity состоит в наличии визуальной среды разработки и межплатформенной поддержки. Данная среда разработки имеет простой Drag&Drop интерфейс, который легко настраивать, состоит из различных окон, благодаря которым можно производить отладку программы прямо в редакторе. Движок поддерживает объектно-ориентированный язык программирования C#. Расчёты физики производит физический движок PhysX от NVIDIA. Unity поддерживает физику твёрдых тел и ткани [3, 4].

Целью работы является создание приложения для обучения, а также для тренировки решения задач раздела теоретической механики «Движение тела вокруг неподвижной точки». Такой инструмент дает возможность смоделировать 2D-иллюстрацию, а также рассмотреть ее с разных ракурсов и понять, как происходит движение, какие точки взаимодействуют и т.д.

Приложение состоит из двух разделов. Первый раздел отвечает за обучение, а именно, там содержится необходимая теория для решения задач данного типа [2]. Второй раздел содержит в себе подборку задач, которые предлагаются студентам для решения. Каждая из задач состоит из необходимых подсказок, наводящих вопросов и моделей тел, фигурирующих в условии. В перспективе добавление задач по уровням и создание третьего раздела, где студент сможет создать механическую систему, которая осуществляет сферическое движение. Наглядная визуализация неплоской задачи поможет лучше понять, как происходит движение тела.

Список использованных источников:

1. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. изд. — Высшая школа; Москва, 1985. — 363 с.
2. Маркеев А. П. Теоретическая механика: Учебник для университетов. 3-е изд. — М.; Ижевск: РХД, 2007. — 592 с.
3. Хокинг Д. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. 2-е межд. изд. — СПб.; Питер, 2019. — 352 с.
4. Корнилов А. UNITY. Полное руководство. изд. — Наука и Техника.; СПб., 2021. — 496 с.

Разработка алгоритма валидации расчётной модели самолёта на основании результатов частотных испытаний

Чернова О.Н.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В современном мире весьма актуальной проблемой является некорректность данных, с которыми приходится взаимодействовать: поступление на вход системы или отдельных её компонент ошибочных, некорректных, неполных или неточных данных может привести в лучшем случае к ошибочным результатам работы или утрате данных, в худшем — к критическим сбоям в работе систем. Причиной возникновения некорректных данных могут быть ошибки в алгоритмах и программах. Валидация данных является одним из методов, позволяющих исключить ошибки на входе системы. В процессе валидации могут осуществляться корректировка либо исключение данных на основании проверки их корректности и полезности, либо изменение алгоритма работы информационной системы.

В данной работе рассматривается задача валидации данных на примере сравнения выходных (проверяемых) данных математической модели, представленной в системе чёрным ящиком, и реальных натурных испытаний самолета. Результаты моделирования представлены текстовыми файлами, содержащими координаты вычислительных узлов и частоты тонов в этих узлах. Результаты частотных испытаний даны в виде формы колебаний крыла. Качественная конечно-элементная модель адекватно описывает реальные физические процессы и легко поддается валидации.

Также разрабатывается соответствующая программа автоматической проверки данных на языке программирования C# с использованием ASP.NET Core Application. Для проектирования пользовательского интерфейса используется JavaScript, HTML и CSS.

При подготовке материалов использованы следующие источники, опубликованные в открытой печати:

Список использованных источников:

1. Троелсен, Эндрю, Джепикс, Филипп. Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET Core, 8-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: ООО «Диалектика», 2018 — 1328 с.: ил. — Парал. тит. англ.
2. Маркеев А. П. Теоретическая механика: Учебник для университетов. 3-е изд. — М.; Ижевск: РХД, 2007. — 592 с.

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

Перспективы использования ядерной энергодвигательной установки в изучении космоса

Абалаев М.М.

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

МАИ, Москва

С каждым годом технологии развиваются и человечество становится ближе к космическим полетам на дальние дистанции. Под дальними полетами подразумеваются в частности Марс и спутники Сатурна. Такие полеты на сегодняшний день представляется возможным реализовать только при помощи ядерных двигателей, в два раза более мощных и в два раза более эффективных, чем химические ракетные двигатели, которые используются сегодня.

Ядерный ракетный двигатель (ЯРД) представляет собой реактивный двигатель, образующий при ядерной реакции распада или синтеза энергию за счет которой нагревает рабочее тело (в большинстве случаев, аммиак или водород).

Компанией «Дженерал Атомикс» по заказу военно-воздушных сил США в пределах проекта «Орион» проводились космические разработки с использованием импульсных ЯРД с 1958 по 1965 год в США. Подобный проект в СССР разрабатывался в 1950-70-х годах. Дополнительные химические реактивные двигатели, которые содержало в себе разрабатываемое устройство, выводили его от поверхности Земли на 30–40 км. После этого предполагалось включение основного ядерно-импульсного двигателя.

Прочность экрана-толкателя была ключевой трудностью, так как он не справлялся с гигантскими тепловыми нагрузками от близких ядерных взрывов. Заодно с тем был предложен ряд технических решений, позволяющих разработать конструкцию плиты-толкателя с достаточным ресурсом. Окончен проект не был. Реальных испытаний импульсного ядерного ракетного двигателя с подрывом ядерных устройств не проводилось.

К сегодняшнему дню установлена и практически апробирована возможность эффективного использования в составе космических аппаратов автономных ядерных энергетических установок с разными системами преобразования тепловой энергии ядерного реактора в электрическую, а проведенные исследования и проектные проработки выступают свидетельством высокой эффективности применения ядерных двигательных и энергодвигательных установок (ДУ и ЭДУ соответственно) для выполнения энергоемких задач в космосе.

Ключевыми преимуществами ядерного ракетного двигателя являются:

- 1) Внушительный энергозапас.
- 2) Высокая удельная тяга.
- 3) Возможность обеспечения огромной тяги в вакууме — десятки, сотни и тысячи тонн.
- 4) Компактность ДУ.

В перспективной космической ядерной энергетике можно выделить направления изучения космических ядерных энергодвигательных установок (ЯЭДУ), космических ядерных энергетических установок (ЯЭУ) и космических ядерных двигательных установок (ЯДУ).

Наиболее перспективные направления использования ЯРД:

1) Исследование дальних планет Солнечной системы автоматическими космическими аппаратами

2) Применение ядерного ракетного двигателя в транспортном обслуживании лунных баз

3) Пилотируемая экспедиция на Марс

Список использованных источников:

1. Демянко Ю.Г., Конохов Г.В., Коротеев А.С., Кузьмин Е.П., Павельев А. А. Ядерные ракетные двигатели. Книга — М.: ООО «Норма-информ», 2001. — 416 с.

2. Дорощев А.А. Ядерные ракетные двигатели и энергетические установки. Введение в теорию, расчет и проектирование: учеб. пособие / под ред. чл.-корр. РАН И. И. Федика. — 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. — 342 с.

3. Коротеев А. С. Ракетные двигатели и энергетические установки на основе ядерного реактора. — М.: Машиностроение, 2002. — 432 с

4. Ядерный ракетный двигатель строят для полетов на Марс. Чем он опасен? [Электронный ресурс]. — 2021. — URL: <https://zen.yandex.ru/media/hightech.fm/iadernyi-raketnyi-dvigatel-stroiati-dlia-poletov-na-mars-chem-on-opasen-610c54f1eb3c7c1a3aef2d1d> (дата обращения 15.12.2021).

5. Ядерные ракетные двигатели и ядерные ракетные электродвигательные установки [Электронный ресурс]. — 2021. — URL: <https://habr.com/ru/post/416843/> (дата обращения 15.12.2021).

Электролитно-плазменная катодная бороцементация и анодное полирование малоуглеродистой стали

Авакян В.С., Пская Е.К., Наумов И.М.

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

КГУ, Кострома

Данная работа посвящена изучению эффективности использования анодного электролитно-плазменного полирования для улучшения поверхностных характеристик и эксплуатационных свойств стали 20, поверхность которой предварительно подвергалась катодной бороцементации и закалке.

Катодная электролитно-плазменная бороцементация цилиндрических образцов из стали 20 высотой 15 мм и диаметром 11 мм проводилась при температуре 850°C в водном растворе электролита, содержащем 10% хлорида аммония, 8% глицерина и 3% борной кислоты. Температура электролита поддерживалась равной $30 \pm 2^\circ\text{C}$, а скорость его циркуляции в системе составляла 2,5 л/мин. В конце катодного процесса образцы закалились в электролите. Последующее анодное полирование проводилось в течение 1 и 2 минут при напряжении 325 В в 5%-ном растворе сульфата аммония, температура которого поддерживалась равной 70°C. Скорость циркуляции электролита при полировке составляла 1,0 л/мин, а температура образцов не превышала 100°C.

Распределение микротвердости в поперечном сечении образца изучалось методом Викерса с помощью тестера микротвердости Falcon 503 при нагрузке 0,1 Н. Шероховатость поверхности образцов до и после азотирования измерялась с помощью профилометра TR200. Износостойкость образцов была изучена с помощью лабораторной машины трения в условиях сухого трения с использованием в качестве контртела закаленной стали ХВГ при нагрузке 10 Н, скорости скольжения образца по контртелу 1,555 м/с на пути трения 1000 м.

Изучение поверхностных характеристик и эксплуатационных свойств образцов из стали 20 после бороцементации показало, что наиболее оптимально насыщение бором и углеродом проводить в течение 30 минут, когда достигается минимальная шероховатость поверхности и микротвердость насыщенного слоя 950 HV, толщина которого превышает 300 мкм. В этом случае коэффициент трения поверхности образцов снижается в 1,2 раза, а износостойкость увеличивается в 25 раз по сравнению с необработанным образцом.

Анодное полирование стали 20 в сульфате аммония в течении 1 и 2 минут, предварительно боросементированной катодным способом в течение 30 минут, понижает коэффициент трения и увеличивает убыль массы образцов при трении. Увеличение убыли массы образцов при трении можно объяснить разрыхлением наружного оксидного слоя, неполным его удалением с поверхности при полировке и отслоением при трении. Микротвердость модифицированного слоя после полирования не уменьшается.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромскому государственному университету

Специфическая тепловая обработка с целью повышения технологичности листового материала для процесса формообразования обтяжкой

Агафонова Д.В.

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

Самарский университет, Самара

При разработке современных производственных технологий в области авиационной и ракетно-космической техники основной упор ведётся на использование перспективных материалов, которые позволяют достичь комплекса заданных свойств, отвечающих самым высоким требованиям. Стоит также сделать особый акцент на том, что стоит задача разработки технологии получения наноматериалов путем «манипуляции» непосредственно атомами и молекулами [1].

Развитие ракетно-космической техники на сегодня остается за перспективными алюминиевыми сплавами: 1420, 1163 и D16, которые не только способны обеспечивать высокие эксплуатационные характеристики авиакосмических узлов, но и определили переход к новому технологическому укладу в области интеллектуальных металлополимерных композиционных материалов.

В научном исследовании ведётся речь об особом внешнем нагреве. «Тепловой отклик» [2,3] предварительно внесенный в листовую заготовку из перспективного алюминиевого сплава не повлияет на служебные характеристики детали, но даст эффект технологичности, пластичности, в процессе формообразования обтяжкой. Изучая особенности среды (теплового влияния) мы можем предвидеть тенденции в изменениях основных параметров системы (сплава), которые будут происходить при реализации механизмов (формообразования обтяжкой).

Речь о «манипуляции» атомами и молекулами идёт не случайно. Некоторые сплавы (как например, алюминиевый сплав 1441) [4] нуждаются в регламентации объемной доли выделяющихся частиц избыточных равновесных фаз, которые приводят к локализации деформации внутри зерна и ограничению допустимой степени деформации. В последствие чего, регламентация может гарантировать необходимую пластичность сплаву с допустимой степенью обжатия на проходе многократной прокатки за счет подбора температуры и времени выдержки нагрева [5]. Другими словами можно сказать, что специфическая тепловая обработка листового материала становится подготовкой для процесса формообразования обтяжкой.

Обращаясь к диаграмме совмещения плотности компонентов с периодической сеткой стационарных температур, которой мы пользуемся при введении специфического нагрева сплавов можно сказать, что подобие процессов по интервалам и возможность неограниченно продолжать их вдоль оси температур является весьма простым способом прогнозирования свойств. Ранее на перспективных ракетно-космических сплавах данная работа не производилась.

Подобрав оптимальный специфический нагрев и время этого нагрева в ходе экспериментов можно с уверенностью сказать, что мы не просто управляем атомами и молекулами, но и наделяем зародыша фазы программным «кодом» её развития, обеспечивающей будущему материалу необходимые свойства. Учёт кратковременного

температурного импульса, как путь управления «плотностью», позволяет управлять структурообразованием и получать качественно новые структуры.

Особый температурный ряд 25, 171, 343 и 514 °С при которых каждый образец был выдержан изотермической выдержкой в ДТА-500 с охлаждение в воде и на воздухе. А также подвергался непрерывному обжигу на диапазоне 100-550°С, охлаждаясь в камере печи до 100 °С. Определена минимальная степень деформации для образцов сплава 1420 холоднокатаных и закаленных толщиной 1,8 мм и 4,8 мм, горячекатаной заготовки сплава 1420 толщиной 7,3 мм с предварительным ИДС нагревом и с промежуточными ИДС нагревами. Проведены механические испытания образцов 1163 и D16.

Управляя плотностью дислокаций, методами интенсивной деформации планируется достичь атомвакансионного состояния границ зерен, обеспечивающих образование сверхпластичных мелкозернистых слоев, а именно придать пластичность высокопрочному ракетно-космического материалу.

Список использованных источников:

1. Иванова, В. С. Закономерности упорядоченной самоорганизации устойчивых структур в материалах [Текст] / В. С. Иванова // В кн. «Прикладная синергетика, фракталы и компьютерное моделирование структур». — Томск: ТГУ, 2002. — С. 222-237.

2. Дорошко, Г.П. Введение в температурный анализ свойств материала. [Текст] / Г.П. Дорошко. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет., 2007. — 396 с.

3. Дорошко, Г.П. Условие совместимости металлов за пределом деформирования [Текст] / 11-я Международная научно-техническая конференция. СПб 2015, — С. 560-570.

4. Климов В.Н, Козлов Д.М. Современные авиационные конструкционные сплавы / Издательство Самарского университета 2017: учеб. пособие / В.Н. Климов, Д.М. Козлов. — Самара: Изд-во Самарского университета с. 10.

5. Agafonova D V2018 Influence of thermal effects on the mode choice when rolling sheet Al-Mg-Li Lambert Academic Publishing 45-8

Разработка и проектирование электрофоретической установки с применением САД-систем и аддитивных технологий

Бабенков И.А.

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

МАИ, Москва

В современном мире каждый из нас является потребителем энергии, и с каждым годом растёт количество устройств, которым она необходима. В связи с этим требуется увеличение объёма генерации электроэнергии для избежания её дефицита, связанного с ростом нужд в ней. Одним из экологически чистых источников электроэнергии является солнечная, перерабатываемая фотоэлектрическими преобразователями. Главным недостатком солнечных панелей является не высокий КПД, составляющий, в среднем 20%. Однако на уровне лабораторных исследований был достигнут уровень в 44.4%.

На данный момент существуют следующие способы увеличения КПД:

1. Акриловый концентратор — устройство, которое позволяет собирать солнечную энергию с большей площадью и направлять её на меньшую площадь. Сейчас концентраторы представлены в основном параболическими зеркалами и линзами Френеля. Есть также другие сложные и не очень системы зеркал с различной степенью концентрации, но они не получили широко распространения из-за своих недостатков.

2. Солнечный трекер — это устройство, направляющее солнечную батарею или концентратор на солнечные лучи, позволяя выработать им в течение дня большее количество энергии. Трекеры бывают активные, пассивные и с ручной наводкой.

3. В теории возможна установка теплового элемента из нанотрубок, который позволяет увеличить диапазон частот поглощаемых фотонов с дальнейшим переизлучением в нужной

области спектра. Однако у этого способа есть значительный недостаток — сильный нагрев светопоглощающего слоя.

4. Так же есть перспективный способ с нанесением покрытия из наночастиц, вызывающего плазмонный резонанс и, как следствие — увеличение количества выдаваемой энергии.

Данная работа посвящена проектированию и созданию электрофоретической установки, предназначенной для нанесения покрытий из коллоидных растворов на светочувствительные элементы. Нанесение наночастиц на поверхность пластин позволяет инициировать плазмонный резонанс и, как следствие — прирост к силе выдаваемого ими тока.

Система представляет из себя ванну из диэлектрического материала и двух электродов из химически неактивного металла. К установке подключен электролизёр, с помощью которого на поверхность пластин осаждаются наночастицы серебра. Так же в установке есть система циркуляции электролита, которая включает в себя насос, группу дренажей в основании ванны и сеть шлангов и форсунок. Электролит представляет собой коллоидный раствор серебра. Установка спроектирована в CAD-системе SolidWorks и произведена при помощи 3D-принтера из ABS пластика. Этот материал наиболее хорошо подходит для печати, так как имеет относительно невысокую температуру плавления и малый процент усадки, по сравнению с другими типами пластика.

Ранее были проведены единичные эксперименты по нанесению покрытий на пластины, показавшие работоспособность системы. В ближайшем будущем планируется провести серию экспериментов для выявления достоинств и недостатков данной конструкции, и отработки технологических режимов работы для каждого типа пластин.

Для объективной оценки выходных показаний тока с солнечных панелей и количества, падающего на фотоэлектротрансформатор света, используются сертифицированные измерительные устройства, такие как мультиметр и люксметр фирмы FLUKE, дающие минимальные погрешности.

Возможности анодного электролитно-плазменного азотирования нержавеющей стали 12X18H10T

Белов Р.Д., Бесчетникова К.И., Мухина А.К.

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

КГУ, Кострома

Данная работа посвящена изучению возможности использования технологии анодного электролитно-плазменного насыщения на примере азотирования для повышения твердости и износостойкости нержавеющей стали 12X18H10T.

Анодное электролитно-плазменное азотирование цилиндрических образцов из стали 12X18H10T высотой 15 мм и диаметром 10 мм проводилось в водном растворе электролита, содержащем 5% хлорида аммония и 5% аммиака, при температурах 650–850°C в течение 5 минут с закалкой в конце обработки. Температура электролита поддерживалась равной 20±2°C, а скорость его циркуляции составляла 2,5 л/мин.

Распределение микротвердости в поперечном сечении образца изучалось методом Викерса с помощью тестера микротвердости Falcon 503 при нагрузке 0,1 Н. Шероховатость поверхности образцов до и после азотирования измерялась с помощью профилометра TR200. Исходная шероховатость образцов задавалась абразивной бумагой до необходимых значений Ra и Rz. Износостойкость образцов была изучена с помощью лабораторной машины трения в условиях сухого трения с использованием в качестве контртела закаленной стали ХВГ при нагрузке 10 Н, скорости скольжения образца по контртелу 1,555 м/с на пути трения 1000 м.

Температуры азотирования 650–850°C достигаются при напряжении 190–270 В соответственно. При наиболее высоких температурах нагрева интенсифицируется окисление поверхности, которое с одной стороны благоприятно влияет на морфологию поверхности образцов и приводит к снижению шероховатости Ra и Rz по сравнению с необработанным

образцом, а с другой тормозит диффузию азота в структуру стали. В этих условиях с повышением температуры обработки от 700 до 850°C уменьшается микротвердость модифицированного слоя от 1160 до 800 HV.

Трибологические испытания образцов до и после азотирования показали, что интенсивность изнашивания стали 12X18H10T может быть снижена в 166 раз по сравнению с необработанной нержавеющей сталью. Минимальный коэффициент трения $0,251 \pm 0,003$ и интенсивность изнашивания образцов $0,14 \pm 0,002$ мг наблюдаются после азотирования при 650°C.

Таким образом анодное электролитно-плазменное азотирование в растворе хлорида аммония и аммиака при 650–700°C в течение 5 минут позволяет в 2 раза уменьшить шероховатость поверхности Ra и Rz, в 3,8 раза повысить твердость, в 1,6 раза снизить коэффициент трения и 166 раз увеличить износостойкость образцов из стали 12X18H10T.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромскому государственному университету

Интеграция аддитивных технологий в литейное производство

Булытко Т.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Варфоломеев М.С.

МАИ, Москва

Развитие авиационной отрасли стало невозможным без новых (передовых) технологий и производств, которое на всех этапах используют компьютерные, высокоточные и информативные компоненты, совмещённые с высокой производительностью труда. В соответствие со стратегическим планом развития, а именно «Индустрия 4.0», внедрение аддитивных технологий, моделирования, цифровых двойников — все эти технологии призваны повысить эффективность производственных процессов.

При рассмотрении задачи снижения массы детали, которая является ключевой при проектировании и оптимизации конструкции самолетов и вертолетов, аддитивные технологии имеют преимущества. Возможность применения материалов наибольшей удельной прочности (ULTEM 9085/1010) и повышения коэффициента использования материала, который стремится к 100% в сравнении с КИМ ЧПУ, не превышающего 15%, в зависимости от геометрии.

Современное оснащение модулем оптимизации в пакете CAE-программах (Ansys, AutoDesk) позволяет на этапе проектирования конструкции оценить ее эффективность, возможность улучшения функциональности без избытка массы. Полученные формы преимущественно имеют бионический дизайн, значительно выгоднее воспроизвести методом, основанным на послойном добавлении материала, что позволяет за один этап производства с минимальными ограничениями построить изделие любой конфигурации.

Но использование синтезируемых изделий в авиации ограничивается из-за необходимости их сертификации по стандартам регулирующих органов. В первую очередь соответствовать стандартам Федеративного управления гражданской авиации США (FAA) и/или Европейского агентства авиационной безопасности (EASA), документам FAR — 25, JAR — 25, а также AP — 25.

Прямое изготовление конструкции из металла методом SLS (селективного лазерного спекания) и EBM (электронно-лучевого сплавления) имеют ряд недостатков: непостоянство свойств при печати, внутренние дефекты (пористость, не спечённые/переплавленные зерна, остаточные деформации), дороговизна установок и сырья, шероховатость поверхности и ограничение размеров по камере печати и т. д. — все в совокупности не дает в полной мере раскрыть потенциал аддитивных технологий в авиационной без дополнительных затрат.

Технология, имеющая практически все преимущества AT, а также установленные параметры для эксплуатации в авиационных конструкциях, является литье по выплавляемым/выжигаемым моделям. Изготовление оснастки FDM методом из PLA-пластика для выжигаемой или 3D Wax для выплавляемой модели позволяет снизить производство детали с нескольких месяцев до предела 3 – 4 дней по сравнению с другими

механическими методами, минимизировать в разы стоимость и позволить массовое производство в сравнении с SLS и EBM методом. При сочетании данной технологии с генеративным дизайном возможно получать изделия со сниженной массой без потери свойств.

Список использованных источников:

1. K. Jalava, M. Salmi, K. Kukko, J. Orkas «Multe-scale topologically optimized components made by casting and additive manufacturing»
2. П. А. Андрианов «Экспресс-оценка рентабельности литья по выжигаемым аддитивным моделям»
3. М. Г. Евтодьева «Аддитивное производство и дополненная реальность как новые производственные технологии в авиационной отрасли»
4. Б. С. Горячкин, Н. С. Черната «Обзор возможных вариантов использования технологий и материалов 3Д-печати и авиационной промышленности»

Лазерная обработка композиционных материалов

Гаврилов Д.В., Сидоров В.Н.

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

ТулГУ, Тула

Композиционные материалы (КМ) в настоящее время широко распространены в различных отраслях промышленности. Применение КМ в авиационных конструкциях позволяет снизить их массу повысить жесткость и прочность получаемых изделий. В конструкции самолета из композиционных материалов изготавливают фюзеляж, крылья, «хвостовое оперение», носовой обтекатель, элементы механизации крыла и детали интерьера [1]. Последним достижением отечественной промышленности является изготовление крыла самолета МС-21-300 из отечественных композиционных материалов [2]. Широкое распространение получили такие КМ как карбон (углепаластик), керамика SiC/SiC, карбид кремния армированный углеродным волокном C/SiC, никелевый сплав армированный волокнами Ni/SiC и нитрид титана/оксида алюминия Al₂O₃/TiN.

На завершающем этапе изготовления изделий из КМ возникает необходимость дополнительной размерной обработки для формирования конструктивных элементов, которые невозможно или нецелесообразно производить на стадиях заготовки. Лазерная обработка (ЛО) — основана на применении мощного светового потока, вызывающего плавление или испарение обрабатываемого материала. ЛО считается перспективным методом из-за преимуществ, таких как отсутствие износа инструмента, возможность обработки твердых и хрупких материалов, гибкость процесса, возможность обработки сверхтонких и малогабаритных деталей сложной формы [3].

В работе [4] авторы обрабатывали алюмо- и боросиликатные стекла, армированных углеродом и карбидом кремния, с помощью лазерных импульсов длительностью 300 фс (620 нм) и 17 нс (308 нм). Лазеры видимого диапазона неприменимы, так как SiC и стекла практически прозрачны. Видимые субмикросекундные импульсы высокой интенсивности в диапазоне допускают многофотонное поглощение, сопровождающееся инкубационными явлениями. Если при обработки SiC-стекла не достигается необходимое число импульсов, преимущественно обрабатывается только стекло, а волокна остаются неповрежденными.

В работе [5] авторы производили обработку КМ (SiC/SiC) фемтосекундным лазером. Подробно рассматривалось влияние коэффициента перекрытия и мощности лазера. Результаты показали, что указанные выше параметры оказали значительное влияние на обработку композитов SiC/SiC. Коэффициент перекрытия оказывает большое влияние на качество и глубину микроотверстий. Высокая мощность лазера приведет к лучшей морфологии поверхности.

Тем не менее, термическое повреждение является одной из наиболее важных проблем при лазерной обработке КМ в том числе и из-за значительной разницы в физических свойствах армирующего волокна и матрицы.

В работе [6], авторы проводят ЛО углепластика с использованием жидкой среды. Они разработали трехмерную конечно-элементную модель для оценки влияния скорости перемещения лазерного луча на качество поверхности, зону термического влияния и форму поперечного сечения получаемой полости. Эксперименты с теми же параметрами процесса были проведены для проверки модели. Из-за сильного охлаждающего действия водяной струи накопление тепла между импульсами практически отсутствует, что приводит к постоянной ширине зоны термического влияния при различной скорости перемещения луча. Боковая стенка пропила относительно вертикальна из-за равномерного распределения мощности водяной струи.

В современном мире все чаще и чаще используются КМ, т.к. они во многом превосходят традиционные материалы, это и вес и коррозионная стойкость, но самое главное для авиации и космической отрасли это прочность и вес. Не смотря на разницу в физических свойствах армирующего волокна и матрицы, лазерная обработка является перспективным методом обработки КМ. Применение вспомогательных сред для нивелирования недостатков ЛО является актуальной темой дальнейших исследований.

Список использованных источников:

1. Композиционные материалы в авиации [Электронный ресурс] // <https://firmmy.ru>. URL: <https://firmmy.ru/kompozicionnye-materialy-v-aviacii/> (дата обращения: 30.01.2022).
2. Российские крылья: как создавались композитные материалы для лайнера МС-21 [Электронный ресурс] // <https://russian.rt.com>. URL: <https://russian.rt.com/russia/article/942859-kompozity-ms-21-krlyo-pervyi-polyot/> (дата обращения: 30.01.2022).
3. Котов С. А. Размерная обработка углепластиков излучением короткоимпульсных и непрерывных волоконных иттербиевых лазеров // Гагаринские чтения 2017. — 2017. — С. 392-392.
4. Krüger J., Kautek W. Femtosecond pulse visible laser processing of fibre composite materials // Applied surface science. — 1996. — Vol. 106. — p. 383-389.
5. Liu Y. et al. Effect of machining parameter on femtosecond laser drilling processing on SiC/SiC composites // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2018. — Vol. 96. — №. 5. — p. 1795-1811.
6. Sun D., Han F., Ying W. Numerical simulation of water jet-guided laser cutting of carbon fiber-reinforced plastics // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. — 2019. — Vol. 233. — №. 10. — p. 2023-2032.

Исследование структуры и свойств образцов из сплава системы Al-Si-Mg, полученных с использованием технологии селективного лазерного сплавления Дмитриева М.О.

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

Самарский университет, Самара

Селективное лазерное сплавление (Selective Laser Melting — SLM) является одним из передовых методов в области производства деталей из различных материалов, в том числе металлических. Среди преимуществ метода отмечают упрощение прототипирования изделий, возможность изготовления изделий сложной геометрической формы и снижение веса за счет оптимизации геометрии детали путем применения ячеистых структур.

Одной из основных проблем данного метода является формирование необходимой микроструктуры материала изделия. Среди дефектов структуры, полученной методом SLM, отмечаются непролавы, пористость, микротрещины. Актуальна проблема использования алюминиевых сплавов при производстве деталей авиационного назначения методом SLM.

В работе представлены результаты исследования микроструктуры и свойств образцов, полученных из порошка алюминиевого сплава Al14 системы Al-Si-Mg, выращенных на промышленном 3D-принтере для аддитивного производства с использованием технологии печати SLM.

Исследование микроструктуры осуществлялось с помощью металлографического микроскопа Olympus GX51. Исследование излома образцов после испытаний на растяжение проводилось с помощью растрового электронного микроскопа TESCAN Vega SB. Микро-рентгеноспектральный анализ исходного материала порошка, а также образцов, полученных методом SLM, определялся с помощью приставки к микроскопу INCAx-Act. Механические свойства, а именно предел текучести, предел прочности и относительное удлинение, исследовались с помощью универсально-испытательной машины Testometric FS 150 AX.

Анализ полученных результатов металлографического исследования и результатов механических испытаний показал, что качество сплавления гранул порошка напрямую влияет на прочность получаемых образцов. Исследования механических свойств образцов, полученных из порошка AL4 (AlSi10Mg) методом селективного лазерного сплавления, показали их зависимость от остаточной пористости. Кроме того, определены оптимальные параметры технологии изготовления изделий из порошка AL4 (AlSi10Mg) методом SLM, а именно мощность и скорость сканирования.

Разработка и внедрение специального инструмента для изготовления эксцентриковых валков для авиационных компрессоров

Евченко И.В., Рязанцев А.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Рязанцев А.Ю.

АО «КБХА», Воронеж

Радиальные авиационные поршневые двигатели считаются основой современной авиации. Они используются в самолетах малой авиации и в связи с интенсивным развитием авиации общего назначения получили широкое распространение. При разработке конструкторской документации для поршневых авиационных двигателей АО «КБХА» традиционно использует звездообразную схему. Она отличается от других схем двигателей тем, что его цилиндры располагаются через равные углы вокруг одного коленвала в виде радиальных лучей. Основными преимуществами перед двигателями рядной системы являются улучшенные массогабаритные характеристики, оптимальное надежное охлаждение и простота в обслуживании. Данным двигателям не существует аналогов.

Одним из основных элементов, влияющих на работоспособность двигателя, является компрессор. В конструкции поршневых авиационных двигателей, разрабатываемых в АО «КБХА», используется двухступенчатый поршневой компрессор АК-50Т. Поршневой компрессор с воздушным охлаждением предназначен для запуска авиационных двигателей и наполнения сжатым воздухом пневмомагистралей летательных аппаратов. Компрессор состоит из разъемного картера, эксцентрикового валка с подшипниками и шатуном, ступенчатого поршня с кольцами, цилиндрами первой и второй ступеней, впускного, перепускного и нагнетающего клапанов и фильтра. К основным характеристикам компрессора относят: допустимое максимальное давление в пневмосети за компрессором — до 5,4 МПа; тип охлаждения — воздушный; производительность компрессора при частоте вращения 2000 об/мин. в наземных условиях ($H=0$, МСА) 1,6 м³/ч. В двухступенчатых воздушных компрессорах воздух сжимается в два этапа. Между ступенями воздух охлаждается. Это позволяет обеспечивать работу компрессора без перерывов для остывания.

В этих условиях работы компрессора АК-50Т высокие требования предъявляются к качеству изготовления эксцентриковых валков. На наружной радиальной поверхности эксцентрика выполняются шлицы, совместимые с ответными шлицами на поверхности внутренней обоймы подшипников качения. Наружная обойма подшипников качения связана с шатуном для передачи линейного возвратно-поступательного движения исполнительному узлу. В процессе эксплуатации часто возникает необходимость замены отдельных деталей. Шлицевые соединения обеспечивают не только надежность соединения, но и дают возможность достаточно легко собрать и разобрать такое соединение. Поэтому изготовление шлицев носит особо ответственный характер и непосредственно влияет на работоспособность изделия.

В АО «КБХА» для получения шлицевых соединений на эксцентриковых валиках разработана и внедрена в производство технология нарезания шлицев с применением зубофрезерного оборудования [1]. В качестве инструмента используются спроектированные на предприятии специальные червячные фрезы. Применение фрез позволяет получать высокоточные размеры на деталях, при обработке заготовки методом обкатки. Основными параметрами шлицевого соединения на эксцентриковом валике являются: число зубьев, наружный диаметр шлицев, внутренний диаметр шлицев и ширина зуба. При изготовлении валиков с прямобочным профилем используют червячные фрезы с профилем, обеспечивающим выкатывание толщины шлица и внутреннего диаметра впадины шлицевого валика. Основной проблемой в процессе обработки является то, что не всегда обеспечивается радиус окружности начала переходной кривой (максимальный радиус сопряжения) прямолинейного профиля шлица с радиусом впадины. Для решения данной проблемы в АО КБХА был предложен и внедрен способ, при котором для нарезания шлицев используется червячные фрезы постоянной установки с удлиненным профилем зуба [2]. Особенностью конструкции данных фрез является увеличенная длина зуба, которая обеспечивает требуемую длину прямолинейного профиля шлица и радиусного скругления по профилю равную величине внутреннего радиуса нарезаемого шлица эксцентрикового валика.

Фрезы данной конструкции дают возможность повысить производительность зубообработки в 2-3 раза. Представленная технология конструкции инструмента позволяет сократить материальные и трудовые ресурсы предприятия на подготовку производства, а также исключить увеличение производственных циклов изготовления деталей и сборочных единиц.

Список использованных источников:

1. Ryazantsev A. Yu., Shirokozuhova A. A., Evchenko I. V. Development of a sophisticated tool for processing parts with an involute profile// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020.971 022035 doi:10.1088/1757-899X/971/2/022035.

2. Браилов И. Г., Мясоедова Т. М. Автоматизация проектирования червячной фрезы для обработки шлицевых валов с прямобочным профилем шлица / Материалы международной 66-й научно-практической конференции «Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования-основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России»: матер. Межд. 66-й науч.-практ. конф.- Омск: СибАДИ, 2012. Кн. 1-514 с., стр. 383-384

Разработка инструкции AR-технологий в сборочном машиностроительном производстве

Езжев Д.А., Балмасов А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Калачев О.Н.

ЯГТУ, Ярославль

В современном мире все больше компаний и производств осваивают технологии дополненной реальности (AR-технологии) [1]. Данные технологии позволяют просмотреть какие-либо модели объектов, если оригиналы в данный момент недоступны. В производстве это облегчает понимание, каким образом должна выглядеть деталь или целая производственная линия.

В данном исследовании рассматривается создание сайта с технологиями WEB-AR на предприятии Автодизель с целью упрощения создания универсально-сборных приспособлений (УСП) [2] и [3]. Так же рассматривается программное обеспечение Autodesk Fusion 360 [4] для создания и вывода 3D-моделей в нужный формат.

Исследование проводилось в сотрудничестве с ПАО «Автодизель», являющимся поставщиком продукции для энергетического машиностроения. Условием данной коллаборации было создание цифровых макетов сборки станочных приспособлений из 3D-моделей элементов УСП; создание некой инструкции — иллюстрации сборки при помощи дополненной реальности и анимированного процесса сборки УСП.

Для решения поставленных задач изначально рассматривалось несколько вариантов:

1. Поиск подходящего приложения для просмотра 3D-моделей в дополненной реальности.

2. Разработка собственного приложения для просмотра 3D-моделей в дополненной реальности.

3. Создание сайта с использованием WEB-AR технологий.

Первый пункт был исключён, так как подходящих приложений в AppStore и Play-маркет не было найдено.

Второй пункт исключили из-за трудоёмкости написания сразу двух приложения для разных ОС, и затрат предприятия на внедрение этого.

Третий пункт оказался самым перспективным, так как сайт намного быстрее можно внедрить, трудоёмкость при его создании много меньше, чем разработка приложения, и мы не привязаны к определённой ОС, необходим только браузер с поддержкой AR-модулей. Самым полезным источником стал официальный сайт библиотеки A-frame [5] и AR.js [6].

Для создания 3D-моделей использовался Autodesk Fusion 360. Это комплексная платформа для проектирования изделий в облаке, где созданные модели всегда под рукой, если есть ПК с установленным Fusion 360 с входом в учётную запись.

Разработка и проверка сайта производилась на бесплатном хостинге glitch.com [7], который требует только регистрации. В дальнейшем созданный сайт планируется запустить на сервере в локальной сети предприятия. Будущая AR-сборка, по нашему плану, должна привязываться к определённой картинке, именуемой «AR-метка», поэтому решалась задача её создания. Использовался сайт AR.js.MarkerTraining [8], куда загружался созданный нами рисунок-метка. На выходе получались два файла с расширениями .patt и .jpg, которые необходимо было указать в коде создаваемого сайта.

На примете были и другие хостинг-сайты, но там отсутствует такой же широкий функционал в бесплатных версиях, а если использовать вариант с изначальным запуском локального сервера, то результат работы нельзя просмотреть на смартфоне и показать работу AR-среды должным образом. Сборка приспособления и её анимация производилась в самом коде сайта по параметрам. Модели загружались в формате .obj в уменьшенном масштабе для адекватного отображения.

Последним шагом выполнялось преобразование ссылки на сайт в собственный QR-код с помощью сервиса QRcoder.ru [9]. Данным действием планируется ускорить переход пользователя на сайт, т.к. ручной набор или копирование ссылки относительно трудоёмкое действие.

Порядок работы с сайтом:

1. Переходим на наш сайт по ссылке <https://usp-prolet.glitch.me> или QR-коду;
2. Разрешаем доступ к камере смартфона;
3. Сканируем созданный заранее маркер.

После этого на маркере появляется наша сборка.

Итогом работы стали созданные 3D-модели элементов УСП, WEB – AR сайт собственной разработки, позволяющий на экране смартфона увидеть УСП, использующегося на ПАО «Автодизель» при обработке масляного насоса.

Список использованных источников:

1. Феофанов А.Н. VR/AR-технологии и их применение в машиностроении. // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. — 2019. — №4. — С. 44–48.
2. Radhwan H. Design and Analysis of Jigs and Fixtures for Manufacturing Process. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2019. — №551.
3. Kršulja M. Assembly setup for modular fixture machining process. // Advanced engineering. — 2009. — №3
4. Web-страница, Fusion 360 | 3D CAD, CAM, CAT — URL: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview> (дата обращения: 10.12.2021)
5. Web-страница, Introduction A-Frame — URL: <https://aframe.io/docs/1.2.0/introduction/> (дата обращения 10.12.2021)

6. Web-страница, AR.js Documentation — URL: <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/#import-the-library> (дата обращения 11.12.2021)

7. Web-страница, Glitch — URL: <https://glitch.com> (дата обращения 10.12.2021)

8. Web-страница, AR.js Maker Training — URL: <https://jeromeetienne.github.io/AR.js/three.js/examples/marker-training/examples/generator.html> (дата обращения 12.10.2021)

9. Web-страница, QRcoder.ru — URL: <http://qrcoder.ru/?t=1> (15.12.2021)

Изготовление элементов модельной оснастки комбинированным способом с применением FDM/FFF 3D-печати и двухкомпонентных компаундов

Елисейкин Е.И., Гуляев А.С., Рафиков Р.Х.

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

ГГАТУ им. П.А. Соловьева, Рыбинск

3D-печать полимерными материалами успешно используется в заготовительном и литейном производствах предприятий России и зарубежом, совместно с мехобработкой, в изготовлении в наиболее короткие сроки выплавляемых и выжигаемых моделей отливок различной геометрии, модельной оснастки для снятия песчано-глинистых полуформ и силиконовых форм, а также пуансонов для вакуумной формовки изделий из листового пластика. Одной из наиболее доступных технологий печати, применяемых для моделей и гибких форм, в настоящий момент является послойное наплавление термопластиков (FDM/FFF), реализованное в принтерах от различных производителей. Наряду с печатью фотополимерами, и относительно станочной обработки, достоинство технологии FDM/FFF заключается в регулировании заполнения изделия путем печати внутреннего каркаса (ячеистых структур), что необходимо для снижения времязатрат и расхода материала на получение моделей требуемой прочности.

Наиболее применяемыми материалами в FDM/FFF-печати модельной оснастки являются пластики PETG, PLA, полистирол Hips. При печати на принтерах, оснащенных нагревом рабочего стола, моделей с габаритными размерами менее 150 на 150 на 150 мм, в основном, применяется PETG с коэффициентом усадки 0,7%, а свыше — PLA с усадкой 0,5%. Использование температуро-, износостойкого полиамида (Nylon) затруднено, что обусловлено коэффициентом усадки 2,5%, без дополнительных технологических решений приводящей к расслоению поверхностей, отлипанию от стола. Данная проблема актуальна также для малогабаритных моделей с заполнением до 30%. Основной способ снижения деформации — равномерный нагрев нанесенных слоев в закрытой термокамере с обдувом горячим воздухом (дополнительно к нагреваемому столу), реализован в промышленных установках Raise3D, Total Z и т.п., но отсутствует в принтерах упрощенной конструкции. Следовательно, актуальной является печать полиамидных моделей без термокамеры.

Для решения данной задачи был разработан способ, состоящий из этапов:

- Нанесение на стол адгезионной PLA-подложки, толщиной 0,2-0,5 мм. Выполняется на двухэкструдером принтере или на одноэкструдерном, но с последующей сменой PLA на Nylon. Также подложка необходима для выравнивания рабочей поверхности стола;

- Печать на подложке оболочки модели из Nylon с толщиной стенок 0,6-1,6 мм, в зависимости от наличия литейных радиусов и уклонов, диаметра выходного отверстия сопла. Допускается наличие поддержек под элементами, расположенными относительно стола принтера на 90°. Важным условием является отключение обдува наносимых слоев холодным воздухом для снижения скорости усадки;

- Снятие оболочки со стола, отделение подложки, удаление поддержек из полости с заливкой компаундом для дополнительного склеивания слоев и повышения прочности модели. С целью снижения расхода компаунда, в полости предварительно размещен блок полистирола. По завершении полимеризации, модель обрабатывается и монтируется на подмодельной плите.

Предложенный способ успешно апробирован печатью призматических образцов с размерами 90 на 90 на 90 мм, монтажом полистирольных блоков с размерами 60 на 60 на 80 мм и дальнейшей заливкой двухкомпонентным полиуретаном серии KremenCast (горячего отверждения), акриловым компаундом и эпоксидной смолой ЭП-20 (холодного отверждения). При использовании сопла с выходным отверстием 0,8 мм, толщина стенок образцов составила 1,6 мм. Из полученных результатов отмечено, что затраты времени на получение каждого образца с учетом заливки и полимеризации составили: 3,6 ч. — для полиуретана, 6,2 ч. — для акрила, 12,1 ч. — для смолы. Так, заливка полиуретаном является наиболее применимой для данного способа.

Печать оболочек выполнена на open-build принтере CrealityEnder без нагрева стола. В работе использованы пластики PLA, Nylon от ESUN. Отмечено отсутствие деформации, расслоения оболочки в процессе печати и полимеризации компаундов. Представляет интерес апробация способа в изготовлении образцов с большими габаритными размерами.

Влияние химически агрессивной среды на прочностные характеристики изделия полученного FDM технологией 3D-печати

Камалов Т.В.

Научный руководитель — Васильева Т.В.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

При создании отдельных элементов ракетно-космической техники используют материалы с особыми физико-механическими свойствами, например с высокой прочностью и твердостью, которые достигают или превышают аналогичные показатели характеристик современных инструментальных материалов, что делает классическую механическую обработку резанием непродуктивной.

В качестве решения данной проблемы применяется электрохимическая обработка, основе которой лежит электрохимическое растворение металла заготовки при высоких плотностях постоянного электрического тока, проходящего через раствор электролита. Для обработки материалов, таких как коррозионностойкая сталь 12X18H10T, твердые сплавы ВК6 и Вк8, титановые сплавы ВТ6, ВТ8 и жаропрочные сплавы ЭИ617, ЖС6КП, в качестве электролита обычно используется раствор NaCl с концентрацией 80-200 г/л.

Кроме необходимого анодного растворения заготовки, повышенному износу подвергаются также и узлы самого станка, в особенности насос, постоянно прокачивающий электролит. Одним из вариантов повешения безотказности работы станка и уменьшения разброса в течение длительного времени показателей, зависящих от объема прокачиваемого электролита, является замена металлического корпуса крышки насоса и рабочего колеса на аналогичные полимерные, которые не подвержены коррозии.

Поставленную задачу можно решить с помощью FDM технологии 3D-печати корпуса и рабочего колеса насоса, предварительно убедившись в возможности обеспечения технологией и используемым материалом необходимых нам результатов.

Для изготовления необходимого изделия методом 3D-печати была выбрана технология FDM аддитивного производства, а также по данной технологии были изготовлены образцы для прочностных испытаний по ГОСТ 112-62.

FDM (Fused Deposition Modelling) 3D-печать представляет собой метод аддитивного производства, основанный на последнем направленной экструдировании расплавленного полимера для создания конечного элемента. Ширина экструдированной линии материала определяется диаметром сопла, в данном случае оно составляет 0,2 мм, высота слоя и другие параметры печати определяются программно и закладываются в файл печати при «нарезке» изделия на 2D слои для последующей печати.

В качестве материалов для экспериментов были выбраны два пластика ABS (акрилонитрил бутадиен стирол — ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом) и PETg (износостойкий сополиэфир, состоящий из полиэтилентерефталата, модифицированного гликолем).

Эти ударопрочные термопластики с относительно невысокой стоимостью и сравнительной лёгкостью использования в качестве расходного материала при печати обладает высокими влаго-, масло-, кислото- и щёлочестойкостью, устойчивостью к действию органических растворителей.

Испытания проводились следующим образом: предварительно образцы выдерживались в электролите (соляном растворе), а затем, после определённого времени (одна, две и три недели), производились тесты на прочность на разрывной машине TiraTest-2300. Результаты исследования, полученные при проведении испытаний, проанализированы и представлены в работе.

На основании данных, полученных при выполнении экспериментов на разрыв образцов были сделаны выводы о целесообразности применения аддитивной технологии FDM для изготовления изделий, работающих в рассмотренных условиях. По окончании экспериментов с образцами были изготовлены реальные детали для насоса установки электрохимической обработки.

Список использованных источников:

1. Минькова А. А. и др. ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ПРИМЕНЯЕМОСТЬ, ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ //Термопластичные материалы и функциональные покрытия. — 2019. — С. 44-54.

2. Кондрашов С. В. и др. Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей (обзор) //Труды ВИАМ. — 2019. — №. 10 (82).

3. Никонов Вячеслав КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать. — СПб.: Питер, 2020. — 208 с.:

4. Технологии и материалы 3D-печати [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов. — Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017

5. М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина, Аддитивные технологии в машиностроении, Издательство политехнического университета, Санкт-Петербург, 2013 год, 222 с.

6. Кугультинов С.Д., Ковальчук А.К., Портнов И.И. Технология обработки конструкционных материалов: Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2006. — 672 с.: ил.

7. Е.Ю. Степанова, Г.В. Барсуков, Ю.С. Степанов [Прорывные технологии нового поколения формообразования пространственно-сложных поверхностей наукоёмких изделий]

8. Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. Технологии аддитивного производства. Трёхмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. — 656 стр.

Анализ технологических возможностей лазерной наплавки в мелкосерийном производстве деталей сложной конфигурации

Колесник Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Курицына В.В.

МАИ, Москва

На предприятиях мелкосерийного производства имеется широкая номенклатура малогабаритных деталей сложной конфигурации, применяемая в изделиях обеспечивающих и регулирующих систем агрегатов авиационной техники. Технологические процессы их изготовления достаточно сложны, так как заготовка зачастую представляет собой пруток большого диаметра, механическая обработка которого обеспечивает достаточно низкий (менее 0,1) коэффициент использования материала (КИМ), использует оснастку сложной конфигурации, при этом задействовано значительное количество оборудования и персонала.

Возможные пути решения технологической задачи повышения эффективности формообразования таких деталей — литье, горячая штамповка, сварка трением, лазерная

наплавка. Каждый метод имеет положительные и отрицательные черты. Так в условиях мелкосерийного производства с частой сменой производственных задач, материала и формы деталей, заготовки, полученные литьем, имеют существенное количество брака. Горячая штамповка имеет значительную энергоемкость, значительную стоимость и трудоемкость при проектировании и изготовлении штамповочной оснастки (штампы выполняются из высокопрочных материалов, и применим он только к данному изделию) [1]. Сварка трением имеет значительные ограничения по конфигурации и материалам соединяемых компонентов. В условиях частой смены объекта производства лазерная наплавка в роли операции объемного формообразования для широкой группы деталей авиационных агрегатов представляется рациональным методом.

Технологическая экспертиза производственной целесообразности альтернативных методов формообразования, проведенная по технологическим, эксплуатационным и экономическим критериям, показала значимый приоритет технологии лазерной наплавкой в обозначенных условиях и ограничениях.

Перевод мелкогабаритных деталей сложной конфигурации на лазерную наплавку позволит предприятию:

- Упростить технологический процесс изготовления детали;
- Снизить количество и разнообразие оснащения и инструмента;
- Уменьшить количество оборудования и обеспечивающего персонала;
- Значительно повысить КИМ детали;
- Как следствие, снизить производственные затраты на изготовление.

В то же время использование лазерной наплавки не лишено некоторых недостатков:

• Усложняется контроль детали, т.е. появляется необходимость в использовании капиллярных, ультразвуковых, магнитопорошковых и металлографических методах контроля [2];

• Повышается риск получения неисправимого брака, за счет дефектов (пористость, отслоение, трещины, вырывы, которые могут появиться в том числе при последующей механической обработке) [3].

Тем не менее, данные недостатки могут быть устранены при технологической отработке режимов и условий операции. Применение аддитивных технологий открывает путь к гибкости и эффективности мелкосерийного производства.

Список использованных источников:

1. Артюхов С. Горячая объемная штамповка и сущность процесса // stankiexpert.ru: сервер о станках, технологиях, оснастках. URL: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/obrabotka-davleniem/goryachaya-obemnaya-shtampovka.html> (дата обращения: 09.01.2021)

2. ГОСТ Р 59734 2021. Оптика и фотоника. ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ. Технологический процесс. Введ. 2022-03-01. М., 2021. 20 с.

3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. — М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2006. — 664 с.: ил.

Обзор перспектив использования лазеров в космическом приборостроении

Корендюхин Ф.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Баранов П.Н.

МАИ, Москва

В современном мире лазерные технологии используют в большом количестве сфер, начиная от бытовых приборов и заканчивая медициной.

Разберем сферу, которая нас интересует, а именно космос. На данный момент в ракетах уже используется большое количество приборов, оснащенных лазерными технологиями для различных показателей, к примеру: измерения времени, давления, температуры, скорости потоков жидкостей и газов, угловой скорости, концентрации веществ, оптической плотности. Но помимо этого всего есть и большие перспективы использования лазера в

космосе, над которыми уже ведутся работы, а над некоторыми уже были и эксперименты, а именно: полет в космос с помощью лазерного луча, исследование и ориентация в пространстве, связь с космосом, очистка космического мусора.

Разберем все перспективные разработки по использованию лазера и найдем в них плюсы и минусы.

С помощью лазеров можно запускать небольшие космические корабли к звездам. Это позволит ускорить изучение космоса, межзвездные перелеты будут занимать 10-20 лет, вместо тысяч лет. Главная особенность таких кораблей в том, что они будут значительно легче из-за отсутствия топлива, вместо него будет использоваться парус (солнечный, лазерный или микроволновый парус), ускорять его будет огромный орбитальный лазер. В NASA Филипп Любин уже начал работу по реализации этой идеи.

Лазерные «путеводные звезды» являются частью адаптивной оптики в астрономии. Данная технология используется для добавления резкости дальним объектам при их рассмотрении через телескоп. Когда свет от звезды проходит через слои атмосферы, вихревые потоки делают изображение размытым. Лазеры используются для создания искусственной звезды (ее еще называют «путевой»), которая становится относительно стабильной точкой в космосе. Лазерный луч искажается при его излучении с Земли, и адаптивная оптика используется для коррекции данного искажения. Сверхмощный компьютер измеряет искривление лазерного луча и передает их на зеркало с изменяемой поверхностью отражения. Когда «искривленный» свет от искусственной звезды достигает зеркала, компьютер изменяет поверхность зеркала так, чтобы волна отраженного света выпрямлялась. По этой методике можно создать четкое изображение находящихся рядом планет и звезд.

В современном мире очень актуальна такая тема, как лазерная связь. Такая связь позволяет передавать информацию (данные) на большее расстояние, нежели радиосвязь, скорость передачи также выше, благодаря более высокой частоте и концентрации энергии. Минусом лазерной связи является в основном только необходимость более точного наведения передающих и принимающих модулей относительно радиосвязи.

Уже был проведен эксперимент по использованию такой связи. Этот эксперимент имел две задачи: отработка в условиях космического полета на РС МКС основных технологических и конструктивных решений. В течение 2011 года были успешно проведены первые тестовые сеансы связи, во время них аппаратура бортовой терминал тестовой связи, которую установили на Российский сегмент МКС в режиме обнаружения, захвата и сопровождения научной технической лаборатории, установленной на станции оптических наблюдений функционировали в штатном режиме.

Космический мусор опасен как для спутников и ракет, так и для самой земли. Космический мусор образуется из обломков старых кораблей и обломков звезд и метеоритов. Он перемещается на большой скорости и самый маленький кусочек в открытом пространстве может привести к разгерметизации судна. Лазер является идеальным инструментом для очистки космического мусора. Лазерное излучение с высокой пиковой мощностью, достигая космического мусора, нагревает его поверхность до температуры испарения и создает импульс отдачи, либо в результате достижения фрагмент мусора распадается на более малые частицы.

Вышесказанное дает понять, что лазер является неотъемлемой частью в дальнейшем освоении космоса, с помощью него изучение космического пространства можно сделать более простым и быстрым.

NURBS замощение для промышленного применения с учётом генерации полигональной сетки

Коробов К.С.

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

МАИ, Москва

Замощение поверхностей (тесселяция) имеет значение для процесса проектирования, поскольку они обеспечивают визуальное представление рассматриваемой геометрии. Они могут также быть основой для создания подходящих сеток для анализа, предоставляя решателям начальную сетку, либо облегчая ее размерное поле градиента, где поле размера — это размер, продиктованный

пользователя в заданном месте в пространстве. Оптимальная тесселяция должна:

- Минимизировать количество треугольников
- Ограничить расстояние между поверхностью и дискретными гранями заданным пользователем и регулируемым допуском.
- Ограничивать угол между нормалью к поверхности и дискретной грани (фасета).
- Надежно справляться с различными типами вырождений на поверхности и выражать кривизну линии, обычно используемой в концептуальной разработке и ранних стадиях проектирование фюзеляжей самолетов и кораблей.
- Быть конформной или консистентной сеткой.

Последнее требование может быть необходимо в случае реализации визуальных задач (рендеринг макета изделия). Однако выполнение этого ограничения значительно упрощает дальнейшие процедуры пересоздания сетки. Значит, генерация тесселяции может быть переформулирована как задача интерполяции.

В первый подход к решения такой задачи был зафиксирован в литературе, как алгоритм «Триангуляция Делоне». Результаты такого алгоритма показывают, что триангуляция Делоне в преобразованной плоскости минимизирует максимальную ошибку интерполяции. Позднее эта работа была расширена, чтобы свести к минимуму ошибку градиента. В дополнении к этому оказалось, что можно найти зависимость между расстоянием аналитической поверхности и результатом триангуляции. Однако зависимость была глобальна, а сетка изотропна. Последнее является большой экстраполяцией. Учитывая последующие развитие способов триангуляции поверхности можно сделать вывод о том, что существует очень мало статей, исследований и работ на тему тесселяции в существующих САПР системах от основных поставщиков САПР. С учётом того, что мозаичное построение САПР не является полностью решенной проблемой само по себе.

Остальная часть этой работы будет рассматривать следующие аспекты:

- Параметрические кривые и поверхности вместе с их аппроксимацией. Они представляют собой наиболее широко используемый класс определения поверхности в ядрах САПР. Это позволяет нам определить основные инструменты, гарантирующие точную тесселяцию. Также обсуждаются некоторые практические ловушки, связанные с этим подходом.

- Краткое описание метода, который в максимально возможной степени опирается на использование трехмерного пространства вместо того, чтобы полагаться на непрерывность $G1$ параметрической формы.

- Наконец, иллюстрация возможностей на некоторых репрезентативных примерах.

Параметрические кривые и поверхности. В этой части рассматриваются параметрические кривые. Затем комментируются оценки ошибки интерполяции. Пусть C — параметрическая кривая из области $\omega \subset \mathbb{R} \in \Gamma \subset \mathbb{R}^3$:

$$C : \omega \subset \mathbb{R} \rightarrow \Gamma \subset \mathbb{R}^3; t \rightarrow C(t)$$

Обычно предполагается, что параметрическая кривая дважды дифференцируема по t . Однако на практике это может быть не так.

Основная цель тесселяции — максимально точно аппроксимировать геометрию кривой. Длина кривой представляет собой важный инструмент для выполнения этой задачи. Она вычисляется как определенный интеграл от нормы первой производной

параметрической кривой, границы интегрирования задаются соответственно требуемым измерениям. Важную часть в этом выражении занимает метрика.

Однако трехмерная длина кривой не указывает, следует ли использовать больше ребер сетки для точной дискретизации кривой. Ошибка интерполяции необходима для управления процессом уточнения. Изменяя метрику, используемую в длине кривой, можно получить больше информации о том, что нужно уточнить, как показано в следующем абзаце. Разлагая кривую в ряд Тейлора в окрестности точки t_0 можно сделать вывод о том, что при произвольной параметризации в оценке погрешности появляются члены первого и второго порядка. Выражения состоит в том, чтобы более четко выделить ту часть оценки погрешности, которая не основана на параметризации кривой. Для параметризации длины дуги видно, что второй порядок определяется кривизной в нормальном направлении.

Теперь опишем метод создания надежной тесселяции. Подход состоит из следующих основных задач:

1. Генерация структурированных точек. Первой и важной задачей процесса тесселяции является создание правильно расположенных точек на поверхности для захвата кривизны поверхности.

2. Вторая задача состоит в получении структурированной сетки для точек, при которой любая ячейка сетки, пересекающая границу обрезки, отбрасывается.

3. Генерация сетки: начиная со структурированного представления сетки на предыдущем шаге, на этом этапе применяется подход к созданию сетки для получения топологически соответствующей тесселяции возможно обрезанной грани.

4. Улучшения. Применение определенных операций с локальной сеткой для оптимизации результирующей тесселяции.

Применение дополненной реальности в сборочных процессах энергетического производства

Леон К.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Калачев О.Н.

ЯГТУ, Ярославль

Современные реалии авиастроения и ракетостроения демонстрируют применение AR-технологий (технологий дополненной реальности) в процессе конструкторско-технологической подготовки производств (КТПП) и во время производства изделий. В данном исследовании показано применение дополненной реальности на одном из важных этапов КТПП. В результате действия производственника становятся документированными, повышается эффективность сборочного процесса, решается вопрос обучения потребителя готовой продукции.

Поскольку все предприятия авиа- и ракетостроительной отрасли используют CAD/CAM системы и цифровые прототипы, переход к применению дополненной реальности не представляет такой сложности как это кажется на первый взгляд.

Для создания AR-проекта были выбраны следующие решения от компании Parametric Technology Corporation (PTC): Creo Parametric; Creo Illustrate; Vuforia Studio; Vuforia View. В качестве примера рассмотрим последовательность создания AR-проекта сборки станочного приспособления для обработки крышки подшипника авиадвигателя на станке с ЧПУ. В данном примере будет показано создание AR-проекта с самого начала.

На подготовительном этапе необходимо создать библиотеку цифровых прототипов деталей комплекта универсальных сборочных приспособлений (УСП) по существовавшим «бумажным» чертежам в ГОСТ [1]. Созданы в CAD/CAM Creo Parametric 3D-модели деталей, использованные при сборке приспособления [2].

Далее необходимо выполнить сборку приспособления в Creo Parametric, при этом на основе изучения структуры и функционирования приспособления предусмотреть, заложить, задать последовательность вхождения каждой детали. Для наглядного понимания

сопряжения деталей сборочные единицы были выполнены в различных цветах, но при этом детали одного типа имеют одинаковый цвет.

Следующим этапом AR-проекта является создание «иллюстрации» схемы разборки-сборки станочного приспособления, которая сделана по разработанной схеме сборки в приложении Creo Illustration.

Только после создания «иллюстрации» разборки-сборки приспособления можно переходить к закупаемому этапу — созданию AR-приложения. Для этого используем приложение Vuforia Studio (VS).

В целях удешевления проекта устройством отображения был выбран мобильный телефон на платформе Android/iOS. При этом имеется возможность использовать очки дополненной реальности.

В среде VS была реализована компоновка следующих объектов визуализации: модель сборки, «бумажный» чертеж приспособления, наименование приспособления. Сгенерировав специальную ThingMark метку или метку привязки объекта к плоскости, встроили модель сборки приспособления над размещенной расположенной ранее меткой. Затем добавлялась дополнительная информация: изображение сборочного чертежа, название приспособления. Ее необходимо расположить в местах, удобных конечного потребителя-сборщика в производственных условиях. Данную информацию лучше оформить в виде табло, которое будет поворачиваться вслед за поворотом устройства просмотра. Это позволит всегда реализовывать хороший пространственный обзор, например, рабочей зоны станка.

После расположения объектов в 3D-пространстве можно переходить к созданию интерфейса приложения. Для этого необходимо обдумать нужные функции при просмотре AR-проекта. В нашем случае необходимы такие функции: воспроизвести всю анимацию; остановить анимацию; запустить пошаговую анимацию; вернуться на шаг назад; вернуться к самому началу. Исходя из необходимого функционала, создаем необходимые кнопки интерфейса путем добавления виджета «Button» в рабочее пространство. Для создания функционала данных кнопок необходимо перетащить стрелку, стоящую рядом с «Click» в свойствах «Button», на добавленную ранее модель и выбрать из списка необходимый функционал, например, «Start all» запускающий непрерывное воспроизведение анимации.

Теперь необходимо произвести публикацию на серверах компании РТС созданного AR-проекта. При этом имеется возможность использовать локальный сервер именно своей компании, к которому будут иметь доступ только «свои» работники.

После публикации можно переходить к просмотру созданного проекта через приложение Vuforia View на мобильном устройстве. Здесь представлен привычный сборщику чертеж и управляемая кнопками заложенная в проект последовательность сборки-разборки станочного приспособления. Одновременно на столе подготовлены отобранные для сборки детали комплекта УСП.

В данной работе на примере УСП исследовалось возможность привязки отдельных физических деталей к месту размещения на кассетном столе до или после сборки. Для этого генерировались метки каждой детали и привязывались к ее 3D-модели, при этом распечатанные метки фиксировались в нужной секции кассеты деталей УСП.

Таким образом, в докладе представлены направления применения AR на современном производстве и опыт исследования этапов создания AR-проектов при КТПП на предприятии.

Разработка и исследование опытной технологии аддитивного производства элементов транспортабельного барокомплекса

Макатров Н.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Адрианова Н.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время в отечественной водолазной медицине остро стоит проблема снабжения транспортировочными барокамерами отдаленных участков проведения водолазных и поисково-спасательных работ на море. Для водолазов, проводящих подводно-

технические, научно-исследовательские и, особенно, промышленные работы в отдаленных местах, где отсутствуют декомпрессионные барокамеры, при возникновении декомпрессионной болезни и баротравмы легких единственным способом сохранить жизнь или не получить инвалидность является скорейшая доставка их к декомпрессионной барокамере. В этой связи, сокращение срока ожидания до начала рекомпрессии, за счет внедрения промежуточного звена, такого как транспортировочная барокамера, является перспективным направлением водолазной медицины.

Так, при выполнении работ в рамках «Концепции развития водолазной медицины в военно-морском флоте» [1] на предприятии ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» был разработан транспортный барокомплекс БВТ-С «Кубышка». Данный барокомплекс и режимы лечебной рекомпрессии [2] успешно применялись на практике [3], но сложность изготовления барокамеры и ее элементов делает их производство трудозатратным, а как следствие — дорогим.

Целью данной работы является разработка конструктивно-технологических решений, обеспечивающих уменьшение трудозатрат изготовления отдельных элементов барокомплекса БВТ-С «Кубышка» при соблюдении предъявляемых к нему требований.

В работе рассматривается опыт применения технологии аддитивного производства на примере изготовления поглотителя CO₂, а также результаты исследования влияния технологических параметров 3D-печати на точность изготовления элементов для выбранной связи оборудование-материал. На основе проделанной работы оценена эффективность применения технологии аддитивного производства по таким критериям, как:

- Трудоемкость изготовления.
- Количество и сортамент используемого материала.
- Массогабаритные характеристики.

Разработка универсальных композиционных модульных средств технологического оснащения для производства композиционных панелей с ячеистым наполнителем различного назначения

Матвеева Т.Ю.

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

УлГТУ, Ульяновск

На сегодняшний день при производстве средств технологического оснащения для ячеистого наполнителя используется специализированная оснастка. Введение универсальных модулей для такой оснастки позволит существенно улучшить конструктивную технологичность изготавливаемых средств технологического оснащения. Кроме того, в настоящее время большая часть средств технологического оснащения, работающих при повышенных температурах и давлениях, изготавливается из различных сплавов, что подразумевает такие дорогостоящие технологические процессы, как литье, фрезерование и прочая лезвийная обработка с большим количеством отходов и повышенными энергозатратами. Переход на аддитивные технологии и создание специальных композиционных материалов и покрытий, выдерживающих высокие температуры и нагрузки, позволит существенно сократить себестоимость изготовления панелей с ячеистым наполнителем.

Основным назначением универсальных, композиционных, модульных средств технологического назначения для производства панелей с ячеистым наполнителем является снижение стоимости получения легких, равнопрочных, многофункциональных панелей, используемых при изготовлении изделий различного назначения, а также снижение сроков на их изготовление. Порядка 95% средств технологического оснащения при производстве панелей с ячеистым наполнителем являются специализированными конструкциями. Данная технология может широко использоваться не только в самолетостроении и машиностроении в целом, но и применяться при производстве товаров народного потребления, таких как мебель, строительные конструкции.

Качественными отличиями данного универсального переналаживаемого модульного оборудования для производства ячеистого заполнителя, производимого для композиционных панелей различного назначения, являются:

- Возможность полной увязки различных модулей между собой;
- Быстрота и точность получаемых на моем оборудовании ячеистых заполнителей;
- Возможность использовать конструкцию ячеистого заполнителя не только для создания прочных конструкций из композиционных материалов, но и функциональных конструкций.

Количественными характеристиками являются:

- Температурный режим, при котором может работать универсальное, переналаживаемое, модульное оборудование;

- Размер ячеистого заполнителя, получаемого на моем оборудовании;
- Стоимость применяемых композиционных материалов для печати модулей универсального сборочного приспособления;

- Прочностные и жесткостные характеристики.

Таким образом можно сделать заключение о том, что использование универсального переналаживаемого модульного оборудования для изготовления панелей поможет снизить временные и денежные затраты на их производство, тем самым обеспечив бесперебойную работу производства.

Методики исследования фотокаталитических свойств покрытий

Медвецкова В.М., Орестова П.М.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Крит Б.Л.

МАИ, Москва

Исследования возможностей создания эффективных методов модифицирования поверхности для снижения выживаемости на них различных вирусов, бактерий и микроорганизмов очень актуальны. И создание самоочищающихся покрытий является действенным способом для снижения распространения вирусных инфекций. Среди наиболее эффективных решений выделяются защитные покрытия, проявляющие фотокаталитические свойства.

Прогрессивным способом формирования фотокаталитических покрытий является применение плазменно-электролитной обработки (ПЭО) поверхности [1].

Фотокаталитические свойства ПЭО-покрытий определяются по разным методикам. Самым технологичным способом признан спектрографический метод по реакции фотодegradации красителя — метилового оранжевого.

Фотокаталитическая активность по данной методике определяется путем облучения ультрафиолетовой лампой реактора, содержащего раствор красителя и дисперсии фотокатализатора. В процессе облучения отбираются аликвоты раствора красителя через каждые 20 минут. Затем раствор центрифугируют с целью отделения частиц фотокатализатора перед фотометрическим измерением концентрации красителя в пробе. Полученные спектры красителя регистрируются спектрофотометром. Ход реакции фотодegradации отслеживается по снижению интенсивности полосы поглощения красителя с $\lambda_{\max} = 461$ нм.

Список использованных источников:

1. Curran J., Chipasa K., Leigh A., Patent US 2015/0068906 A1, 2015; Jiang H, Shao Z, Jing B. Effect of electrolyte composition on photocatalytic activity and corrosion resistance of micro-arc oxidation coating on pure titanium // Procedia Earth and Planetary Science (2011) 2(1) 156-161 DOI: 10.1016/j.proeps.2011.09.02

Разработка программной системы комплексного моделирования операций механической обработки

Михрютин А.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Кошкин В.И.
ГГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

В настоящее время высокоточные детали сложной формы, применяемые в авиадвигателестроении изготавливаются с использованием механической обработки. При механической обработке возникает проблема обеспечения заданного качества обработки при достижении максимальной производительности. Получаемое качество изготовления деталей зависит от режимов резания, геометрии используемого инструмента, геометрии заготовки и снимаемого слоя, а также от точности используемого оборудования. Существующие системы автоматизированной разработки управляющих программ не учитывают целый ряд параметров процесса обработки, в том числе реальную геометрию инструмента. При подборе инструмента учитываются указанные в каталоге производителя рекомендуемые режимы, обрабатываемые материалы и виды поверхностей. Режимы резания указываются широким диапазоном для целых классов обрабатываемых материалов. При сложной геометрии обрабатываемой поверхности не всегда возможно полностью обработать элемент выбранным инструментом. Подбор корректной траектории движения инструмента производится на основании практического опыта. Поэтому в процессе опытных работ зачастую приходится заменять инструмент и траекторию его движения, подбирать режимы резания, что увеличивает время изготовления.

Указанные обстоятельства определяют актуальность разработки цифровой модели процесса механической обработки, позволяющей решить эти проблемы путем моделирования до проведения экспериментальных работ.

Создан набор прикладных программ для моделирования процесса обработки. Определение геометрии детали и сечения среза производится на основе программного анализа с использованием цифровых моделей технологической системы. Для расчета геометрии сечений среза и построения моделей объема, экранируемого движущимся зубом инструмента было применено графическое ядро 3D-CAD системы OpenCASCADE.

Геометрия инструмента для построения модели обработки получается при помощи одной из созданных прикладных программ. В настоящее время чаще всего используется инструмент со сменными многогранными пластинами, поэтому было реализовано создание его цифровой модели. При помощи стандартизированных параметров задается геометрия инструмента. Отдельно задается ориентация пластины в инструменте. Программа позволяет рассчитать предварительные параметры инструмента, позволяющие оценить его работоспособность за счет определения задних статических и кинематических углов.

Для моделирования обработки задается цифровая модель станка. Для каждой оси станка возможно задать погрешности направляющих на произвольных положениях оси. Заготовка и инструмент также входят в технологическую систему.

В результате расчета получается геометрия обработанной детали. В дальнейшем планируется развивать работу в направлении учета термомеханических явлений в процессе обработки на основе использования метода конечных элементов.

Экспресс-оценка износостойкости поверхностей покрытых консистентной смазкой с присадками графена

Мишаков С.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хопин П.Н.
МАИ, Москва

Как известно, в различных механизмах и узлах трения (в том числе и резьбовых соединениях) в непосредственном контакте друг с другом всегда находится некоторое количество деталей. В таких устройствах первостепенное значение приобретает вопрос уменьшения трения и повышения износостойкости и долговечности всего изделия.

В настоящее время для решения этой проблемы широко применяются различные пластичные (консистентные) смазки. Такие смазки представляют собой сложную многокомпонентную систему. Как правило, подобные смазки состоят из жидкого основания (дисперсионной среды), твёрдого загустителя (дисперсной фазы) и различных добавок и присадок. В качестве дисперсионной среды применяют различные масла и жидкости. А в роли твёрдого загустителя могут выступать как органические, так и неорганический сорта мыл и другие вещества, например, бентонитовая глина.

Многие технические характеристики смазок зависят не только от свойств дисперсных сред, но также от загустителей. Диапазон использования смазок сильно зависит от температуры плавления и разложения загустителя и степени растворимости его в масле, а также от величины концентрации загустителя в составе смазки.

Сейчас очень перспективной добавкой к маслу считается графен. В связи с этим проводятся обширные исследования эффективности применения графена [1], в том числе как смазочного материала [2]. Поэтому целью данной работы являлось изучение износостойкости поверхностей при граничном трении с использованием присадок графена. Экспресс-оценка производилась по схеме возвратно-поступательного движения «шарик-плоскость» для пары ШХ15–сталь 30ХГСА при нагрузке 25 Н в течение 20 мин. с измерением объёма износа основы. В результате проведённых исследований установлено, что при добавлении в консистентную смазку 0,5% графена (по массе) объёмный износ металлической основы на 48% ниже, чем в случае применения чистой смазки.

Список использованных источников:

1. Грачев В. И. Первая российская конференция «Графен — молекула и 2D-кристалл» (Новосибирск, 8-12.09.2015). ж-р. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2015, т.7, № 2, с. 108-130

2. Shigeki Kawai, Andrea Benassi, Enrico Gnecco and others. Superlubricity of graphene nanoribbons on gold surfaces. Science 351(6276):957, February 2016, DOI: 10.1126/science.aad3569.

Комплексная оценка процесса аддитивных технологий, применяемых к камерам жрд с регенеративным охлаждением

Мунинов А.А., Мунинов А.А., Валиев С.Э.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Чемпинский Л.А.

Самарский университет, Самара

Для большинства жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) требуется охлаждение для поддержания структурной целостности камеры сгорания, которая подвергается высоким тепловым и газодинамическим нагрузкам. Это охлаждение обычно называют канальным охлаждением или регенеративным охлаждением, поскольку топливо из системы охлаждения камеры сгорания затем используется для впрыска как часть процесса горения.

Исторически сложилось так, что камеры сгорания ЖРД были изготовлены с использованием многочисленных производственных методов. Наиболее распространённые методы изготовления камер сгорания включают стенку труб (например, RL-10, RS-27) и стенку канала (например, RS-25, Vulcain). Эти традиционные подходы используют ряд методовковки и сборки, которые включают ковку, механическую обработку, гальванопокрытие, сварку и пайку, среди ряда других методов. Несмотря на то, что эти производственные технологии хорошо зарекомендовали себя в отрасли, они часто оказываются трудоемкими, дорогостоящими и приводят к появлению компонентов и последующих систем с большим количеством деталей. Новым методом производства, который превосходит эти улучшения, является аддитивные технологии (АТ).

Аддитивные технологии представляют большие возможности для новых материалов, оптимизации массы, а также для реализации сложных форм и геометрий, которые невозможно или слишком дорого создать с помощью традиционных технологий производства. Кроме того, изготовление камеры ЖРД методами аддитивных технологий

позволяет значительно сократить время производства по сравнению с традиционными методами, что также значительно снижает сопутствующие затраты.

Сплавление лазерного порошкового слоя (L-PBF), также известное под торговыми названиями «Селективное лазерное плавление» (SLM), среди прочего, является одним из наиболее часто используемых методов обработки металла. Исходное сырье поставляется в виде порошка, который наносится и расплавляется слой за слоем на сборную плиту. Лазерный луч обеспечивает необходимую энергию в микромасштабном фокусе, где порошок поглощает эту энергию, создавая локальное плавление. После того, как один слой закончен, монтажная пластина опускается, для повторного нанесения покрытия, и процесс плавления продолжается до тех пор, пока не будет реализована трехмерная форма. Нанесенный слой имеет типичную высоту в диапазоне 20 – 100 мкм.

Общепринятой тенденцией является то, что большинство компаний опираются либо на суперсплав, либо на конструкцию камеры из высокопроводящего медного сплава. Суперсплавы были распространены до 2015 года, до того как медные сплавы были полностью разработаны и охарактеризованы с использованием L-PBF. Несмотря на то, что суперсплавы используются, они не являются оптимальным материалом для высокопроизводительных камер сгорания без использования пленочного охлаждения или других конструктивных изменений, которые могут повлиять на производительность.

Направленное энергетическое осаждение (Directed energy deposition (DED)) работает по принципу осаждения газопорошковой струи при помощи направленного энергетического воздействия. В отличие от L-PBF, исходное сырье наносится только локально для создания детали произвольной формы, вместо того, чтобы покрывать всю сборную пластину порошком. Для направленного энергетического осаждения может использоваться порошковое или проволоочное сырье. Процессы DED больше подходят для больших камер сгорания, сопел с каналным охлаждением или удлинителей сопел с радиационным охлаждением.

Хотя DED имеет более низкую точность по сравнению с L-PBF, его можно использовать вместе с L-PBF для многометаллических конструкций. Этот гибридный процесс L-PBF и DED был осуществлён для биметаллических и мультиметаллических камер сгорания, которые должны работать при высоких давлениях в камере сгорания и высоких тепловых нагрузках. Эта технология также обеспечивает оптимизированную по массе структуру, которая позволяет использовать различные сплавы локально в соответствии с требованиями конструкции.

Как порошковые, так и проволоочные методы DED подходят для биметаллических камер сгорания, включая конструктивные решения. Основное различие между этими двумя производственными подходами заключается в том, что процесс изготовления корпуса на основе порошка требует предварительно изготовленной камеры с закрытыми каналами. Оба метода изготовления биметаллических изделий можно рассматривать как потенциальную альтернативу гальванопокрытию или пайке, методам, которые часто используются в традиционных конструкциях двигателей.

Электролитно-плазменные катодная нитроцементация и анодное полирование стали для улучшения эксплуатационных свойств

Наумов И.М., Пская Е.К., Авакян В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тамбовский И.В.
КГУ, Кострома

Данная работа посвящена изучению эффективности использования анодного электролитно-плазменного полирования для улучшения поверхностных характеристик и эксплуатационных свойств стали 20, поверхность которой предварительно подвергалась катодной нитроцементации и закалке.

Катодная электролитно-плазменная нитроцементация (КЭПНЦ) цилиндрических образцов из стали 20 высотой 15 мм и диаметром 11 мм проводилась при температуре 850°C

в водном растворе электролита, содержащем 5% хлорида аммония и 20% карбамида. Температура электролита поддерживалась равной $30 \pm 2^\circ\text{C}$, а скорость его циркуляции в системе составляла 2,5 л/мин. В конце катодного процесса образцы закалялись в электролите. Последующее анодное электролитно-плазменное полирование (АЭПП) проводилось в течение 1 и 2 минут при напряжении 325 В в 5%-ном растворе сульфата аммония, температура которого поддерживалась равной 70°C . Скорость циркуляции электролита при АЭПП составляла 1,0 л/мин, а температура образцов не превышала 100°C .

Распределение микротвердости в поперечном сечении образца изучалось методом Викерса с помощью тестера микротвердости Falcon 503 при нагрузке 0,1 Н. Шероховатость поверхности образцов до и после азотирования измерялась с помощью профилометра TR200. Износостойкость образцов была изучена с помощью лабораторной машины трения в условиях сухого трения с использованием в качестве контртела закаленной стали ХВГ при нагрузке 10 Н, скорости скольжения образца по контртелу 1,555 м/с на пути трения 1000 м.

КЭПНЦ при 850°C в электролите, содержащем карбамид и хлорид аммония, в течение 5–30 минут приводит к росту шероховатости Ra и Rz. Анодное полирование в 5%-ном растворе сульфата аммония при 70°C , 325 В в течение 1 и 2 минут позволяет в 1,5 раза уменьшить поверхностную шероховатость образцов.

КЭПНЦ и закалка в конце обработки позволяют повысить микротвердость стали 20 до 1020 HV, что более чем в 6,5 раз превышает микротвердость необработанных образцов. Толщина упрочненного слоя коррелирует с продолжительностью нитроцементации. АЭПП в исследуемых условиях не значительно уменьшает микротвердость и толщину модифицированного слоя.

В результате трибологических испытаний образцов из стали 20 до электролитно-плазменной обработки, после КЭПНЦ и КЭПНЦ+ЭПП установлено, что максимальное снижение коэффициента трения поверхности и убыль массы при трении образцов наблюдается после нитроцементации в течение 30 минут. Анодное ЭПП в течение 1 минуты при 70°C и 325 В снижает коэффициент трения в 1,8 раза, а убыль массы при трении образцов в этом случае близка к нулевому значению.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромскому государственному университету

Проблематика симуляции роботизированных производственных процессов

Нейперт Т.А.

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

МАИ, Москва

Развернутая цифровизация в рамках четвертой промышленной революции явилась причиной появления такого направления в подготовке производства как моделирование «цифрового двойника» производства, возможное как перед запуском проекта в рамках предпринятия, так и в условиях запустившегося производства. Для моделирования таких «двойников» используются программы имитационного моделирования, позволяющие максимально точно перенести практически любой производственный процесс в цифровой вид.

В рамках работы в CAD-системах была создана роботизированная сварочная ячейка, предназначенная для сварки топливных баков летательного аппарата, после чего была перенесена в ПО для симуляции Tecnomatix Process Simulate.

Попытка использовать такое программное обеспечение для верификации процессов с участием промышленных манипуляторов была проведена успешно.

По ее итогам были выделены две категории проблем: зависящие от ПО и зависящие от качества проработки модели. К первой категории было отнесены отсутствие функции автоматического уклонения роботизированной руки с установленной аргонодуговой горелкой в случае коллизии с баком, оснасткой и прочими элементами ячейки, а также отсутствие возможности просчета деформации металла при создании сварочного шва. Ко второй категории была отнесена проблема переноса смоделированной роботизированной

ячейки в реальное производства с сохранением точного взаиморасположения элементов относительно друг друга, и еще сложнее перенести реальную производственную ячейку в программу без использования специализированного измерительного инструментария.

Выведенные по итогам симуляции проблемы не позволяют в достаточной мере считать достоверной модель процесса, перенесенного в цифровой вид. Для производственного предприятия такая модель не будет считаться валидной, а значит не имеет практической ценности.

Решение вышеописанных проблем возможно при предварительном тщательном изучении особенностей конкретно выбранного сварочного процесса, а также предварительном закладывании в координаты положений промышленного робота погрешностей, позволяющих избежать коллизий с объектами ячейки. Первично созданная модель может служить для исследования конкретного взятого сварочного процесса в первом приближении, а конкретно выявленные проблемы решать в другом специализированном ПО.

Адаптация конструкции поршневого компрессора для вспомогательных систем воздушного и наземного транспорта под аддитивное производство

Плискин М.В., Лебитков В.К.

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

Проблема снижения веса конструкции транспортного средства при сохранении функционала и эксплуатационных показателей является одной из ключевых во всей машиностроительной отрасли. Даже небольшое уменьшение массы позволяет поднять экономичность и улучшить эксплуатационные характеристики изделия. В этих условиях каждая деталь в транспортном средстве должна быть оптимизирована.

В представленной работе рассматривается четырехступенчатый поршневой компрессор, который используется для сжатия рабочего тела во вспомогательных системах воздушного и наземного транспорта. Основными элементами компрессора являются корпус (картер), цилиндры и механизм движения.

Деталь корпуса наиболее массивная часть всей конструкции и представляет собой толстостенный элемент с множеством технологических отверстий. Его изготовление ведется методом литья с последующей обработкой посадочных поверхностей. Данная технология обладает рядом существенных недостатков, таких как:

- Использование больших производственных площадей и энергоемкого оборудования;
- Трудность выполнения отливок со сложной геометрией;
- Сложность изготовления мелких и тонкостенных отливок;
- Неудовлетворительные условия труда.

При разработке компрессора картер проектировался под производство литьем, поэтому на его конструкции сказались ограничения, которые накладывала эта технология. В итоге деталь имеет большой вес и избыточный запас прочности.

На данный момент в мире активно развиваются аддитивные технологии. Они позволяют оптимально использовать материал и без создания какой-либо оснастки, создавать изделия сложной формы. Применение аддитивных технологий открывает большой простор для конструкторов, снимая ряд ограничений, наложенных традиционными технологическими процессами.

Изготовление картера методом селективного лазерного сплавления позволит существенно снизить массу компрессора и трудоемкость его производства. Однако, перед использованием этого перспективного технологического процесса необходимо учесть некоторые технологические ограничения, которые накладывают аддитивные технологии. Основным ограничением является необходимость установки поддерживающих структур под нависающие поверхности. По этой причине была проведена адаптация геометрии корпуса компрессора под аддитивное производство.

Далее полученная деталь была дополнительно оптимизирована в программной системе топологической и топографической оптимизации — Altair Inspire. Все это привело к уменьшению веса корпуса компрессора более, чем на 25%. Механические характеристики изделия при этом снижены не были.

Повышение ремонтпригодности ГТД методом холодного газодинамического напыления

Полонцов С.М.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

Обеспечение безотказной работы газотурбинного двигателя после технического обслуживания, среднего или капитального ремонта во многом зависит от качества доработанных, если это возможно, деталей. Не является исключением и НК-12 — турбовинтовой двигатель, устанавливаемый на стратегический бомбардировщик Ту-95, транспортный Ан-22 и др. В процессе эксплуатации двигателей НК-12 была обнаружена негерметичность стыка картера вала заднего винта (КВЗВ) и картера редуктора, который, в свою очередь, является одним из элементов силовой части двигателя, он воспринимает усилия от тяги винтов, веса КВЗВ с винтами, веса ходовой части редуктора и других нагрузок, возникающих при эволюциях самолета. Причиной, послужившей появлением негерметичности стыка, стала деформация (отклонение от круглости сверх допуска) картера редуктора вследствие воспринимаемых нагрузок при эксплуатации. Последствия данного дефекта, приводят к попаданию масла в проточную часть двигателя, что приводит к замасливаю узлов и агрегатов, и, попадая в камеру сгорания, вызывает некорректную работу двигателя в целом.

Для восстановления герметичности была использована технология, состоящая из операций механической обработки для устранения овализации и последующим восстановлением номинальных размеров посредством нанесения покрытия методом холодного газодинамического напыления (ХГН).

Сущность метода ХГН заключается в том, что порошок с размером частиц 10...60 мкм ускоряют за счет подачи нагретого воздуха, температура которого определяется формулой (1), под давлением 0,5...1 МПа со скоростью до 600 м/с и направляют на поверхность, подлежащую восстановлению. Весь процесс происходит в герметичной камере. Технология используется для нанесения покрытий, как из металлических порошков, так и с добавлением керамики (композитов). Многокомпонентные покрытия обладают свойствами прочности, жаростойкости, коррозионной стойкости недостижимыми при использовании однокомпонентных покрытий.

$$T=0,4...0,7 T_{пл}, (1)$$

где $T_{пл}$ — температура плавления порошка.

К основными достоинствами метода ХГН можно отнести:

1. компактность установки;
2. малая стоимость оборудования;
3. невысокая себестоимость процесса в связи с отсутствием использования реакционных газов.

Также, в отличие от газотермических систем напыления, рабочие температуры которых больше или равны температурам плавления частиц порошка, что, очевидно, приводит к их расплавлению, сжатию после охлаждения и, как следствие, возникновению остаточных растягивающих напряжений в покрытии, метод ХГН же, за счет температуры частиц меньшей температуры плавления, при напылении формируются сжимающие остаточные напряжения за счет кинетической энергии соударения о восстанавливаемую поверхность.

За основу для напыляемого покрытия была взята порошковая смесь, состоящая из $Al+Zn+Al_2O_3$. Выбор порошковой смеси проводился на основе рекомендаций НИЦ «Курчатовский институт» и Обнинского центра порошковой металлургии.

В ходе ремонтных работ выполнено:

1. восстановление бракованного картера редуктора с температурой напыляемой порошковой смеси — 500°C, после чего восстановленная поверхность механически обработана;

2. капиллярный контроль доработанной и механически обработанной поверхности;
3. адгезионное испытание образцов по клеевой методике.

В результате, отработанный технологический процесс восстановления картера редуктора позволяет избежать дорогостоящей замены деталей, а также расширяет использование, в том числе в наземных ГТУ, наработка которых достигает десятки тысяч часов и экономическая составляющая играет большую роль.

Список использованных источников:

1. Алхимов А.П., Клинков С.В., Косарев В.Ф., Фомин В.М. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. М.: Физматлит, 2010. 536 с.

2. Анциферов В.Н., Бобров Г.В., Дружинин Л.К. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. М.: Металлургия, 1987. 792 с.

Определение влияния режимов термической обработки синтезированных образцов на свойства никелевого сплава Inconel 718

Поляков С.А.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Жаропрочные сплавы на основе никеля и кобальта особенно хорошо подходят для эксплуатации в условиях высоких температур, где требуется устойчивость к ползучести, коррозии и тепловому удару. Как правило, упрочнение в этих сплавах достигается по твердорастворному механизму и за счет выделения дисперсных фаз. Сплав Inconel 718 широко используется в настоящее время, на его долю приходится до 50% веса авиационных турбореактивных двигателей, он является основным материалом для изготовления дисков, лопаток и кожуха секции высокого давления компрессора, а также некоторых лопаток секции турбины.

Большинство деталей Inconel 718 производятся методом литья по выплавляемым моделям. По сравнению с другими традиционными методами обработки металла, он позволяет улучшить использование материала, возможность производить относительно сложные конфигурации при сниженных затратах. Однако литье по выплавляемым моделям может быть невыгодным из-за восприимчивости Inconel 718 к металлургическим дефектам, таким как пористость, сегрегация и очень крупные размеры зерен, что снижает работоспособность и требует последующих этапов обработки, увеличивая стоимость готовых компонентов. Еще одна проблема, связанная с литьем по выплавляемым моделям, заключается в длительных сроках технологической подготовки производства и необходимости использования специальной дорогостоящей и долго изготавливаемой оснастки.

Ввиду данных причин, а также в силу особенностей механической обработки использование Inconel 718 в 3D-печати металлами широко распространяется. Сплав Inconel 718 хорошо сваривается, поэтому он применим для аддитивного производства деталей машин методом послойного селективного лазерного сплавления (SLM).

Однако ввиду быстрого затвердевания металла при SLM-методе, отсутствия подходящей микроструктуры и низкого уровня свойств необходимо проведение корректировки традиционной термической обработки материала.

Перед началом процесса синтеза образцов, металлический порошок на основе Inconel 718 должен пройти соответствующий входной контроль с целью проверки качества сплавления металлопорошковой композиции (МПК) в установке. Были проверены два производителя данной МПК с целью определения свойств исходного сырья.

Целью данной работы является опробование разных способов постобработки с целью оптимального выбора для синтезированного материала на основе никеля, определение и сравнение механических свойств изготовленных образцов.

В качестве опробования проводилась высокотемпературная гомогенизация и газоизостатическое прессование с применением двухэтапного старения материала, полученного методом селективного лазерного сплавления.

Предварительная термическая обработка (высокотемпературная гомогенизация) до 1070°C способствует растворению вредных фаз Лавеса, гомогенизации содержания Nb и уменьшению остаточных напряжений

Также из-за восприимчивости Inconel 718 к таким металлургическим дефектам, как пористость, сегрегация и очень крупные размеры зерен, которые способны снизить работоспособность, Inconel 718 может подвергаться горячему изостатическому прессованию (ГИП), чтобы минимизировать усадочную пористость.

Метод определения параметров распределения потока газа на входе в турбину авиационного ГТД

Поперечный С.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лепешкин А.Р.

МАИ, Москва

В данной работе приводится разработанный метод определения параметров распределения потока газа на входе в турбину авиационного газотурбинного двигателя (ГТД). На основе обзора и анализа опубликованных работ и статей в области расчетно-экспериментальных исследований распределений температур газа в камере сгорания и распределений температур на входе в турбину ГТД построена обобщенная средняя эмпирическая кривая зависимости температуры газа от максимального перепада температуры газа в распределении (на входе в турбину). Полученная эмпирическая кривая хорошо описывается экспоненциальной зависимостью или полиномом второй или третьей степени.

Для конкретных параметров разрабатываемого или перспективного авиационного двигателя по известной методике вычисления газодинамических параметров двигателя рассчитываются температура газа перед турбиной и конструктивная высота рабочей лопатки первой ступени турбины ГТД. С помощью разработанного метода по полученной средней эмпирической кривой и рассчитанной температуре газа определяются максимальный и минимальный перепады температур газа в распределении и по полученным точкам строится распределение потока газа по конструктивной высоте рабочей лопатки первой ступени турбины ГТД.

С использованием разработанного метода можно определить параметры распределения потока газа на входе в турбину для самолетного или вертолетного ГТД. Далее можно провести экспресс-анализ и расчет теплового и термонапряженного состояния и параметров прочности и долговечности рабочей лопатки турбины ГТД [1-7] с учетом полученного распределения потока газа и других граничных условий.

Список использованных источников:

1. Lepeshkin A., Remchukov S., Yaroslavtsev N., Ilinskaya O. et al. Test technique for turbine cooled blades of gas turbine engines // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. V. 1925. No. 012086.
2. Lepeshkin A.R., Kuvaldin A.B., Lepeshkin C.A., Ilinskaya O. I. Method for modeling the modes of induction heating of turbine blades // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. V. 950, 012022.
3. Kuvaldin A.B., Lepeshkin A.R., Pyinskaya O.I., Fedin M.A., Kuleshov A.O. Simulation of thermal state of parts with ceramic coatings in a high frequency electromagnetic field // *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 2021. V. 85. No. 12. — pp. 1507-1509.
4. Лепешкин А.Р., Ильинская О.И., Маликов С.Б. Динамика и прочность авиационных газотурбинных двигателей. Учебное пособие. М.: МАИ. 2020. 100 с.
5. Lepeshkin A.R., Ilinskaya O.I., Nazarov V.V. Investigations of thermal barrier coatings of turbine parts using gas flame heating // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. V. 899(7). 072002.
6. Лепешкин А.Р., Поперечный С.С. Анализ влияния климатических условий на эксплуатационные характеристики вертолетных двигателей и пути их повышения //

Материалы IV отраслевой конференции по измерительной технике и метрологии «КИМИЛА-2020». 4-5 октября 2021. Жуковский, Дом ученых ЦАГИ. 2021. — С. 110-114.

7. Лепешкин А.Р., Ильеня М.Ю., Ильинская О.И. Совершенствование контроля параметров вертолетной двигательной установки // Материалы IV отраслевой конференции по измерительной технике и метрологии для исследований летательных аппаратов. 10–11 ноября 2020 г., ЦАГИ, Жуковский. 2020. — С. 293-296.

Электрохимическая микрообработка полупроводниковых материалов с ограничением слоя травления

Сидоров В.Н.

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

ТулГУ, Тула

В настоящее время среди полупроводников материалов III-V группы в качестве материала подложки используется арсенид галлия (GaAs) так как он быстрее и эффективнее, чем кремний из-за того что электроны движутся почти в пять раз быстрее. Арсенид галлия применяется для изготовления различных изделий, таких как транзисторы, интегральные схемы, маломощные усилители, усилители мощности [1].

Контактные способы обработки могут привести к разрушению пластины из-за ее хрупкости. Бесконтактные способы такие как лазерная обработка и обработка электронным лучом требуют высоких энергетических затрат и в процессе обработки возникают зоны остаточного термического влияния [2].

В отличие от классической электрохимической микрообработки (ЭХМО) материалов, метод ЭХМО с ограничением слоя травления (ОСТ) представляет собой метод электрохимического индуцированного химического травления, процесс протекания которого можно описать следующим образом:

1) На поверхности электрода-инструмента (ЭИ) создается слой травителя; Из-за свободной диффузии травителя в рабочем растворе трудно контролировать форму и толщину слоя травителя, что сказывается на точности обработки.

2) Ограничение слоя травителя с помощью поглотителя. В результате реакции травитель концентрируется в области ЭИ;

3) Микрообработка химическим травлением.

В качестве материала для ЭИ применяются платина или оргстекло платиновым покрытием. Для металлов и сплавов в качестве травителя применяют HF, NaClO₃, NaNO₂, Fe, NO₃ а в качестве поглотителя NaOH и бипериден [3,4]. Для полупроводников таких как кремний и GaAs часто используется Wg как травитель, а L-цистин как поглотитель [5-7].

В работе [6] были получены микроотверстия в GaAs с помощью ЭХМО с ОСТ где в качестве поглотителя использовался L-цистин. Диаметр отверстий составил 140 мкм, а глубина 5,5 мкм. Также для обновления рабочей жидкости в межэлектродном зазоре применяли циклическую схему обработки.

В работе [7] авторы проводили обработку кремния и арсенида галлия с помощью ЭХМО с ОСТ. По сравнению с процессом травления GaAs в с соотношением концентраций 3:1 L-цистина к Wg- в растворе, для травления Si соотношение концентраций должно быть 50:1. Причем для обработки Si необходимо добавление катионного поверхностно-активного вещества (хлорид цетилтриметиламмония) для уменьшения влияния водорода на точность обработки.

В работе [5] авторы проводили обработку GaAs с применением ЭХМО с ОСТ и подвижным электродом инструментом. Была получена шероховатость поверхности 23 нм и глубина 16 мкм при дистанции перемещения в 10 мм, скорости перемещения электрода 60мкм/с, рабочего зазора 25 мкм.

В работе [8] авторы получили массив микролинз на пластине из n- GaAs с помощью ЭХМО с ОСТ с допуском на обработку 3,4 нм и шероховатостью поверхности менее 8,0 нм.

В работе [9] авторы использовали ЭХМО с ОСТ для полировки пластины из GaAs, исходная шероховатость поверхности составила 3,264 мкм, шероховатость поверхности после обработки — 177,1 нм.

Электрохимическая обработка с ограничением слоя травления является конкурентным методом не только для получения микро поверхностей, но и для получения элементов простой и сложной формы с нано- точностью и шероховатостью в полупроводниковых материалах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Тульской области в рамках научного проекта № 19-48-710008.

Список использованных источников:

1. Аятулла С. и др. анализ разработок и применения монолитных интегральных схем малощумящих усилителей С-диапазона //E-Scio. — 2021. — №. 1 (52). — С. 444-458.
2. Zhan D. et al. Confined etchant layer technique (CELT) for micromanufacture //2011 6th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems. — IEEE, 2011. — p. 863-867.
3. Jiang L. M. et al. A potential method for electrochemical micromachining of titanium alloy Ti6Al4V //Journal of Applied Electrochemistry. — 2008. — Vol. 38. — №. 6. — p. 785-791.
4. Jiang L. M. et al. Three-dimensional micro-fabrication on copper and nickel //Journal of Electroanalytical Chemistry. — 2005. — Vol. 581. — №. 2. — p. 153-158.
5. Yuan Y. et al. Electrochemical mechanical micromachining based on confined etchant layer technique //Faraday discussions. — 2013. — Vol. 164. — p. 189-197.
6. Zhou H. et al. Development of an electrochemical micromachining instrument for the confined etching techniques //Review of Scientific Instruments. — 2014. — Vol. 85. — №. 4. — p. 045122.
7. Zhang L. et al. A comparative study on electrochemical micromachining of n-GaAs and p-Si by using confined etchant layer technique //The Journal of Physical Chemistry B. — 2006. — Vol. 110. — №. 37. — p. 18432-18439.
8. Lai L. J. et al. High precision electrochemical micromachining based on confined etchant layer technique //Electrochemistry communications. — 2013. — Vol. 28. — p. 135-138.
9. Cao Y. et al. Etching and smooth processing of GaAs surface based on the confined etchant layer technique //International Journal of Nanomanufacturing. — 2017. — Vol. 13. — №. 1. — p. 71-80.

Оптимизация условий электролитно-плазменного анодного полирования азотированной среднеуглеродистой стали

Сокова Е.В., Бесчетникова К.И., Мухина А.К.

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

КГУ, Кострома

Целью данного исследования является изучение влияния комплексной электролитно-плазменной обработки, включающей катодное насыщение и анодное полирование, на характеристики поверхности и эксплуатационные свойства среднеуглеродистой стали.

Катодное электролитно-плазменное азотирование (КЭПА) цилиндрических образцов из стали 45 высотой 15 мм и диаметром 11 мм проводилось в водном растворе электролита, содержащем 5% хлорида аммония и 5% аммиака, при температуре 750°C в течение 10 минут. Температура электролита поддерживалась равной 30±2°C, а скорость его циркуляции в системе составляла 2,5 л/мин. В конце катодного процесса образцы закалялись в электролите простым отключением напряжения. Последующее анодное электролитно-плазменное полирование (АЭПП) проводилось в течении 1 минуты при напряжении 275–325 В в 5%-ном растворе сульфата аммония, температура которого поддерживалась равной 70–90°C. Скорость циркуляции электролита при АЭПП составляла 1,0 л/мин, а температура образцов не превышала 100°C.

КЭПА при 750°C в течение 10 минут позволяет в 4 раза (до 1050 HV) повысить микротвердость стали 45 и сформировать диффузионный слой толщиной 250 мкм, в 2 раза

снизить коэффициент трения и в 4,7 раза увеличить износостойкость образцов по сравнению с необработанным материалом. Средняя шероховатость поверхности образцов после КЭПА увеличивается в 2 раза и составляет $2,0 \pm 0,2$ мкм. КЭПА+АЭПП (условия АЭПП в 5%-ном растворе сульфата аммония: $t = 1$ мин., Тэл-та = 80°C , $U = 300$ В, вэл-та = 1 л/мин) позволяет уменьшить рельеф поверхности образцов и увеличить их износостойкость до 5,8 раза.

Установлено, что температура электролита и напряжение АЭПП значительно влияют на поверхностный рельеф образцов. Максимальное снижение шероховатости Ra достигается после обработки при температуре 70°C и напряжении 275 В. При этом, АЭПП не уменьшает максимальную микротвердость диффузионного слоя и существенно не влияет на его толщину.

Трибологические испытания стали после КЭПА+АЭПП в различных условиях показали, что комплексная обработка поверхности приводит к незначительному повышению коэффициента трения азотированных образцов и заметному увеличению износостойкости. Максимальное снижение интенсивности изнашивания в 21 раз по сравнению с необработанным образцом наблюдается после КЭПА и полирования в течение 1 минуты при температуре электролита 70°C и напряжении 275 В. Износостойкость образцов была изучена с помощью лабораторной машины трения в условиях сухого трения с использованием в качестве контртела закаленной стали ХВГ при нагрузке 10 Н, скорости скольжения образца по контртелу 1,555 м/с на пути трения 1000 м.

Таким образом установлено, что анодное полирование азотированной стали в 5%-ном растворе сульфата аммония при 325 В и 70°C в течение 1 минуты снижает шероховатость образцов и до 21 раза увеличивает их износостойкость по сравнению с необработанным сталью.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10094-П) Костромскому государственному университету.

К вопросу автоматизации контроля конических передач центрального привода авиационного двигателя

Столбов А.Г., Малюта А.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ильинская О.И.

МАИ, Москва

В данной работе авторами рассматривается возможность автоматизированного контроля и регулирования пятна контакта конической передачи (КП) центрального привода авиационных двигателей.

Центральный привод (ЦП) авиационного газотурбинного двигателя представляет собой механизм, предназначенный для передачи крутящего момента от вала компрессора к коробке приводных агрегатов. В процессе эксплуатации авиационного двигателя возникает необходимость в контроле и регулировке пятна контакта зубьев конической передачи ЦП. Данная операция требует большие временные затраты, специальную оснастку и достаточную квалификацию рабочих, поскольку необходима разборка редукторов угловых передач.

Авторами рассмотрены характерные повреждения зубчатых передач, проведен анализ методов сборки КП, сделана попытка установления взаимосвязи между точностью сборки КП по пятну контакта и ресурсом работы ЦП.

Операция регулировки пятна контакта заключается в подборе регулировочных шайб нужной толщины под упорные подшипники валов конических шестерен. В работе рассмотрены существующие методы регулировки. Недостатком их является многократная разборка-сборка КП, что крайне неблагоприятно сказывается на подшипниках, посадочных местах на валах. В следствие этого ухудшаются точностные характеристики передачи, что значительно сокращает ресурс редуктора.

Данную проблему можно решить, используя систему автоматизированного регулирования пятна контакта конических передач. Предлагаемая авторами система

позволит полностью исключить из процесса регулировки разборку агрегата. Система автоматизированного регулирования состоит из электронного блока управления (ЭБУ), датчиков взаимного расположения валов, лазерных датчиков, анализирующих выработку зубьев, датчиков вибрации, позиционных шаговых электродвигателей, позволяющих перемещать валы в продольном направлении, червячных редукторов.

Предлагаемая система автоматизированного регулирования функционирует так: электронный блок управления считывает показания датчиков, анализирует зазор и износ зубьев, рассчитывает необходимое расположение валов конической передачи для обеспечения требуемого пятна контакта. ЭБУ при помощи шаговых электродвигателей через червячные редукторы продольно перемещает валы в необходимое положение. После чего информация передается на диагностическое оборудование.

Идея находится на стадии разработки и анализа возможных мест расположения датчиков вибрации, датчиков износа зубьев конических шестерен, расположения электродвигателей, регулирующих пятно контакта зубьев. Авторами составлен алгоритм управляющей программы исполнительных механизмов системы автоматизированного регулирования пятна контакта конических передач.

При условии успешной реализации предложенной системы контроля мы сокращаем время на обслуживание авиационного двигателя и повышаем ресурс редуктора центрального привода агрегатов.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 1758-81 Передачи зубчатые конические и гипоидные. Гос. комитет СССР по стандартам. М., 1986 — 44с.
2. Г.А. Лопато, Н.Ф. Кабатов, М.Г. Сегаль. Конические и гипоидные передачи с круговыми зубьями. Справочное пособие -М: «Машиностроение», 1977.- 424с.
3. Щетинин Т.А. Электромагнитные муфты скольжения- М.: Энергоатомиздат, 1985. — 272 с.
4. А.В. Баранов, В.А. Вагнер, С.В. Тарасевич и др. //Проблема оценки износа сопряжений зубчатых колес транспортных машин и энергетического оборудования / Ползуновский вестник № 1, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул — 2010. С. 99-105.

Создание методик оптимизации композитных конструкций аэрокосмического назначения, изготавливаемых с применением аддитивных технологий

Трубников П.М.

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

МАИ, Москва

В современной авиации широко применяются полимерные композиционные материалы (ПКМ) которые позволяют создавать высокоэффективные конструкции. В последнее время становится очевидным целесообразное применение полимерных композиционных материалов на основе термопластичных матриц, в том числе так называемых суперконструкционных материалов.

По сравнению с терморепактивными материалами, термопластичные материалы имеют ряд преимуществ: повышенные свойства ударостойкости, возможность применения в качестве сборочных операций сварочных методов взамен точечных крепежных элементов, возможность проведения ремонта более технологичными методами и пр. Однако переработка материалов такого типа в изделия классическими для авиации и ракетостроения методами вряд ли представляется возможной, либо требуется серьезное дооснащение/ аппаратное обеспечение. В то же время особенностью термопластичных матриц является возможность приспособить их к применению в аддитивных технологиях. Отечественные исследователи достаточно продвинулись в данном вопросе [1 — 6]. Добиться автоматизации и повышения технологичности процесса производства армированных непрерывным волокном изделий материалов можно, адаптировав эти материалы для использования

в 3D-печати. Формование изделий путем экструзии исходного состава с автоматической выкладкой в соответствии с заданной моделью поможет не только ускорить производственный процесс, но и позволит получать существенно более сложную геометрию, а также сократит расход исходного материала. Все это подчеркивает актуальность создания методик проектирования конструкций из композитов на термопластичных матрицах с учетом применения аддитивных технологий.

Аддитивное производство — сравнительно новый и перспективный вид производства, который позволяет выращивать готовое изделия из термопластичной матрицы путем добавления термопласта в его жидкой фазе и последующего охлаждения на поверхности изделия. Данный метод позволяет получать готовое изделие при использовании минимального количества оснастки. При добавлении наполнителя в виде непрерывного волокна или рубленного волокна качество полученного материала заметно превосходит характеристики монолитного термопласта. При таком виде производства существует особенность, которую невозможно игнорировать, в виде низкой межслойной адгезии, что вносит заметные изменения в прочностные характеристики получаемого таким методом детали, в первую очередь обусловленные различными прочностными свойствами материала в зависимости от направления укладки слоев.

Одним из основных преимуществ аддитивного производства является его мобильность. Для производства не нужны различные станки, приспособленные под одну операцию, также отпадает потребность в специализированной оснастке такой как формы для литья, штампы, различные сверла, резцы и прочее.

Для реализации данной технологии для применения в аэрокосмической отрасли создаются [7] специализированные методики проектирования изделий из суперконструкционных материалов, армированным непрерывным волокном, изготавливаемых по технологии аддитивного производства.

Список использованных источников:

1. Саламов А.Х., Шахмурзова К.Т., Курданова Ж.И., Байказиев А.Э., Хаширова С.Ю., Ялхорова М.А., Султъгова З.Х. Полифениленсульфид как суперконструкционный полимер//Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2017. — Т. 7. 2. — С. 56-58.
2. Сорокин А.Е., Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я., Перфилова Д.Н. Полимерные композиционные материалы нового поколения — углепластики на термопластичной матрице// В сборнике: Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения. М.: ВИАМ 2016. С. 11.
3. Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н. Термопластичные связующие для полимерных композиционных материалов// Труды ВИАМ. 2015. № 11. С. 5.
4. Антонов Ф.А. Аддитивные технологии для композитных материалов. Аддитивные технологии 2019, № 3, С. 18-23.
5. Azarov A.V., Antonov F.K., Golubev M.V., Khaziev A.R., Ushanov S.A. Composite 3D printing for the small size unmanned aerial vehicle structure// Composites Part B: Engineering. 2019. T. 169. P. 157-163.
6. Богдановская М.В., Александрова Д.С., Егоров А.С., Выгодский Я.С., Иванов В.С., Иванов Е.В. Разработка композитных материалов для изготовления прочных и термостойких изделий сложной формы методом аддитивных технологий//В сборнике: Аддитивные технологии: настоящее и будущее. Материалы VII Международной конференции. М.: ВИАМ, 2021. С. 292-304.
7. Трубников П.М., Насонов Ф.А. К вопросу об актуальности создания и совершенствования методик проектирования композитных конструкций аэрокосмического назначения, изготавливаемых с применением аддитивных технологий//В книге: II-я Межд. Конф. «Композитные материалы и конструкции». М., 2021. С. 54-55.

Электрохимическая обработка вращающимися электродами элементов сложной формы на поверхностях вращения

Турчина Е.В., Сидоров В.Н.

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

ТулГУ, Тула

Детали, имеющие форму тела вращения, представляют собой детали, наружной поверхностью которых является поверхность вращения, в том числе, детали с элементами любой формы и длины, вписывающимися в окружность наибольшего диаметра детали. К ним относятся валы, втулки, кольца и т.п. [1].

Традиционным методом обработки деталей тел вращения является механическая обработка, к ней относят обработку лезвийным инструментом и обработку давлением. Обработка нежестких деталей, деталей из твердых материалов (вольфрам, титан, инконель) связана с использованием специальных инструментов и кинематики, что делает процесс формирования весьма затруднительным или вообще невозможным [2]. В последнее время для получения микро- элементов и деталей формы вращения стала применяться лазерная обработка (лазерное точение) [3]. Осаждение части продуктов обработки на поверхность детали, и наличие зон термического влияния являются существенными недостатками этого метода.

Электрохимическая обработка с вращающимися электродами (ЭХОсВЭ) — разновидность традиционной электрохимической обработки, при которой анодной заготовке и катодному инструменту задается вращательное движение.

ЭХОсВЭ сохраняет все преимущества традиционной электрохимической обработки (отсутствие зон термического влияния и износа инструмент, возможность обрабатывать детали в независимости от их твердости и т.д.) а также добавляет присущие данному методу, такие как отсутствие необходимости менять электрод-инструмент, все заданные элементы могут быть получены одновременно с помощью одного ЭИ и за один установ. К недостаткам можно отнести ограничение к типу обрабатываемых деталей (только тела вращения), коррозию металла из-за воздействия блуждающих токов.

На сегодняшний день применяются схемы с параллельно размещенным поступательно перемещающимся ЭИ относительно вращающейся заготовки [4], с круговым перемещением вращающегося ЭИ относительно неподвижной заготовки [5], а также могут применяться эти схемы, когда ЭИ и заготовка находятся под углом [6].

В ЭХОсВЭ конструкция катодного инструмента имеет важное значение для получения элементов с требуемой точностью. Однако из-за уникальной формы катодного инструмента методы проектирования катода, используемые в обычном ЭХО, не подходят для ЭХОсВЭ. В работе [6] авторы используют метод проектирования катода, основанный на оптимизации краевых точек вогнутых элементов ЭИ. Результаты показывают, что предложенный метод конструирования катода эффективен для контроля точности обработки ЭХОсВЭ, и что процесс ЭХОсВЭ является подходящим методом изготовления деталей корпуса авиационного двигателя.

Для снижения влияния блуждающих токов авторы работы [7] предлагают использовать вспомогательный электрод, который подключен к положительному потенциалу и ограничивает область обработки, тем самым предотвращая точечную коррозию и улучшая качество поверхности. Средняя шероховатость поверхности уменьшена с 6,2 до 1,6 мкм.

Детали типа тел вращения широко распространены в машиностроении. ЭХОсВЭ может стать эффективным методом обработки деталей формы тела вращения, благодаря своим преимуществам и частично заменить традиционную механическую обработку при обработке нежестких деталей из труднообрабатываемых материалов сложной конфигурации.

Список использованных источников:

1. Классификатор Е. Классы 71, 72, 73, 74, 75, 76. Иллюстрированный определитель деталей.—ВНИИМАШ, ГНИЦВОК, ВПТИэлектро //Москва. — 1986.

2. Жоголев, А. Б. Электрохимическое микроформообразование микродеталей типа тел вращения: специальность 05.03.01: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Жоголев Алексей Борисович. — Тула, 2005. — 140 с.
3. Zettl J. et al. Laser turning with ultrashort laser pulses //Journal of Manufacturing Processes. — 2021. — Т. 68. — С. 1562-1568.
4. Cao W., Wang D., Zhu D. Modeling and experimental validation of interelectrode gap in counter-rotating electrochemical machining //International Journal of Mechanical Sciences. — 2020. — Vol. 187. — p. 105920.
5. Wang D., Li J., Zhu D. Counter-rotating electrochemical machining of a convex array using a cylindrical cathode tool with multifold angular velocity //Journal of The Electrochemical Society. — 2019. — Vol. 166. — №. 13. — p. E412- E419.
6. Wang D. et al. Counter-rotating electrochemical machining of a combustor casing part using a frustum cone-like cathode tool //Journal of Manufacturing Processes. — 2018. — Vol. 35. — p. 614-623.
7. Wang D. et al. Improvement on the periodic dissolution behavior of titanium alloy in counter-rotating electrochemical machining //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2021. — Vol. 116. — №. 3. — p. 877-887.

Секция №8.2 Металловедение и технологии металлургического производства

Применение наукоемких способов обработки металлов давлением при изготовлении лопаток ГТД

Еремичев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиеви́ч А.Р.

МАИ, Москва

Одним из самых сложных и, безусловно, наукоемких при изготовлении изделий компонентов газотурбинных двигателей (ГТД) является лопатка турбины ГТД. Лопатка ГТД является деталью особо ответственного назначения, поэтому она подвергается 100% контролю качества и проходит натурные испытания. Получение отрицательных результатов потребует частичной или даже полного изменения операций и параметров технологического процесса, что приведет к дополнительным затратам времени, трудовых и материальных ресурсов.

Поэтому при изготовлении столь сложного изделия, как лопатка ГТД, применение средств математического моделирования, на современном уровне наукоемкого производства, является необходимым условием, обеспечивающим соответствие получаемого изделия требованиям конструкторской документации. Математическое моделирование, при проектировании наукоемких технологических процессов, позволяет отбросить неудачные решения еще на стадии проектирования, тем самым существенно сократить время на подготовку и осуществление технологического процесса производства сложных изделий, а также снизить затраты времени и финансов на разработку технологии. Моделирование снижает необходимость доработки технологической оснастки после её изготовления, что, в свою очередь, позволяет снизить себестоимость получаемых полуфабрикатов и изделий.

Примером моделирования процессов изготовления лопатки ГТД является использование программного обеспечения (ПО) QForm — конечно-элементное моделирование процессов пластического деформирования в обработке металлов давлением и SolidWorks — средство 3D-проектирования геометрических моделей. SolidWorks позволяет разработать геометрические модели готового изделия — лопатки, заготовки и штамповой оснастки, которые в дальнейшем будут использоваться при моделировании в ПО QForm. Возможности SolidWorks позволяют определить для геометрических моделей характеристики материалов, провести автоматические расчеты массы, объема, площади и других параметров моделей.

Разработанные геометрические модели загружаются в ПО QForm, для моделирования деформационного процесса. QForm, основываясь на исходных данных в виде геометрического образа заготовки и штампов, материалов, начальных температурно-скоростных условий деформирования, позволяет рассчитать основные параметры техпроцесса изготовления лопаток ГТД: распределение температуры, упругих и пластических деформаций, напряжений в изделии; спрогнозировать микроструктуру металла в течение и в конце процесса деформирования; определить наличие дефектов штамповки, такие как не заполнение ручья штампа, утяжины и др.

Таким образом, средства математического моделирования являются важным элементом проектирования при разработке дорогостоящих и сложных технологических процессов, т.к. они позволяют добиться требуемых механических и эксплуатационных свойств в получаемом изделии.

Пористое остеоинтеграционное покрытие из титанового порошка с использованием выплавляемых органических связующих

Заиров А.В., Иванов А.Е.

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

МАИ, Москва

Одной из основных областей применения пористых покрытий является медицина. Создание пористой поверхности на имплантируемых изделиях необходимо для остеоинтеграции (прорастания) костных структур в имплантат, что обеспечивает его надёжную фиксацию в организме человека [1-3]. Основным материалом для таких покрытий является либо чистый титан, либо сплав ВТ6 (Ti-6Al-4V), обладающих лучшей биосовместимостью с организмом человека. Пористые покрытия получают в основном плазменным напылением, диффузионной сваркой, а последнее время 3D-печатью. Однако каждый из этих методов имеет ряд недостатков. Например, при плазменном напылении — это низкая пористость и плохо контролируемый размер образующихся пор [4]. При 3D-печати — существенное удорожание изделий из-за применения дорогостоящих оборудования и материалов. Кроме того, часто покрытия имеют низкую адгезионную прочность, что приводит к его отслоению и попаданию частиц в узел трения, приводя к катастрофическому износу и необходимости проведения повторной операции по замене эндопротеза. Поэтому была нацелена на создания пористого покрытия с использованием на технологической стадии органического связующего, используя для этих целей титановый порошок различных фракций, и обеспечение физико-химического контакта между основой и покрытием.

В качестве связующего был выбран специальный воск, который используется для литья по выплавляемым моделям. При нагреве до высоких температур воск полностью испаряется, не оставляя следов своего присутствия. Для получения титанового покрытия применялись порошок, применяемый для ионно-плазменного напыления с размером фракций 75-100 мкм и 500-1000 мкм. В качестве основы использовали пластины из титанового сплава ВТ6, используемый при создании имплантируемых изделий.

На основу наносился расплавленный воск, а также порошок в различных комбинациях. Далее образцы подвергались диффузионной сварке в вакуумной печи при температуре 1150°C и прикладываемом давлении. После проведённой термической обработки были подготовлены шлифы и рассмотрена структура в месте контакта.

По результатам исследований было выявлено, что наилучший контакт покрытия и основы достигается при использовании первым слоем порошка 75-100 мкм, и вторым порошком 500-1000 мкм и нагрузкой 36 кПа.

Список использованных источников:

1. S.V. Skvortsova, A.E. Ivanov, A.A. Lidzhiyev, c and N.V. Ruchina, «Influence of Various Production and Processing Methods on the structure and Properties of Porous Titanium Coatings», Key Engineering Materials, vol. 910, pp. 947-952, 2022.

2. Коллеров М.Ю., Рунова Ю.Э., Шляпин С.Д., Шалин А.В., Ручина Н.В. Термоводородная обработка волокнистых пористых покрытий из титановых сплавов. Технология лёгких сплавов №4. 2015. С. 50-55.

3. Ильин А.А., Мамонов А.М., Карпов В.Н., Балберкин А.В., Бабин С.В., Егоров Е.Н. Пористые слоистые композитные материалы на основе титана в эндопротезах тазобедренного сустава. Технология лёгких сплавов №3. 2008. С. 73-78.

4. Ильин А. А., Бабин С. В., Егоров Е. Н., Полякова О. А. Влияние условий плазменного напыления и термической обработки на структуру и адгезионную прочность титанового покрытия имплантатов. Научные труды МАТИ вып. 13(85). 2007. С. 291-295.

Способы соединения кремниевых элементов с медной изложницей

Климкин Ю.О.

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

АО «ИСС», Железногорск (Красноярский край)

Функциональные наноразмерные покрытия из оксида кремния для ракетно-космической техники изготавливают методом магнетронного плазменного распыления. Основным элементом магнетронной системы является распыляемый катод (мишень). Мишень представляет собой восемь кремниевых пластин (сплав 2% Al, 98% Si), установленных в медной изложнице.

Представленная работа возникла в результате решения практической задачи по ремонту кремниевой распыляемой мишени. Процесс магнетронного распыления требует от соединения меди и кремния не только прочности, но и теплопроводности, электропроводности, стойкости к вакууму и температурным перепадам.

Цель данной работы — выявить способы ремонта распыляемых кремниевых катодов и на практике подтвердить их надежность.

Схожие задачи решаются в электронике, где монтируют кремниевые кристаллы на медные подложки. Для пайки кремниевых кристаллов в качестве припоя применяют эвтектику золото-кремний, золото-олово и припой с серебром, например, ПСр-2,5 [1]. По сравнению с электронной промышленностью в нашем случае соединяемые элементы имеют значительно большие габариты (размеры одной пластины 65 x 35 x 8 мм), но к паянным соединениям в электронике предъявляются более строгие требования по тепловому и электрическому сопротивлению.

Первым рассмотренным вариантом для соединения кремниевых пластин с медной изложницей был опробован способ склеивания элементов клеем НТК ОСТ 107.460007.004-91. Клей на основе эпоксидных смол, наполнитель — порошок никеля. НТК пригоден к применению в вакууме, обеспечивает хорошую адгезию к кремнию.

Приклеивание элементов проводилось согласно инструкции на НТК, отверждение состава проводили в вакуумной мешке, который обеспечивает равномерное прижатие кремния к изложнице и позволяет удалить пузыри воздуха из клеевого слоя.

Практическое опробование показало, что клей НТК подходит для целей ремонта кремниевых мишеней, всего на отремонтированной мишени было осуществлено более 30 циклов распыления. Произведенный после года эксплуатации демонтаж пластин с изложницы показал, что клеевое соединение деградировало: растрескалось, появилось много фрагментов и пылевых частиц из разрушенного состава. Теплопроводность и электропроводность такого соединения ниже, чем у напаянного соединения, но достаточны для работы магнетрона. Наличие трещин в клеевом слое негативно сказывается на качестве вакуума в вакуумной камере.

Вторым опробованным способом была напайка пластин индием (ИНО ГОСТ 10297). Напайку проводили в сушильном шкафу, навеску индия (из расчета толщины слоя 0,3 мм) равномерно распределяли по изложнице, флюс не применялся. Процесс осуществляли в вакуумной мешке, который позволил обеспечить равномерный прижим пластин к изложнице и минимизировать окисление поверхности изложницы при нагреве.

Прочного соединения добиться не получилось. Это вызвано тем, что кремний не смачивается жидким индием, краевой угол смачивания для этой пары $\theta = 111^\circ$ (при температуре 250 °C) [2].

Был опробован другой вариант: на тыльную сторону кремниевых пластин магнетронным распылением был нанесен слой бронзы БрХ05. Медь и бронза смачиваются индием, краевой угол смачивания меди жидким индием $\theta = 40^\circ$ (при температуре 250 °C) [3].

Перед напайкой пластины и изложница были предварительно залужены индием, напайку проводили при температуре 190 °C с выдержкой 2 часа. Меньшие выдержка и температура не позволили добиться прочного соединения, возникало лишь локальное спекание индия.

После напайки было проведено 10 циклов напыления по режиму: один цикл напыления (ток 1,5 А, напряжение разряда 580 В, длительность — 5 минут), перерыв 2 минуты. Также был проведен один цикл длительного напыления в течение 10 минут при токе разряда 2 А, напряжение 470 В. По результатам приведенных испытаний мишень сохранила свою целостность и работоспособность.

По результатам работы можно утверждать, что оба представленных варианта соединения меди и кремния пригодны для осуществления ремонта распляемых кремниевых катодов, они обеспечивают необходимые прочностные, теплопроводные и электропроводные характеристики. Клеевое соединение проще в реализации, не требует для ремонта дополнительного оборудования. Положительный опыт применения мишеней из других материалов (германий, углерод), напаянных на медную изложницу индием, позволяет предположить, что ресурс паяного соединения значительно выше, чем у клеевого.

Список использованных источников:

1. Аносов В. С. и др. Исследование процессов пайки кремниевых кристаллов мощных транзисторов в их корпусах// Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2017. №1. С. 51–59.

2. Дохов М. П. Определение межфазных характеристик по смачиваемости кремния некоторыми жидкими металлами// Фундаментальные исследования. 2016. № 8 (часть 1). С. 29 – 33

3. Дохов М. П. и др. Смачивание твердой меди жидким индием в сверхвысоком вакууме и газовой среде и расчет их межфазных энергий в зависимости от температуры// Известия высших учебных заведений. 2021. № 9. С. 109 – 113.

Прогноз микроструктурного состояния в штампованной поковки из никелевого сплава на основе результатов моделирования в системе QForm Мазилина М.А., Коваленко Е.В.

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

СФ МАИ, Ступино

Одна из задач, стоящих перед промышленностью, наряду с освоением массового выпуска, -обеспечение высокого уровня механических свойств изделий. Хорошее сочетание степени деформации на отдельных участках поковки и температурно-скоростных режимов

деформирования является ответственным за структуру, формирующуюся в сплаве, что, в конечном итоге, совместно с термообработкой определяет финишные свойства изделия. Наиболее сильно воздействует на рекристаллизацию. В зависимости от времени протекания этого процесса различают динамическую (развивается и проходит в течение деформации), статическую (развивается и проходит при нагреве деформированного металла) и метадинамическую или спонтанную рекристаллизацию (проходит после окончания горячей пластической деформации). Результаты работы современных САЕ-систем для моделирования процессов пластической

деформации в виде полей температуры, степени и скорости деформации, могут быть использована для прогноза микроструктурного состояния материала заготовки, а значит и для оценки свойств будущего изделия. Большинство таких систем уже включают модули прогноза микроструктуры, позволяющие рассчитывать долю рекристаллизованных зёрен в сплаве, а также средний размер зерна (балл микроструктуры) на всех этапах технологического процесса. В работе исследованы закономерности влияния температуры нагрева под деформацию и термообработки на размер зерна, выражаемый баллом микроструктуры по ASTM, в штампованной поковке диска из никелевого сплава INCONEL 718 Установлено, что действующая технология штамповки при входном балле G3 на выходе обеспечивает балл G5- G6, а требования Технических условий составляют не менее G7-G8. При этом в ступичной части поковки сохраняются две проблемные области с недопустимо крупным зерном (G2-G3).

Снижение температуры нагрева под деформацию обеспечивает получение в одной из проблемных областей балла G6-G7, но вторая крупнозернистая область сохраняется. На следующем этапе исследований планируется совершенствование предварительных

переходов штамповки путём изменения формы рабочих поверхностей инструмента. Будет обеспечена более высокая деформированность проблемных зон ступичной части, что увеличит интенсивность рекристаллизации и уменьшит размер зерна до требуемого балла микроструктуры G7-G8.

Исследование влияния РЗЭ на структуру силумина заэвтектического типа

Майоров Д.И.

Научный руководитель — к.т.н. Петров И.А.

МАИ, Москва

Литейные алюминиевые сплавы (силумины) используются в автомобильной и аэрокосмической отраслях промышленности и занимают особое положение среди конструкционных материалов. Это связано с возможностью достижения оптимального сочетания основных эксплуатационных свойств (прочности, пластичности, коррозионной стойкости и т.д.) с технологическими свойствами (в частности, отличными литейными характеристиками). Важную роль для повышения эксплуатационных свойств алюминиевых литейных сплавов играет измельчение структуры. Для сплавов, имеющих сложный фазовый состав, нужный результат обеспечивается легированием, микролегированием или комплексным модифицированием, при котором разные элементы воздействуют на различные структурные составляющие сплава [1].

В настоящее время применение редкоземельных элементов (РЗЭ) в различных отраслях промышленности расширилось: в радиоэлектронике, приборостроении, атомной технике, машиностроении, химической промышленности и в металлургии. В металлургической промышленности РЗЭ добавляют в сплавы на основе алюминия, магния и железа в небольших количествах в виде лигатуры или мишметалла, в основном для улучшения механических характеристик сплавов [2].

Поэтому в настоящей работе изучена возможность применения ряда РЗЭ (Y, Ce, La, Nd, Sm, Er, Yb) для модифицирования кристаллов первичного Si (β -фаза) и повышения механических свойств литейного алюминиевого сплава заэвтектического типа. Процесс модифицирования заэвтектического силумина РЗЭ протекает за счёт создания дополнительных центров кристаллизации для кристаллов первичного Si (β -фаза).

В ходе анализа микроструктуры по среднему значению диаметра Ферета было установлено, что к наибольшему измельчению первичного кремния в исследуемом сплаве приводит добавка Yb, Nd и Sm. Размеры первичного кремния снижаются на 50%, 41,7% и 41,4% соответственно, относительно не модифицированного сплава. В тоже время добавка Ce, La и Y приводит к среднему измельчению первичного Si (β -фаза) и его размеры снижаются на 34,6%, 31% и 29,4% соответственно, относительно не модифицированного сплава. Добавка Er приводит к незначительному снижению размеров первичного Si (β -фаза) на 14,4%, относительно не модифицированного сплава. Кроме модифицирования кристаллов первичного Si (β -фаза), исследуемые редкоземельные элементы измельчают кремний в эвтектике (α +Si) и положительно влияют на морфологию Fe – содержащей фазы (подавляют грубую структуру).

Список использованных 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. <https://doi.org/10.3390/met11121946>

2. Петров И.А., Телицына О.В. Исследование влияния некоторых редкоземельных элементов на свойства силумина эвтектического типа // *Технология Легких Сплавов*. 2021 г. — № 1. с.54 -59

Моделирование процесса изготовления стальных отливок методом литья по выплавляемым моделям в программном комплексе ProCAST

Мамаева Д.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бережной Д.В.

МАИ, Москва

Моделирование процесса изготовления стальных отливок методом литья по выплавляемым моделям в программном комплексе ProCAST

Литейное производство является основной заготовительной базой в машиностроении. Применение метода литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) позволяет получать сложные литые заготовки по конфигурации и размерам, максимально приближенные к готовым изделиям, а также с минимальным объемом механической обработки. Особенно это важно для стальных отливок ответственного назначения при производстве изделий для авиационной и ракетно-космической техники [1].

Сущность ЛВМ заключается в получении отливок путем свободной заливки расплава в форму, получаемую по выплавляемым моделям. Рабочая полость формы образуется выплавлением модели из формы, изготавливаемой из огнеупорного состава, которым облицовывают перед этим модель [2].

Но большие возможности ЛВМ в ряде случаев не реализуется в полной мере вследствие многообразия и несовершенства применяемых вариантов технологических процессов. Поэтому применение систем компьютерного моделирования при проектировании технологических процессов ЛВМ является востребованным и актуальным.

Одной из современных и прогрессивных систем компьютерного моделирования литейных процессов является программный комплекс ProCast компании «ESI Group». ProCAST представляет собой конечно элементный пакет моделирования литейных процессов, который используют для проверки эффективности разработанных технологий изготовления отливок практически для всех существующих методов литья.

Основными модулями ProCAST являются гидродинамический — Flow solver и тепловой — Thermal solver. Также возможности программы можно настраивать под нужды конкретного пользователя, дополняя её специальными модулями, которые позволяют осуществлять расчёт для отливок: напряжённо-деформированного состояния, газоусадочной микропористости, фазовой структуры и т.д. [3].

Метод конечных элементов (МКЭ), заложенный в основу работы ProCAST, позволяет адекватно моделировать технологические процессы за счёт возможности использования различных по размерам сеток для отливок и элементов литниково-питающих систем (ЛПС), что сокращает время компьютерного расчёта и повышает точность конечных результатов. МКЭ обладает высокой точностью аппроксимации сложных границ, что важно для уравнений теплопроводности и крайне принципиально для гидродинамических уравнений, на базе которых решаются тепловая и гидродинамическая задачи в модулях Thermal solver, и Flow solver [3].

Для отработки моделирования получения отливок ЛВМ в программном комплексе ProCAST была использована стальная отливка — «Патрубок», применяемая в авиационной технике.

На предварительном этапе была спроектирована 3D-модель отливки с ЛПС в инженерно-графической системе. Далее CAD модель импортировали в ProCAST в формате Parasolid. Затем в Visual-Mesh были построены поверхностная и объемная сетки, с их разделением на основной элемент — отливку и дополнительные элементы ЛПС: питатели, стояк и воронку. Размер ячеек сетки отливки был задан меньшим, чем размер ячеек сетки ЛПС, что сократило время компьютерного расчёта. Размер сеточной модели каждого элемента, был выбран в три раза меньше, чем минимальная толщина его стенки, что обеспечило хорошую точность полученного результата. Также для проведения моделирования в модуле Visual-Mesh по объемной сетке была создана керамическая оболочка заданной толщины. Затем в модуле Visual-Cast по параметрам технологического процесса литья отливки «Патрубок» были заданы: материалы (отливки, керамической

оболочки и стержня); направление вектора гравитации; начальные, контактные и граничные условия; параметры расчета.

После проведения расчета в тепловом и гидродинамическом модулях ProCAST с помощью модуля Visual-Viewer проведен анализ: скорости заполнения полости литейной формы (выявление дефектов типа неполного заполнения формы, места в которых возможно образование вторичных шлаковых включений и т.п.), температурных полей в отливке и образование твердой фазы (рассмотрение фронта кристаллизации металла, определение характера затвердевания отливки, тепловых узлов и т.п.); возможность образования в ней дефектов усадочного происхождения (раковин, рыхлот и пористости).

По итогам проделанной работы были сформулированы рекомендации по внесению корректировок в параметры технологического процесса и конструкцию ЛПС для обеспечения получения литейной заготовки «Патрубок» необходимого качества и оптимизации технологического процесса ее изготовления.

Список использованных источников:

1. Назаратин В.В. Технология изготовления стальных отливок ответственного назначения. М.: Машиностроение, 2006. — 234 с. ил.
2. Иванов В.Н. Словарь-справочник по литейному производству. 2-е издание перераб. и доп. М.:Машиностроение, 2001. — 464 с. ил.
3. Базовый учебный курс по работе в программных продуктах ProCAST и VisualCAST / ГК «ПЛИМ Урал» — «Делкам-Урал». Екатеринбург, 2011. — 25 с.

Повышение прочности керамических литейных форм на основе связующего Алумозоль А

Пилипенко А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Варфоломеев М.С.

МАИ, Москва

Бескремнеземные связующие материалы в литье по выплавляемым моделям стали значительным подспорьем кремнезольным связующим, особенно при литье химически активных сплавов.

Формы на основе оксида кремния, или содержащие его в своем составе, вступают в неизбежное взаимодействие с компонентами химически активных сплавов. На поверхности литых изделий образуется значительный металлооксидный слой. Объясняется это тем, что оксид кремния менее устойчивый оксид, по сравнению, например, с титаном, который начинает восстанавливать кремний из оксида.

Большое преимущество бескремнеземных связующих материалов в том, что они более устойчивы, при заливке химически активных сплавов, вступают в меньшее взаимодействие с металлами и, как следствие, уменьшается металлооксидный слой.

Но наряду с преимуществами, такие связующие материалы имеют ряд недостатков: высокая температура прокалики (выше 1300°C) и низкая прочность таких форм, не достаточная, для заливки химически активных сплавов.

В данной работе рассматривается повышение прочности керамической формы путем добавки в суспензию волокон оксида алюминия или спекающей добавки в виде алюминиевой пудры марки АСД4в керамическую форму на основе связующего Алумозоль А.

Керамические образцы изготавливали традиционным методом (слой за слоем) с последующей сушкой каждого слоя. Прокалку керамических образцов проводили при температуре 1350 °С. В качестве огнеупорной составляющей использовали электрокорунд различной фракции. Всего было нанесено 4 слоя. Средняя толщина керамических образцов составляла 3,8-4,0 мм. Нанесение слоев с добавками (АСД4 или алюмооксидными волокнами), проводили на 3 и 4 слоях, чтобы не ухудшить шероховатость поверхности керамики. Волокна в суспензию добавляли в количестве 0,1% от массы суспензии. Алюминиевую пудру марки АСД4 — 10% от массы суспензии.

Механические испытания на статический изгиб показали, что среднее значение прочности у образцов без добавок составило ~2,2 МПа, у образцов с добавлением алюмооксидных волокон ~3,7 МПа, у образцов с добавлением алюминиевой пудры марки АСД4 ~6,5 МПа.

Наличие спекающей добавки АСД4 в значительной мере увеличивает прочность керамики на основе связующего Алумозоль А.

При работе с такими составами, было выявлено, что связующее Алумозоль А вступает в реакцию с алюминиевой пудрой. Спустя примерно 5-7 часов суспензия становится твёрдой, похожей на губку. В пределах реального производства наличие данного факта является критичным.

Низкотемпературная высокоскоростная сверхпластичность титанового сплава ВТ6с при высоких гидростатических давлениях

Пономарева А.Л.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Федоров А.А.

МАИ, Москва

Использование сверхпластической деформации позволяет изготавливать уникальные детали для авиационной техники. Однако, высокая температура сверхпластического формоизменения (~ 9300С) и чрезвычайно низкая скорость деформации (~5 •10⁻⁴ с⁻¹) сдерживает промышленное применение сверхпластичности титановых сплавов.

Объектом экспериментальных исследований явился отечественный титановый сплав ВТ6с со стандартным химическим составом по ГОСТ 1987-91. Прутки, производства ВСМПО-АВИСМА диаметром 70 мм. подвергали горячему гидропрессованию при пониженной температуре (~ 6500С) с коэффициентом вытяжки (~12) для получения прутков со сверхмелким зерном (~ 5 мкм).

Из прутков изготовлены специальные образцы (Патент РФ № 2627957) в количестве 36 штук, которые были испытаны на пластометре высокого давления (Патент РФ № 2748460) на сжатие при температурах 525, 625, 675, 725, 775, 825°С. Причем, скорости деформаций соответствовали имеющим место для обычных процессов обработки металлов давлением. Установлено, при температурах формоизменения 675, 725°С, снижение сопротивления деформации в 6-10 раз и отсутствие разрушения до полного расплюсывания сжимаемого образца. Построены объемные реологические диаграммы, которые аппроксимированы соответствующими уравнениями. Технологические преимущества применения низкотемпературной высокоскоростной сверхпластической деформации востребованы производством для совершенствования промышленных технологий. Проведено промышленное опробование результатов исследования на примере гидропрессования шестигранных прутков на гидравлическом прессе НР 630. Качество изделий соответствует техническим условиям, что подтверждено актом предприятия.

Исследование биосовместимости титанового сплава ВТ6

Тевс М.Д., Орлов А.А., Сопельник Д.О.

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

МАИ, Москва

В современной медицине очень широкое применение получили инструменты и эндопротезы на основе титана, так как данный металл обладает высокой прочностью и коррозионной стойкостью к агрессивной среде тела человека. Благодаря этому ткани вокруг имплантов не подвергаются разрушению. Накопленный опыт производства полуфабрикатов титановых сплавов позволяет производить их в необходимом количестве.

Целью данной работы является изучение коррозионной стойкости титанового сплава ВТ6. Исследования проводились на образце, вырезанном из литой заготовки, полученной по промышленным технологиям. В ходе проводимых экспериментов с помощью потенциостата было определено, что стационарный потенциал и ток пассивного состояния сплава не

изменяется при увеличении напряжения, что свидетельствует о высоком сопротивлении коррозии по сравнению с другими сплавами. Если рассматривать образцы из кобальт-хромового сплава и стали 316L, то пробой оксидной пленки наблюдается при значениях напряжения в два раза ниже, чем у ВТ6.

Исследование влияния состояния поверхности сплава на коррозионную стойкость показали, что при увеличении шероховатости поверхности в 30 раз приводит к смене отрицательного знака потенциала, при этом плотность тока в пассивном состоянии практически не изменяется. Для сплавов на основе кобальта изменение шероховатости поверхности до 1.1 мкм почти не влияет на значение потенциала, однако идет постепенное увеличение тока с повышением напряжения и отсутствует область пассивного состояния.

Таким образом можно сделать вывод, что сплав ВТ6 имеет высокую коррозионную стойкость по сравнению с другими сплавами даже при изменении шероховатости поверхности.

Исследование модифицирования сплава АК12 опытными составами на основе диоксида титана

Тряшин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ряховский А.П.
МАИ, Москва

В работе исследуется возможность применения диоксида титана в качестве компонента комплексного модификатора для силуминов.

Диоксид титана TiO_2 является наиболее доступным и недорогим соединением среди всех титансодержащих веществ. Главным недостатком диоксида титана является его пассивность и высокая химическая стойкость. Для модифицирования силуминов необходимо обеспечить восстановление диоксида титана в алюминиевом расплаве и образование дополнительных центров кристаллизации $TiAl_3$.

В качестве поверхностно-активной добавки для модифицирования эвтектики ($\alpha + Si$) выбран барий, вводимый в сплав с помощью соли BaF_2 .

Фтористый калий KF, вводимый в опытные композиции, должен способствовать восстановлению TiO_2 и переходу титана в сплав [1], а также способствовать переходу бария из BaF_2 в расплав за счёт образования легкоплавкой эвтектики (BaF_2+KF) [2].

Проведены исследования влияния на механические свойства, макро- и микроструктуру сплава АК12 опытных модифицирующих композиций на основе диоксида титана: TiO_2 ; ($TiO_2 + BaF_2$); ($TiO_2 + KF$); ($TiO_2 + BaF_2 + KF$).

Исследования показали, что оксид титана не разлагается при его введении в алюминиевый расплав. Поэтому добавка TiO_2 не оказывает влияния на механические свойства сплава АК12. Наблюдается грубая немодифицированная макро- и микроструктура, преимущественно состоящая из крупных игл кремния в эвтектике. Содержание титана в сплаве при этом остается на уровне исходного немодифицированного сплава.

Введение в опытную композицию фтористого бария вызывает небольшое повышение механических свойств и частичное измельчение микроструктуры сплава. При этом концентрация титана в сплаве незначительно повышается (до 0,028%), а перехода бария — не наблюдается. Макроструктура сплава остается немодифицированной.

Механические свойства сплава АК12 при его обработке двухкомпонентным составом ($TiO_2 + KF$) повышаются:

- предел прочности до 158 МПа;
- относительное удлинение до 9,38%.

Значительно измельчается микроструктура сплава, размеры частиц эвтектического кремния уменьшаются, и их форма преобразуется в компактную и глобулярную, уменьшаются размеры дендритов α — твердого раствора. Сильно измельчается макроструктура сплава.

Сплав, обработанный составом ($\text{TiO}_2 + \text{KF} + \text{BaF}_2$), имеет наибольшие механические свойства среди всех рассмотренных. Макроструктура сплава характеризуется высокой дисперсностью. В результате увеличиваются предел прочности (на 46 МПа) и пластичность сплава (в 6 раз) по сравнению с немодифицированным силумином. Полученный сплав содержит титан в достаточном для модифицирования количестве (0,058%). Из опытной композиции в сплав переходит барий в количестве 0,0088%, достаточном для модифицирования эвтектики.

По силе воздействия на механические свойства, макро- и микроструктуру сплава АК12 трехкомпонентный состав ($\text{TiO}_2 + \text{KF} + \text{BaF}_2$) превосходит воздействие на сплав исследуемых добавок, вводимых в сплав АК12 по отдельности и их парные комбинации.

Комплексное модифицирующее воздействия на макро- и микроструктуру сплава АК12 и его механические свойства заключается в одновременном диспергировании и облагораживании частиц кремния в эвтектике с помощью бария и калия и в измельчении дендритов алюминиевого α -твердого раствора за счет образования дополнительных центров кристаллизации TiAl_3 .

Максимальные механические свойства наблюдаются у сплава, обработанного тройным составом ($\text{TiO}_2 + \text{KF} + \text{BaF}_2$): $\sigma_B = 190$ МПа; $\delta = 12,7\%$.

Сварка биметаллических переходников сталь-титан, недостатки и предложение возможного решения

Федотов А.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.

МАИ, Москва

Для функционирования работы автоматизированной системы управлением защиты атомных двигателей, необходимо плотное и герметичное соединение разнородных металлов, в частности «сталь-титан». В настоящее время в промышленности используются следующие варианты получения соединений: дуговая сварка, сварка трением, диффузионная сварка, пайка.

При сварке плавлением титана со сталью швы чрезвычайно хрупки, в них образуются трещины. Задача еще больше усложняется при сварке титана с хромо-никелевыми сталями аустенитного класса. В этом случае образуются сложные интерметаллические соединения титана с железом, хромом и никелем, которые еще в большей степени делают шов хрупким. Кроме того, ситуацию усложняет ограниченная взаимная растворимость в твердом состоянии, наличие легкоплавкой (1085°C) эвтектики. При сварке трением свариваемый узел требует жесткого закрепления в зажимах, а при сварке возможна его неравномерная деформация. Паяные же соединения обладают пониженной коррозионной стойкостью.

Диффузионная сварка в вакууме способ, который позволяет соединить два разнородных металла, обеспечивая отсутствие сплошных интерметаллидных слоев. С целью обеспечения более высоких рабочих нагрузок и повышения надежности сварных соединений предлагается использовать дорновую диффузионную сварку. При данном виде способе сварки встает проблема предотвращения образования следующих возможных дефектов:

1) дефектов в виде «недопрессовка» (дефект сварного соединения, результатом которого является не полное заполнение зазора).

2) увеличенная диффузионная прослойка, которая введет к образованию интерметаллидных фаз (TiFe_2 , TiFe , TiNi , Ti_2Ni и TiCr_2). Кроме того, кратковременные механические свойства диффузионных сварных соединений в среднем составляют $\sigma_B = 250$ МПа.

Целью данной работы является устранение данных дефектов и недостатков за счет изменения термо-деформационной схемы процесса. В докладе предложено потенциальное решение, которое позволит не только устранить вышеперечисленные недостатки, но и позволит разработать единый типовой процесс сварки для разных типоразмеров переходников.

Исследование сварного соединения сплава ЭП741НП после сварки трением Фозилов Т.Т.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Рабинский Л.Н.
МАИ, Москва

В настоящее время для изготовления деталей ГТД применяются жаропрочные сплавы на никелевой основе. Сварка плавлением таких сплавов затруднена появлением микротрещин, которые связывают с изменением размеров зерен и концентрацией вредных фаз на границах зерен [1]. По сравнению со способами сварки плавлением сварка трением жаропрочных никелевых сплавов обладает рядом преимуществ. Основным ее преимуществом является возможность получения сварных соединений, не получаемых методами сварки плавлением, а также низкие значения остаточных напряжений при сварке [2].

В работе [3] исследована свариваемость жаропрочного никелевого сплава ВЖ159 ротационной сваркой трением, с последующей термообработкой соединений. Были определены механические характеристики, устанавливающие, что используемые режимы сварки позволяют получать сварные соединения с уровнем прочности не менее 0,9 от прочности основного материала, а исследования структуры показали отсутствие дефектов в сварном шве и околошовной зоне, что говорит о зернистой структуре и достаточной микротвердости. Но так же стоит отметить обоснование выбора деформируемого полуфабриката, дело в том, что структура литой заготовки более крупнозернистая, в отличие от структуры заготовки, полученной металлургией гранул (величина зерна не более 4 балла).

Согласно литературе, выбран сплав ЭП741НП, заготовки из которого предварительно были термообработаны. Затем проведена сварка образцов на установке ПСТИ-120SW. В результате испытаний установлены следующие механические свойства образцов:

1. $\sigma_{B20^{\circ}C} = 1341$ МПа; $\sigma_{B650^{\circ}C} = 1150$ МПа, $\delta = 3,7\%$
2. $\sigma_{B20^{\circ}C} = 1328$ МПа; $\sigma_{B650^{\circ}C} = 1018$ МПа, $\delta = 5,3\%$
3. $\sigma_{B20^{\circ}C} = 1311$ МПа; $\sigma_{B650^{\circ}C} = 1128$ МПа, $\delta = 8,2\%$

Анализ результатов испытания показал:

- Разброс прочностных характеристик на предел кратковременной прочности сварных соединений, полученных при разных режимах составил около 2%, что свидетельствует о равномерности гранулометрического состава, однако, стоит отметить, что при испытаниях на длительную прочность (100 часов при 650°C) — результаты изменялись скачками, предполагается, что данный эффект стал следствием термовоздействия самой сварки;

- прочность сварного соединения на всех режимах сварки трением составляет $\approx 0,90-0,91$ от прочности самого сплава ЭП741НП, т.к. разрыв происходил в околошовной зоне.

- проведенные металлографические исследования показали, что в околошовной зоне есть присущее для сварки трением термомеханическое изменение материала, выражающееся в «скручивании» металла в направлении грата при сварке. Зона шва узкая (0,8-1 мм) и имеет неравномерную дендритную структуру. Данный характер микроструктуры типичен для сварных соединений сплава ЭП741НП [3]. Отмечается, что отсутствуют пористости и трещины, как в основном материале, так и в зоне термического влияния.

Говоря в заключение, при определении свойств установлено, что при испытаниях, прочность не претерпевает существенных изменений.

Структура образцов из сплава ЭП741НП зернистая, наблюдается три типа упрочняющей γ' -фазы: субкубоиды γ' -фазы, наноразмерные частицы по форме близкие к кубоидам до 100 нм и сферические частицы наноразмерной фазы размером 10-15 нм. Так же наблюдаются двойники и отдельные частицы карборидов ниобия. На границах зерен наблюдаются выделения относительно крупных частиц γ' -фазы, вытянутых вдоль границ. Структура околошовной зоны идентична структуре основного материала, зона сварного соединения мелкозерниста, состоит из γ рекристаллизованных зерен.

Исследование макроструктуры показало, что значительные дефекты отсутствуют в околошовной зоне и зоне шва, однако при рассмотрении микроструктуры были выявлены несущественные дефекты, это значит, что эти зоны можно охарактеризовать, как

мелкозернистые, однако исходная γ' -фаза в зоне сварного шва существенно меньшего размера, чем исходное значение, это следствие частичного растворения при процессе сварки.

Работа проводилась при финансовой поддержке государственного проекта Министерства образования и науки РФ «Код проекта FSFF-2020-0017».

Список использованных источников:

1. В.М. Бычков, А.С. Селиванов, А.Ю. Медведев, В.А. Супов, Б.О. Большаков, Р.Р. Гринь, Ф.Ф. Мусин; Исследование свариваемости жаропрочного никелевого сплава ЭП742 методом линейной сварки трением., «Вестник УГАТУ», Уфа: УГАТУ, 2012., т.16, №7 (52). с. 112-116.

2. Виль В.И. Сварка металлов в твердой фазе. М.: Машиностроение, 1970. 176 с.

3. М.Л. Саморуков, А.В. Свиридов, Л.И. Рассохина, О.Н. Битюцкая; РОТАЦИОННАЯ СВАРКА ТРЕНИЕМ ЛИТЫХ И ДЕФОРМИРУЕМЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ЖАРОПРОЧНОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ВЖ159., «Труды ВИАМ» №1 (85) 2020. с. 15-23.

Экспериментальные исследования реологии ниобия при высоких гидростатических давлениях

Хайрутдинова Р.Р.

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

МАИ, Москва

Расчет процессов формоизменения металлов предусматривает определение вектора перемещений, компонент тензоров деформации, скоростей деформаций и напряжений в деформируемом теле, на которое действуют поверхностные силы. Указанный набор параметров можно рассчитать только зная закономерности взаимосвязи сопротивления деформации и предельной пластичности металла с напряженно-деформированным состоянием в очаге деформации.

Сведения о реологии ниобия необходимы для разработки технологии изготовления сверхпроводящего кабеля — композиционного материала в виде многожильного прутка ниобий-бронза. Исследования проведены на разработанных в МАИ и запатентованных образцах и пластометрах высокого давления. Впервые построены объёмные диаграммы, аппроксимированные соответствующими уравнениями, которые отражают реальные свойства ниобия в температурно-деформационном диапазоне его формоизменения.

Применение реологических уравнений в математических моделях горячего гидропрессования композиционных прутков с непрерывными однонаправленными волокнами ниобия в бронзовой матрице позволило осуществить промышленное опробование новой технологии и разработать технологическую рекомендацию. Получен соответствующий акт предприятия.

Результаты экспериментального исследования внедрены в учебный процесс при чтении лекций и проведении практических занятий по курсу « Физика и техника высоких давлений».

Продление срока эксплуатации тонкостенной трубы из нержавеющей стали

Чаплыгин К.К., Данилушкин В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Воронин С.В.

Самарский университет, Самара

Нержавеющие стали и металлоконструкции из них широко распространены в различных сферах промышленности за счет своих прочностных характеристик и коррозионной стойкости. Одним из направлений применения нержавеющей сталей являются трубопроводы, эксплуатируемые в контакте с агрессивными средами и находящиеся под давлением. Для подобных узлов очень важны прочностные характеристики и долговечность. Немаловажным фактором, влияющим на срок эксплуатации металлоконструкций из нержавеющей стали, являются сварные швы, так как в них возникают внутренние напряжения, что впоследствии может привести к образованию трещин и полному разрушению сварного соединения.

В работе проведено исследование тонкостенного трубопровода из нержавеющей стали 12X17 диаметром 1150 мм, который эксплуатировался ежедневно в течение 16 лет при рабочей температуре проходящих газов 150-200°C. В процессе эксплуатации началось разрушения фланцев трубы (изготовленных не из нержавеющей стали) по причине коррозии. Выход подобного рода оборудования приводит к многодневному простоям основных средств. При попытке ремонта посредством сваривания труб стык в стык возникли трещины по соединяемым участкам трубы. Было выяснено, что структура металла в месте сварочного шва не соответствовала прочностным показателям всей трубы. В ходе определения причин разрушения было выявлено, что изделие изначально было изготовлено с нарушением технологии соединения методом сварки. Сварка металлов разных марок, а особенно нержавеющей с обычной не желательна. Разный химический состав привел к огромной неоднородности сварной ванны, что впоследствии сказалось на прочностных характеристиках изделия [1]. Из-за толщины трубы (около 2 мм) в процессе сварки произошел перегрев околосшовной зоны, что привело к образованию мартенситных фаз, способствующих появлению внутренних напряжений [2]. Также напряжения возникают и из-за непосредственно самой сварки, вследствие чего в процессе эксплуатации образовались термические трещины [3].

О появлении термических трещин и возникновении внутренних напряжений так же свидетельствовал абсолютно хрупкий излом, представленный на фотографиях ниже. Трещины разветвляются, присутствуют несколько точек их зарождения. В некоторых местах трещины выходят наружу металла по внутренней стенке.

Изначальной причиной излома могли являться неправильные режимы сварки (сила тока, напряжение, тип электрода), что в данной ситуации подобрать условно невозможно, учитывая срок эксплуатации, наличие напряжений, а также фазовых и структурных изменений, присутствующих в металле [4].

В ходе исследования последствий разрушения были предложены следующие рекомендации: произвести сварку «стык в стык» однородных металлов (одной марки) трубы, предварительно удалив (обрезать на 50-70мм) зону фазовых и структурных изменений свариваемых частей трубы. Далее необходимо усилить сварочный шов установкой бандажа аналогичной марки металла, общей шириной 200-300 мм. Бандаж установить сплошным сварочным швом с обеих сторон для механической компенсации внутренних напряжений на торцах свариваемых труб. Все сварочные швы зачищать в процессе проведения соединений механическим способом, с целью визуального контроля отсутствия трещин, как в сварочном шве, так и в соединяемых частях.

Список использованных источников:

1. Липпольд, Д.С. Металлургия сварки и свариваемость нержавеющей сталей [Текст]: [монография] / Д. Липпольд, Д. Котеки; [пер. с англ. Федотов Б. В.]. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. — 466 с.: ил., табл.; 24 см.
2. Гуляев, А.Г. Металловедение [Текст] / А.Г. Гуляев — издательство Металлургия, 1986. — 544 с.
3. Масаков, В.В. Сварка нержавеющей сталей: учеб. пособие / В.В. Масаков, Н.И. Масакова, А.В. Мельзитдинова. — Тольятти: ТГУ, 2011. — 184 с.: обл.
4. Гордиенко, В. Е. Дефекты сварных швов и контроль качества сварных соединений: учеб. пособие / В. Е. Гордиенко, Е. Г. Гордиенко; М-во образования и науки Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т, Каф. технологии конструкц. Материалов и метрологии. — СПб.: [С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т], 2004 (Ризограф СПбГАСУ). — 77, [1] с.: ил., табл.; 20 см.

Влияние микроструктуры на прочность наноструктурного сплава 36Н

Юсупова Н.Р., Крылова К.А.

Научный руководитель — член-корреспондент, д.ф.-м.н. Мулюков Р.Р.

УГНТУ, Уфа

Железо-никелевый сплав 36Н, содержащий 36 % Ni (ГОСТ 10994-74) [1], относится к прецизионным сплавам с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР). Данный сплав называется инвар, что переводится как не расширяющийся — его ТКЛР равен 1,6-10-6 С-1 в интервале температур от 20 до 100°C [2, 3]. Благодаря этому свойству сплав 36Н находит применение в различных отраслях промышленности, где необходимо сохранять точные размеры и форму. Сегодня инвар широко применяется в танкерах мембранного типа, которые служат для перевозки сжиженного природного газа (СПГ). Тонкие мембранные слои из сплава 36Н являются барьером между СПГ и окружающей средой, который уменьшает потери СПГ во время транспортировки. Для уменьшения этих потерь необходимо снизить значение ТКЛР, а, чтобы уменьшить толщину мембранного слоя, и, следовательно, еще сильнее повысить экономическую эффективность, нужно увеличить прочность сплава 36Н, которая составляет 450 МПа [4]. Для повышения механических свойств инварного сплава чаще всего применяют легирование, но оно приводит к повышению величины ТКЛР, а также к росту себестоимости сплава. Альтернативой данной технологии является деформационное наноструктурирование кручением под высоким давлением. Он является эффективным методом повышения прочностных свойств металлов без изменения его химического состава. К тому же в работе [5, 6] было показано, что у наноструктурного сплава Fe-36% Ni величина ТКЛР почти в 2 раза ниже, чем в крупнокристаллическом инваре. Однако, влияние деформационного наноструктурирования на предел прочности при растяжении не было изучено. Отметим также, что исследованный в работе [5] Fe-Ni сплав отличается по своему химическому составу от промышленного сплава 36Н, в химическом составе последнего присутствуют примесные атомы Cr (0.16% мас.) и Mn (0.59% мас.), что может привести к различию в свойствах этих сплавов. В связи с этим целью данной работы оценить влияние деформационного наноструктурирования кручением под высоким давлением на микроструктуру и прочностные свойства инварного сплава 36Н.

Деформационное наноструктурирование проводилось на наковальнях типа Бриджмена при нагрузке 6 тонн и 10 оборотах байков. Скорость вращения верхнего байка составляла 2 об/мин. Исходные образцы были цилиндрической формы с диаметром 12 мм и толщиной 1,4 мм. После наноструктурирования структура сплава представляла собой фрагменты размером около 150 нм. Для получения различных структурных состояний образцы после деформации подвергались отжигу в вакууме при температурах от 100 до 500 °С в течении 60 минут. После отжига сплавов в НС состоянии наблюдалось формирование равноосных зерен, средний размер которых монотонно увеличивался с ростом температуры отжига. Полученные образцы сплава в разном структурном состоянии подвергались дальнейшему исследованию на микроструктуру и прочность.

В работе показано, что формирование наноструктуры в сплаве 36Н ГОСТ 10994-74 методом кручения под высоким давлением приводит к повышению предела прочности на растяжение. Последующие отжиги в интервале температур от 280 до 500 °С привели к росту среднего размера зерна, что оказывает влияние и на прочностные свойства сплава. Проведенная оценка микротвердости показала, что максимальная величина микротвердости достигнута после часового отжига при 380 °С. Предположительно этот рост микротвердости связан с дисперсионным упрочнением из-за выделения в наноструктурном инварном сплаве дисперсной ОЦК фазы [5]. Выделение квазиравновесной ОЦК фазы связано со значительным увеличением диффузионной способности за счет сильной неравновесности границ зерен и большой концентрации дефектов после деформационного наноструктурирования.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 10994-74. Сплавы прецизионные. Марки.

2. W. D. Callister. *Materials Science and Engineering: An Introduction* 8th edition. NY, John Wiley & Sons (2010) 729 p.
3. A. Sahoo, V. R. R. Medicherla. *Materials Today: Proceedings*. 43 (2), 2242 (2021).
4. W. S. Park, M. S. Chun, M. S. Han, M. H. Kim, J. M. Lee. *Materials Science and Engineering A*. 528, 5790 (2011).
5. K A Krylova, I Kh Bitkulov and R R Mulyukov Effect of nanostructuring on the thermal expansion and saturation magnetization of Fe — 36% Ni and Fe — 50% Ni alloys
6. N. R. Yusupova, K. A. Krylova, R. R. Mulyukov Thermal analysis and microhardness of nanostructured alloy Invar 36

Секция №8.3 Полимерные и углеродные композиционные материалы, технологии производства изделий из неметаллических материалов

Влияние оптических характеристик поверхности образца УУКМ на условия лазерной термической обработки

Андросенко В.Н.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Якимов М.Ю.

МАИ, Москва

Лазерная термическая обработка поверхности тормозных дисков авиационных шасси из углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ) является перспективным методом повышения износостойкости УУКМ [1]. В данной работе исследуется влияние вариаций реального коэффициента поглощения лазерного излучения поверхностью образца УУКМ на изменение ее температуры при лазерном нагреве образца в процессе лазерной обработки.

Объектом исследования является стандартный образец тормозного диска из УУКМ Термар АДФ-ОС для испытаний на машине трения ИМ-58, подвергнутый однократному предварительному испытанию. Для повышения точности расчета в компьютерной модели, разработанной для определения параметров термообработки [2], важной задачей является изучение вариации реального коэффициента поглощения лазерного излучения при перемещении пятна лазерного воздействия по поверхности испытательного образца тормозного диска из УУКМ.

Измерения коэффициентов отражения и поглощения проводились на длинах волн лазерного излучения 1,064 мкм и 10,6 мкм. При этом падающее на УУКМ лазерное излучение заданной мощности (от 30 до 80 Вт в пятне диаметром от 4 до 7 мм) отражалось и частично рассеивалось его поверхностью. Отражённое и рассеянное излучение попадало на измерительную площадку датчика мощности лазерного излучения OPHIR StarLite 50A-BB-SH-26 [3], данные с которого непрерывно записывались системой регистрации. В процессе измерения исследуемый образец вращался со скоростью 1 об/мин. При этом пятно падающего лазерного излучения перемещалось по поверхности, как при лазерной обработке. Коэффициент зеркально-диффузного отражения в зависимости от угла поворота θ испытательного образца $r(\theta)$ определялся как отношение суммарной мощности отраженного и рассеянного излучения к мощности падающего. Соответствующий коэффициент поглощения определялся как $a(\theta) = 1 - r(\theta)$.

Из полученных данных следует, что значение $r(\theta)$ на длине волны 1,064 мкм за полный оборот образца варьировалось в пределах от 7,5% до 15,5% при среднем значении $r/1,064 = 11\%$. На длине волны 10,6 мкм, соответственно, $r(\theta)$ менялся от 19 % до 38% при среднем значении $r/10,6 = 29\%$. Соответствующие средние коэффициенты поглощения $a/1,064 = 89\%$, $a/10,6 = 71\%$. Полученные данные по коэффициентам поглощения лазерного излучения использовались для расчета реальных параметров лазерной обработки в математической модели [2]. Расчеты показали, что изменение температуры поверхности материала при фиксированной интенсивности лазерного излучения вследствие вариаций коэффициента поглощения лазерного излучения при обработке остается в допустимых пределах от 2100 до 2200°C. Результат расчета согласуется с данными эксперимента [2].

Список использованных источников:

1. Кузнецов С.И., Петров А.Л. Применение лазерного излучения для модификации поверхности и раскря углеродных композиционных материалов и углеродных тканей // Известия Самарского научного центра РАН, 2003, т. 5, №1, с. 46-54.

2. Андросенко В.Н., Якимов М.Ю. Параметры лазерной поверхностной термообработки углерод-углеродного композиционного материала // Механика и моделирование материалов и технологий. Сборник трудов Секции Международной молодёжной научной конференции «XLVII Гагаринские чтения» 20-23 апреля 2021, с. 11-14 <https://elibrary.ru/item.asp?id=45736966>

3. <https://www.ophiropt.com/laser--measurement/ru/laser-power-energy-meters/products/Laser-Thermal-Power-Sensors/Low-Power-Thermal-Sensors/50%28150%29A-BB-26> дата обращения 11.01.2022

Фазовые равновесия и взаимодиффузия в отверждающихся системах фталонитрил-полиэфирсульфон и фталонитрил-полифенилсульфон

Ахметова А.В.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

МАИ, Москва

Фталонитрил (ФН), используемый в качестве теплостойких связующих композиционных материалов в отвержденном состоянии характеризуется хрупким механизмом разрушения. Для повышения физико-механических характеристик без снижения теплостойкости отвержденных связующих традиционно используют физическую модификацию жесткоцепными термопластами с высокими температурами стеклования (T_g), например, полисульфонами. Модифицированные связующие могут быть использованы для создания композиционных материалов, обладающих высокими показателями теплостойкости и механическими характеристиками, применительно к различным отраслям промышленности.

В работе исследованы фазовые равновесия и взаимодиффузия в отверждающихся системах фталонитрил-полиэфирсульфон (ФН-ПЭС) и фталонитрил-полифенилсульфон (ФН-ПФС) с различными T_g термопластов, определенными методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

Основным методом исследования фазового равновесия и взаимодиффузии служила оптическая лазерная интерферометрия — с использованием интерферометра ОДА-2. Поскольку, исследуемые системы характеризуются низкой оптической проницаемостью в видимом световом диапазоне, для проведения диффузионных измерений использовался ИК-лазер ($\lambda=740$ нм). Установлено, что система ФН-ПФС полностью совместима во всем исследуемом диапазоне температур (от комнатной температуры до 300 0С), а ФН-ПЭС ограниченно совместима при температуре ниже 220 0С. Для системы ФН-ПФС построена диаграмма фазовых состояний аморфного расслоения характеризующаяся ВКТС.

По полученным интерферограммам, методом Матано-Больцмана рассчитаны коэффициенты взаимодиффузии компонентов. Установлено, что в координатах $x(t/2)$ зависимости для всех исследованных систем линейны, что говорит о диффузионном механизме смещения компонентов. Температурным зависимостям коэффициентов взаимодиффузии, с помощью уравнения Аррениуса рассчитаны значения энергии активации диффузии во всем концентрационном диапазоне. Установлено, что значения энергии активации диффузии компонентов системы с увеличением концентрации термопласта плавно изменяются от энергии активации самодиффузии ФН к энергии активации модификатора — термопласта.

Полученные данные предназначены для определения времени гомогенизации и выбора температурно-концентрационных режимов приготовления теплостойких отверждающихся связующих ПКМ, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами.

Экспериментальное исследование влияния полимерной матрицы на эффективные механические свойства композитных конструкций с различной ориентацией решеток

Байкова Е.И.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ченцов А.В.

МАИ, Москва

Введение. Механические метаматериалы — это материалы, созданные руками человека, которые проявляют механические свойства благодаря особенностям внутренней архитектуры. Исследования в этой области начались сравнительно недавно и существует еще множество различных проблем при реализации тех или иных проектов. Однако, в случае плоских структур уже существует ряд исследований по созданию действительных образцов [1, 2]. В область интересов входит создание композитов из данных материалов.

В данной работе представлены результаты экспериментов по изучению эффективных механических свойств композита, который представляет собой сочетание плоского механического метаматериала (ячеистая структура) и полимерной матрицы. Ячеистая структура представляет собой периодическую комбинацию ячеек, формирующих собой единую плоскую структуру, в особенности внутренней архитектуры которой входит поворот в плоскости относительно начального положения.

Другими авторами проводились численные и экспериментальные исследования в области влияния ориентации структуры в пространстве на эффективные механические свойства. Примером численных исследований, наглядно демонстрирующих влияние угла поворота на эффективные механические свойства может служить численный эксперимент над бесконечной упругой плоскостью с круговыми отверстиями [3]. Экспериментальные исследования над действительными ячеистыми структурами подтверждают предположение, высказанное в рамках численных исследований [4].

Методы. В качестве эффективных модулей, характеризующих механические свойства композита, выбраны эффективные модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Материал для ячеистой структуры — полиэтилентерефталат (ПЭТ), для матрицы — силикон. Создавался композит методом заливки. Для получения данных для расчета проведён эксперимент по одноосному растяжению на разрывной машине «MTS Synergie 400». Полученные зависимости усилий и перемещений позволяют рассчитать значения эффективного модуля Юнга. Значения коэффициента Пуассона определяли при помощи исследования процесса деформации по серии снимков в программе GOM Suite.

Результаты. Для оценки влияния матрицы на эффективные механические свойства ячеистой структуры проведен расчет значений, где поперечное сечение композита было взято как поперечное сечение структуры из ПЭТ, толщиной 0,8 мм. Модуль Юнга композита составляет 36,6 МПа, ячеистой структуры — 39,1 МПа. Т.е. в результате наблюдается снижение значение модуля на 6%. Модуль Юнга ячеистой структуры при повороте в плоскости на 90° относительно начального положения составляет 43,8 МПа, композита — 60,5 МПа. Т.е. значение упругого модуля увеличивается на 38%. Сравнивая полученные значения композитов получаем прирост значений модуля Юнга на 65%.

Значение коэффициента Пуассона композита — $-0,42$. Ячеистой структуры — $-0,62$. В результате получаем изменение значения коэффициента на 32%. Коэффициент Пуассона композита с поворотом ячеистой структуры на 90° — $-0,67$. Ячеистой структуры — $-0,98$. Получаем изменение значения коэффициента на 32%. Сравнивая значения коэффициентов Пуассона для композитов получаем изменение значений коэффициента на 59%.

Для оценки влияния ячеистых структур на упрочнение силикона проведен расчет значений, где поперечное сечение композита было взято как поперечное сечение силикона, толщиной 4,3 мм. Модуль Юнга силикона составляет 0,89 МПа, композита — 6,8 МПа. Т.е. введение в силикон ячеистой структуры увеличивает его показатели прочности на 664%. При повороте решетки на 90° значение упругого модуля составляет 11,2 МПа. Т.е. введение в силикон ячеистой структуры с поворотом на 90° увеличивает его показатели прочности на

1158%. Сравнивая результаты композитов наблюдается прирост значения модуля Юнга на 64%.

Таким образом показано, что замена одноосно растягиваемой ячеистой структуры композитным образцом демонстрирует общий прирост эффективных упругих свойств. В случае же замены силиконовой пластины композитным образцом наблюдается значительное упрочнение. При сравнении коэффициентов Пуассона ячеистых структур и композитов наблюдается общий тренд на изменение данных коэффициентов для всех рассмотренных ориентаций решеток.

Список использованных источников:

1. Tiantian Li, Xiaoyi Hu, Yanyu Chen, Lifeng Wang: Harnessing out-of-plane deformation to design 3D architected lattice metamaterials with tunable Poisson's ratio. Scientific Reports v. 7, Article number: 8949 (2017)

2. A. V. Chentsov, D. S. Lisovenko Experimental study of auxetic behavior of cellular structure // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 991 (2018) 012017. DOI: 10.1088/1742-6596/991/1/012017

3. Мокряков В.В. Исследование зависимости эффективных податливостей плоскости с решеткой круговых отверстий от параметров решетки // Вычислительная механика сплошных сред. — 2010. — Т. 3, № 3. — С. 90-101

4. Байкова Е.И., Ченцов А.В. Экспериментальное изучение влияния ориентации решетки на эффективные механические свойства двумерных ауксетических ячеистых конструкций // Гагаринские чтения — 2020, с.1139-1140.

Разработка и перспективы применения композиционного материала полиэтилен-никелид титана с высокими упругими свойствами

Бурдин Д.В., Виноградов Р.Е., Снегирёв А.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Гусев Д.Е.

МАИ, Москва

В нынешнее время материалы со сверхупругостью (СУ) находят все более широкое практическое применение в промышленных секторах экономики. Наиболее часто используются сплавы на основе никелида титана, которые обладают высоким комплексом таких свойств как функциональных, так и механических. Такой сплав обладает высокой коррозионной стойкостью. Создание изделий производится путем переработки слитков горячей деформацией в полуфабрикат. Таким полуфабрикатным продуктам придают форму механической обработкой и/или при помощи пластической деформацией. Придание свойств сверхупругости и эффекта памяти осуществляется путем термической обработки.

Сплавы со сверхупругостью имеют все необходимые свойства для применения в разработке композиционных материалов с полиэтиленовой матрицей. Используя данные сплавы как армирующие составляющие, мы повышаем эксплуатационные качества композиционных материалов, к примеру, свойства упругости. В качестве матрицы можно использовать полиэтилен. Такая матрица обладает невысоким модулем упругости и пластичностью. Перспектива применения композиционного материала полиэтилен-никелид титана может воплотить в жизнь эффект сверхупругости. Поэтому, исследование механических свойств композиционного материала полиэтилен-никелид титана считается важной задачей и актуальной проблемой в области материаловедения.

Была разработана технология изготовления опытных образцов композиционных материалов с матрицей из полиэтилена высокого (ПВД) и низкого давления (ПНД), армированной проволокой из никелида титана. Предложены действующий метод и этапы технологических операций производства образцов композиционных материалов: заданы температура и время для ПНД — 170°C, для ПВД — 130°C. Сварка полиэтилена осуществляется под давлением массивного утяжелителя, под которым расположены свариваемые слои композиционного материала.

Стандартные методики испытания металл-полимерных композиционных материалов не применимы к изготовленным образцам. В качестве новой методики были проведены испытания на трехточечный изгиб функциональных композиционных материалов с полимерной матрицей из ПВД и ПНД, армированной проволокой из NiTi со сверхупругостью. Объемная доля армирования композиционного материала с 2-мя и 3-мя проволоками, соответственно, составляет 2,8% и 4,1%. Данный метод показал, что изготовленные образцы композиционных материалов обладают повышенными упругими (сверхупругими) свойствами.

По результатам испытаний композиционного материала полиэтилен-никелид титана на трехточечный изгиб определены механические свойства: модуль упругости для ПВД-NiTi (от 250 до 1000 МПа) и для ПНД- NiTi (от 750 до 2000 МПа), предел сверхупругости для ПВД-NiTi (от 3 до 27 МПа) и для ПНД-NiTi (от 9 до 39 МПа) и соответствующие им деформации для ПВД-NiTi (от 1,3% до 4,2%) и для ПНД-NiTi (от 1,3% до 3,3%). Вышеперечисленные свойства зависят от количества армирующих элементов и типа матрицы.

Установлено, что благодаря армированию полиэтиленовых матриц проволокой из никелида титана возрастают максимальные напряжения и деформации в 3 раза, при которых начинает развиваться накопление необратимой деформации в 3 раза, что повышает их работоспособность.

На основании полученных результатов можно прийти к заключению о том, что при армировании полиэтилена высокого давления проволоками из никелида титана повышаются упругие свойства композиционного материала: возрастает упругость и способность упруго деформироваться при статических нагрузках. При армировании полиэтилена низкого давления проволоками из никелида титана, в несколько раз увеличивается жесткость конструкции изделия. Возрастает упругость, деформационная стойкость такого композиционного материала.

Метод создания анизотропных полиимидных покрытий

Васильева А.С., Керобян М.С.

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

МАИ, Москва

Анизотропию полимерных покрытий (ориентантов) получают обычно одноплавленным механическим натиранием [1]. Известно также о формировании анизотропных свойств полиимидных пленок, экспонированных на внешней поверхности космической орбитальной станции «Мир». В результате комплексного воздействия различных факторов космического пространства — атомарного кислорода, электронов, протонов и плазмы была получена степень анизотропии в 40% [2]. Тем не менее, разработка новых более технологичных способов формирования анизотропии полиимидных покрытий является актуальной задачей.

Основной задачей данной работы является разработка метода создания анизотропных свойств ориентантов с применением низкотемпературной гетерогенной аргоновой атмосферной плазмы.

Образцами для экспериментов служили 5 пластин из стекла марки К9, размером 15×25 мм и толщиной 1,5 мм. На них были нанесены 2 покрытия: оксид индия-олова и полиимидный ориентант. Поверхность ориентанта подвергалась воздействию плазмы в одном направлении под наклоном в 45° к поверхности и отдалении 20-30 мм от поверхности. Количество проходов горелкой: 5, 20, 40, 60 и 100. Особенности данной плазмы: она является низкотемпературной (35–40°С) и атмосферной (при плазменной обработке в большинстве случаев необходима вакуумная камера).

Появление анизотропии ориентантов определяли измерением угла контакта при смачивании водой ортогонально и параллельно направлению воздействия плазмой методом «сидячей» капли. Продолжительность между операциями нанесения капли и измерением угла контакта составляло не более 60 секунд. Наибольшая анизотропия наблюдалась у

образца №1 (5 проходов горелкой) — 1,22, а наименьшая у образца №5 (100 проходов горелкой) — 1,14. Также было выявлено, что при увеличении количества проходов степень анизотропии уменьшается, что связано, по-видимому с процессами травления полиимида.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что воздействие низкотемпературной гетерогенной аргоновой атмосферной плазмой создает анизотропные свойства ортогонально и параллельно направлению воздействия плазмой в 1,14-1,22. Исходя из вышесказанного можно утверждать, что получен новый метод создания анизотропных свойств ориентантов.

Список использованных источников:

1. Невская Г.Е. «Достижения в ориентации жидких кристаллов» / Невская Г.Е., Томилин М.Г., Чигринов В.Г. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2009. Вып. 1 (27). С. 5 – 23;

2. Милинчук В.К. «Исследование полимерных материалов, экспонированных на космической орбитальной станции «Мир» / Милинчук В.К., Климпонт Э.Р., Пасевич О.Ф., Ананьева О.А // Химия высоких энергий. — 2013 г. — Том 47 №6 — 7 с.

Оптические свойства и радиационная стойкость полипропилена, модифицированного наночастицами TiO₂

Горончко В.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Михайлов М.М.

ТУСУР, Томск

Разработка композиционных материалов, стойких к воздействию ионизирующих излучений является перспективным направлением совершенствования материалов, эксплуатируемых в условиях космического пространства.

Помимо космической техники изобретение может быть использовано в ядерной энергетике, в ускорительной и рентгеновской технике, в нефтегазовой промышленности (улучшение механических свойств изоляции нефтепогружного кабеля), в медицине, в том числе радиационной, и других отраслях промышленности.

В данной работе использовались нанопорошки диоксида титана (размер наночастиц 50-70 нм, удельная поверхность 150 м²/г) и полипропилен марки РРН030GP, представленный в виде гранул диаметром 2-4 мм. Наноконпозиты получали в пластографе Брабендера. В результате были получены 5 образцов с концентрацией наночастиц TiO₂: 0, 1, 2, 3 и 5 масс.%. Исследование проводили на установке — имитаторе условий космического пространства «Спектр-1». Облучение осуществляли электронами с энергией E = 30 кэВ, потоком $\Phi = 5 \cdot 10^{12}$ см⁻²с⁻¹ при флюенсе $F = 2 \cdot 10^{16}$ см⁻² в вакууме 5·10⁻⁶ Торр при T=300K. Пробег электронов такой энергии в полипропилене составляет примерно 10 мкм, что значительно меньше толщины образцов (1 мм). Поэтому отражение от алюминиевой подложки после облучения не изменялось, и полученные изменения спектров после облучения определялись поглощением, наведенным в образцах действием электронов. Исследование спектров диффузного отражения ρ_l и их изменение после облучения ($\Delta\rho_l$ — определение радиационной стойкости наноконпозитов) в области 0.2–2.5 мкм осуществляли на месте облучения (in situ) при помощи шарового фотометра. Такой способ регистрации спектров ρ_l позволял избежать взаимодействия образованных в образцах дефектов с газами.

Анализ стойкости образцов наноконпозитов к воздействию электронного потока проводился путем расчета интегрального коэффициента поглощения солнечного излучения a_s и его изменения после облучения Δa_s . Данная характеристика является более информативной характеристикой материалов космической техники по сравнению со спектрами поглощения $\Delta\rho_l$, наведенного облучением. Этот коэффициент определяется нормированием спектра ρ_l на спектр излучения Солнца согласно стандарту [1, 2].

Коэффициент Δa_s составил 0,0288; 0,0135; 0,0096; 0,0077; 0,007 отн. ед. для образцов: чистый ПП, ПП+1, 2, 3, 5 масс. % нано TiO₂ соответственно. Наименьшее изменение коэффициента a_s соответствует образцу ПП+5 масс.% TiO₂, оно в 4 раза ниже относительно

чистого ПП. Таким образом, модифицирование ПП наночастицами TiO₂ в количестве 5 масс.% привело к увеличению стойкости к воздействию излучения в 4 раза относительно чистого ПП.

На спектрах ρ_л в ближней ИК области наблюдаются полосы поглощения при 1200, 1400 и 1700 нм, которые характерны для первого и второго обертонов колебательных частот молекулярных групп СН, СН₂ и СН₃. Полосы также включают в себя ОН-группы, сорбированные на поверхности.

В ближней УФ и видимой областях спектра после облучения образцов образуется полоса поглощения сложной формы в диапазоне 275-600 нм. Она определяется разрывами связей С-С в полипропилене с образованием дефектов — свободных радикалов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90096.

Список использованных источников:

1. ASTM E490-00a. Standard Solar Constant and Zero Air Mass Solar Spectral Irradiance Tables, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

2. ASTM E903 — 96. Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.

Окислительная стойкость УККМ в статических условиях

Горохов А.С.

Научный руководитель — Погодин В.А.

МАИ, Москва

В настоящее время получение сверхвысокотемпературных (СВТ) материалов является актуальной задачей. Одним из основных требований, предъявляемых к ним, является окислительная стойкость. Взаимодействие с высокоэнthalпийными потоками сопровождается каталитической рекомбинацией ионов на их поверхности. Общая величина тепловой нагрузки складывается из теплопередачи посредством конвекции, кондукции, излучения, теплоты окисления и каталитической рекомбинации. На ранних этапах разработки материалов исследование их окислительной стойкости целесообразно проводить отдельно, когда взаимодействие с окислителями рассматривается как квазистационарный процесс. Целью настоящей работы было исследование статического процесса окисления СВТ углерод-керамического композиционного материала (УККМ), создаваемого в МАИ [1-3].

Объектом исследования был СВТ УККМ с комбинированной пироуглеродной и керамической матрицей. В качестве наполнителя выступали углеродные волокна на основе вискозного прекурсора. Керамическая матрица была представлена боридами и карбидами переходных металлов. Процесс окисления проводили при температуре 1700°C на воздухе. Потерю массы определяли после изотермических выдержек продолжительностью в 5, 10 и 25 мин. Изменение массы исследуемых образцов УККМ величина аддитивная. Потеря массы за счет образования газообразных продуктов в реакции окисления углеродной части композита сопровождается образованием оксидов металлов и сублимацией боратного стекла при окислении керамической матрицы. Соответственно изучение порядка, скорости реакции и кажущейся энергии активации по общей потере массы бессмысленно. Поэтому для оценки окислительной стойкости наряду с исследуемым материалом проводили окисление образцов УККМ «Гравимол» и углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ) с наполнителями на основе прекурсора из гидратцеллюлозы. По данным СЭМ процесс окисления затрагивает как матрицу, так и наполнитель СВТ УККМ. При времени воздействия 5-10 мин окисление протекает на поверхности за счет преимущественного окисления пироуглерода. Благодаря плотной газонепроницаемой структуре пироуглерод препятствует диффузии кислорода в объем композита. УККМ «Гравимол» за указанное время окисляется незначительно в силу образования на его поверхности газоплотного слоя на основе SiO₂. Окисление УУКМ сопровождается выгоранием, как на поверхности, так и в объеме материала. По мере увеличения времени окисления на поверхности СВТ УККМ

образуется рыхлая газопроницаемая масса оксидов гафния, ниобия и титана. При 1700°C оксид бора активно испаряется, оставляя поры в оксидном слое. Сравнительный анализ с окисленными образцами УУКМ показал, что, несмотря на несплошность образованного оксидного слоя на поверхности СВТ УККМ, происходит торможение диффузии кислорода в объем материала. При этом основная масса оксидов остается в твердом состоянии. По мере увеличения продолжительности окисления УККМ «Гравимол» наблюдается интенсификация процесса генерации газообразной монооксида кремния SiO в результате взаимодействия на границе раздела между SiC и образованным SiO₂. Это приводит к появлению, росту и разрыву газонаполненных пузырей в оксидной пленке, что влечет за собой потерю ее сплошности. Безусловно, образование кремнезема обеспечивает наилучшую окислительную стойкость в условиях, рассмотренных в данной работе. Однако при рабочих температурах свыше 1800°C образование газообразного SiO приведет к эффекту «взламывания» пленки изнутри и взрывному росту скорости окисления УККМ. Данное исследование показало, что УУКМ значительно уступает в окислительной стойкости УККМ. СВТ УККМ, в свою очередь, уступает в окислительной стойкости УККМ «Гравимол». Однако увеличение температуры до 2000-2200°C приведет к существенному увеличению скорости окисления последнего. В этих условиях оксидный слой СВТ УККМ перейдет в вязко-текучее состояние и будет препятствовать диффузии кислорода.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 19-79-10258, <https://rscf.ru/project/19-79-10258/>

Список использованных источников:

1. Астапов А.Н., Погодин В.А., Сукманов И.В. Ретросинтетический анализ как методологический подход в получении СВТ материалов // Материалы XXVII Международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова. Кремёнки, 17 – 21 мая 2021 г. — Т. 1 — М.: ООО «ТРП», 2021 — С. 14–17.
2. 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 г. — Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021 — С. 33–36.
3. Астапов А.Н., Погодин В.А., Сукманов И.В., Матуляк А.И. Синтез in situ матриц жаропрочных композиционных материалов и жаростойких защитных покрытий // Тезисы докладов 20 Международной конференции «Авиация и космонавтика». Москва, 22 – 26 ноября 2021 г. — М.: Изд-во «Перо», 2021 — С. 475–476.

Моделирование нанесения покрытий в вакууме

Егорова Е.О.

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

ТулГУ, Тула

Роль математического моделирования при решении задач в области микро- и нанотехнологии весьма актуальна. Повышение качества покрытий важно для применения в различных производственных областях. Моделирование процессов получения покрытий высокого качества современными методами, выявление особенностей процесса и управляемых параметров является весьма востребованной задачей [1].

Целью данной работы является уменьшение материальных и временных затрат при экспериментальном определении условий, обеспечивающих достижение равномерности толщины покрытия. Использование методов компьютерного моделирования и численных расчетов, основанных на существующих теориях, позволяет значительно уменьшить время отработки технологии до желаемого результата.

В результате численного моделирования нанесения покрытий в вакууме были учтены параметры материалов, рассчитана толщина покрытия для трех разных материалов (титан, алюминий, медь). Проведены расчеты при различном взаимном размещении источника и подложки для получения оптимальной равномерности толщины покрытия.

Данные расчетов показывают, что условие равномерности толщины покрытия приводит к требованию большого расстояния между источником и подложкой, т.е. к большому размеру вакуумной камеры. Также было замечено, что чем больше расстояние между подложкой и испарителем, тем меньше толщина наносимого покрытия [2].

Список использованных источников:

1. Булатова Т.Г., Аляев В.А. Влияние интернет-информации на образовательный процесс инженерных специальностей // Вестник КГТУ. 2010. № 11. С.432-435.

2. Zhabrev V.A., Margolin V.I., Tupik V.A., Su C.T. Simulating the aggregation of nanoparticles on a substrate surface upon vacuum deposition // Journal of Surface Investigation. X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2015. V.9(5). P.877-879. (Жабрев В.А., Марголин В.И., Турик В.А., Су С.Т. Моделирование агрегации наночастиц на поверхности подложки при вакуумном осаждении // Журнал поверхностных исследований. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные методы. 2015. Т.9(5). С.877-879.).

Влияние шероховатости полимерного покрытия, ограничивающего слой негеликоидального сегнетоэлектрического жидкого кристалла на оптическое качество слоя

Жукович-Гордеева А.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Пожидаев Е.П.

МАИ, Москва

Смектические С* негеликоидальные жидкие кристаллы (С*ЖК) являются перспективными электрооптическими материалами для различных устройств фотоники (дисплеев, оптических затворов, фазовых модуляторов), так как быстродействие С*ЖК на два-три порядка выше, чем у нематических жидких кристаллов (НЖК). Однако, достижение высокого оптического качества слоёв С*ЖК намного сложнее по сравнению с НЖК.

Жидкокристаллические фотонные элементы (ячейки) представляют собой слои жидких кристаллов толщиной несколько микрометров, ограниченные анизотропными полимерными поверхностями, которые называются ориентантами. Цель работы заключается в исследовании влияния шероховатости пограничных по отношению к негеликоидальному С*ЖК полимерных поверхностей (т. е. ориентантов) на оптическое качество С*ЖК.

В качестве негеликоидального С*ЖК был выбран FLC-497A [1], разработанный в ФИАН им. П.Н. Лебедева. В качестве материала для формирования ориентантов, наносимых на прозрачные токопроводящие твёрдые подложки был выбран широко известный полимер основе полипиромеллитового диангидрида (ПМДА) и 4,4'-оксидианилина (ОДА). Были приготовлены растворы этого полимера в диметилформамиде с концентрациями 0.25, 0.5, 1.0 весовых процентов. Растворы наносились на поверхность прозрачного полупроводника Indium Tin Oxide, который обычно используется в промышленности для изготовления устройств отображения информации. Слои ориентантов формировались методом центрифугирования при скорости вращения вала центрифуги 3000 оборотов в минуту.

В качестве методов исследования использованы:

1) метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) — метод исследования микроструктуры полимерного покрытия по полученным сканам.

2) Метод измерения свободной поверхностной энергии, основанный на проецировании на экран капель тестовых жидкостей, для которых измерялся краевой угол смачивания ориентанта. Свободная поверхностная энергия рассчитывалась на основании измеренных контактных углов по уравнению Оуэнса-Вендта [2]. В качестве тестовых жидкостей использовались глицерин и α -бромнафталин;

3) метод измерения контрастного отношения (СК) электрооптической ячейки, расположенной между скрещенными поляризатором и анализатором. Методика экспериментов по измерению контрастного отношения описана в работе [3].

Шероховатость полимерной поверхности измерялась на АСМ марки Certus Standard V. Наблюдается уменьшение значения шероховатости (Rz) на участке 1 мкм² при увеличении

концентрации полиимида в растворе 0,25, 0,5 и 1%, соответственно, 3,84, 3,32 и 2,34 нм, а шероховатость поверхности ПТО равна 4,26 нм. Таким образом, шероховатость в наших экспериментах уменьшалась почти в 2 раза в зависимости от толщины слоя полимера, которая определяется его концентрацией в растворе. Кроме того, с уменьшением значения шероховатости наблюдается небольшое увеличение свободной поверхностной энергии полиимидного покрытия — 45,44, 46,98, 47,02 мДж/м².

Контрастное отношение без приложения электрического поля заметно возрастает при уменьшении шероховатости: CR = 8,37 при Rz = 3,84, CR = 11,5 при Rz = 3,32, CR = 12,5 при Rz = 2,34.

Изменение шероховатости полимерного покрытия связано с его переходом от островкового к сплошному [1]. Сплошное покрытие обладает меньшей величиной шероховатости и большей величиной поверхностной энергии, чем островковое и промежуточное. Показано, что оптическое качество негеликоидальных сегнетоэлектрических жидких кристаллов улучшается при переходе от островкового слоя ориентанта к сплошному.

Список использованных источников:

1. Е. Р. 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.

2. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы: Наука и технология: Пер. с англ. — М.: Мир, 1991. — 484.

3. Е. С. Кузьменко, А. А. Жуков, Е. П. Пожидаев, И. Н. Компанец. Нанослой полипиромеллитимидных ориентантов жидких кристаллов для устройств органической электроники, Российские нанотехнологии, 5, №1-2, 112-1116, (2010).

Разработка процесса изготовления оснастки с памятью формы (Smart Tooling)

Ибрагимов М.Р., Мадиярова Г.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хамидуллин О.Л.

КНИТУ-КАИ, Казань

Производство изделий из композиционных материалов методом формования в металлической оснастке имеет широкую популярность. Однако серьезным недостатком использования такой оснастки является высокая стоимость изготовления оправки, сложность разборки оснастки при малых полюсных отверстиях. Поэтому наиболее перспективным решением данной проблемы является изготовление раздуваемой оснастки с памятью формы. Она имеет не только отличные упругие свойства, но и обеспечивает экономичность за счет многократного использования.

«Умная» оснастка может применяться для изготовления композитных изделий сложной геометрии для аэрокосмической и оборонной промышленности. Она улучшает качество, сокращает трудозатраты, уменьшает количество расходных материалов и увеличивает производительность. На оснастку с памятью формы можно производить выкладку препрега за счет достаточной жесткости материала раздуваемого мешка при комнатной температуре.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления «умной» оснастки.

Основные требования к материалу оснастки:

- Хорошие упругие свойства;
- Высокая температура текучести;
- Температура стеклования должна быть выше температуры выкладки.

Исследования упруго-механических свойств материала оснастки проводились на динамическом механическом анализаторе DMA Q800 (TA Instruments) в диапазоне температур до 300 °C со скоростью нагрева 5 °C/мин при постоянной частоте нагрузки. Характерными признаками текучести является резкое снижение модуля упругости и изменение тангенса угла механических потерь с повышением температуры.

Разработка методики 3Д-печати полилактидом с контролем внутренних напряжений для создания изделий с памятью формы

Камалетдинов М.А., Агафонов А.Е.

Научный руководитель — профессор, д.х.н. Амирова Л.М.

КНИТУ–КАИ, Казань

3Д-печать является одним из наиболее перспективных методов переработки полимеров. На данный момент активно развивается 3Д-печать материалами с памятью формы, однако такие материалы сложны в применении для 3Д-печати на 3Д-принтерах бюджетного и среднего ценовых сегментов, наиболее распространённых на производствах в сфере аддитивных технологий.

Целью данной работы является разработка методики изготовления изделий с эффектом памяти формы по технологии 3Д-печати полученных из распространенных полимерных материалов.

Суть аддитивных технологий в послойном наращивании изделий позволяет контролировать внутренние напряжений в структуре конечной детали путем изменения методики заполнения внутреннего пространства детали, печать слоев с разной температурой, снижать плотность заполнения в месте предполагаемой деформации и изменять механику укладки слоев. Основным преимуществом этой методики в том, что она позволяет достичь эффекта памяти формы используя распространённые и общедоступные полимеры, как, например, полилактид, который является безопасным и самым популярным материалом в 3Д-печати.

Благодаря контролю внутренних напряжений можно получать детали с памятью формы, проявляющейся под действием изменения температуры. При этом методика позволяет контролировать как температуру, при которой проявляется эффект и степень изменения геометрии изделия, но и направление изменения геометрии.

Такая методика упрощает производство и использование изделий с памятью формы в широком спектре задач: от термических сенсоров до умных конструкций, меняющих формы в зависимости от температуры. Один из главных плюсов методики — это для неё не требуется сложное специализированное программное обеспечение, что является ключевым лимитирующим фактором применения 3Д-печати с памятью формы.

Произведена тестовая 3Д-печать на FFF 3Д-принтере Anycubic mega плоских тонкостенных изделий с применением данной методики, а также 3Д-печать образцов для термомеханических испытания.

В данной работе проведены термомеханические испытания напечатанных описываемой методикой образцов для определения температуры и степени проявления эффекта памяти формы и способности изделия к восстановлению изначальной формы под действием нагрузки на динамическом механическом анализаторе DMA Q800.

Проведенные эксперименты показали возможность использования полилактида в качестве материала для создания изделий с памятью формы, а также возможность контроля внутренних напряжений структуры изделия с помощью 3Д-печати.

Исследование применения в авиакосмической промышленности полимерного нанокompозита на основе УНТ, армированного углеродными однонаправленными волокнами

Ковтунов С.С.

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

МАИ, Москва

Возможное применение волокнистых композитов, модифицированных УНТ, связано, во-первых, с возможностью создания конструктивных элементов с повышенными характеристиками несущей способности, длительной прочности и надежности [1–2]. Также возможно разрабатывать multifunctionальные конструкции, такие как проводящие

полимерные панели крыла, позволяющие организовать выполнение противобледенительных и молниезащитных функций летательных аппаратов [3–4].

Целью работы является разработка и исследование нового конструкционного полимерного композиционного материала с улучшенными механическими и физическими характеристиками, за счёт модифицирования матрицы ПКМ углеродными нанотрубками, для применения в перспективных авиакосмических конструкциях повышенной надежности, безопасности, энергоэффективности и функциональности.

В работе планируется опытное изготовление элементарных образцов конструкции из углепластиков. Применение ПКМ в панелях и лонжеронах за счёт своей ортотропной структуры позволяет добиться максимальной эффективности от конструкции кесонного типа. Ослабление в поясах лонжеронов в продольном направлении заключаются в существенно более низком по сравнению с панелями содержании, уложенных в продольном направлении. В связи с этим была спроектирована укладка слоёв элементарных образцов.

Образцы будут состоять из 33 однонаправленных слоев мягкой укладки. Процентное соотношение слоёв с направлением укладки $[0^\circ, 45^\circ \text{ и } -45^\circ, 90^\circ]$ 9%:73%:18% соответственно. Предлагаемый вариант укладки: [-45/45/-45/90/45/0/45/90/-45/45/-45/45/ 45/90/45/0/45/90/-45/45/-45/45/45/90/45/0/45/90/-45/45/-45].

Изготовление образцов будет проводиться методом вакуумной инфузии (VARTM). В качестве связующего при изготовлении выступает эпоксидная смола низкой вязкости (подходящая для качественной пропитки под давлением). Армирующим материалом служит углеродное волокно. Наноразмерным модификатором служат одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) производства фирмы OCSiAl марки TuBall. Концентрация нанонаполнителя будет уточняться в диапазоне до 0,5% масс. Для улучшения распределения ОУНТ в объеме матрицы будет использовано ультразвуковое диспергирование нанотрубок в ацетоновом растворе эпоксидного олигомера [5].

Отформованные плиты будут раскроены на элементарные образцы, которые будут испытаны на межслоевой сдвиг методом короткой балки (трехточечный изгиб) в соответствии с ASTM D2344, на статическое сжатие в соответствии с ASTM D6641, на статическое растяжение в соответствии с ASTM D3039, а также на несколько образцов будут испытаны на циклическое растяжение в соответствии с ASTM D3479.

Будет проведена акустическая дефектоскопия всех изготовленных образцов. Дополнительно для определения таких важных микромеханических параметров, как объемная доля содержания волокна в ПКМ, а также для достоверности отсутствия групп агломератов из ОУНТ будут отшлифованы края образцов и сделаны снимки в микромасштабе с помощью растрового электронного микроскопа.

Полученные экспериментальные данные по характеристикам материала могут быть использованы в дальнейшем для определения расчётных характеристик. После статистической обработки полученных результатов, будет сформирован вывод о целесообразности использования ОУНТ в данном материале. Впоследствии будет принято решение об изготовлении конструктивно-подобного образца в виде полки лонжерона для проведения соответствующих испытаний.

Список использованных источников:

1. Насонов Ф.А., Морозов Б.Б. Новые возможности и проблемы на пути применения нанотехнологий и наномодифицированных материалов при производстве изделий авиационной техники. Труды VI международной научной конференции для молодых ученых «Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы», 15 – 16 мая 2017 г., СГТУ им. Ю.А. Гагарина, 2017. С. 81 – 84.
2. Добрянская А.Н., Аниховская Л.И., Комаров Г.В., Нуждин Г.А. Модифицирование полимерных матриц активными наноструктурами/ Наноинженерия. 2015. № 5 (47). С. 40-48.
3. Гуниева А.Г. Разработка технологии наномодифицированных препрегов углепластиков для молниезащитных покрытий. Научные труды ММНК XXXVII Гагаринские чтения, М.: МАТИ, 2011. Т.1. С. 21 – 22.

4. Саламатин В.С. Поиск путей обеспечения молниестойкости авиационных углепластиковых конструкций, содержащих в своем составе клеевые соединения/ В книге: Гагаринские чтения — 2020. Сборник тезисов докладов. 2020. С. 1078-1079.

5. Александров А.А. Особенности реализации технических решений по градиентному модифицированию конструкционных углепластиков авиационных конструкций, обеспечивающих стойкость к удару молнии (с использованием иноязычных статей) //В книге: XLVII Гагаринские чтения 2021. Сборник тезисов работ XLVII Международной молодёжной научной конференции. М., 2021. С. 1303-1304.

6. Вермель В.Д., Доценко А.М., Титов С.А., Аниховская Л.И., Кладова Л.С., Ткачев А.Г., Слепов С.К., Мележик А.В. Способ диспергирования наночастиц в эпоксидной смоле/Патент на изобретение RU 2500706 C1, 10.12.2013. Заявка № 2012114992/05 от 17.04.2012.

Численное исследование процесса отверждения терморезактивного материала с учетом остаточных напряжений

Коляян Ю.М.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Борзенко Е.И.

ГГУ, Томск

Технологические режимы тепло- и массопереноса определяют качество изделия из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Математическое моделирование химических, теплофизических и механических процессов является важным фактором при оптимизации технологии переработки отверждаемых изделий из ПКМ [1]. В отдельный класс ПКМ можно выделить предварительно пропитанный волокнистый терморезактивный материал (препрег). Актуальность данного исследования обусловлена интенсивным развитием использования препрегов в авиа-, судо- и автомобилестроении в последние десятилетия. Основными физическими процессами, происходящими при изготовлении изделия, являются пропитка армирующего материала связующим, его формование с последующим нагревом, полимеризация связующего и остывание материала. Используя результаты решения задач моделирования, можно прогнозировать влияние различных факторов и находить их оптимальное сочетание [2].

В работе проведено численное исследование процесса отверждения пропитанного волокнистого материала с учетом остаточных напряжений. Задача решается в плоском приближении, расчетная область представляет собой прямоугольник, при этом волокна расположены перпендикулярно этой области. Математическая постановка задачи включает в себя уравнения энергии и химической кинетики, а также уравнения напряженно-деформированного состояния, которые дополнены начальными и граничными условиями. Предполагается, что в начальный момент времени отсутствуют какие-либо напряжения, а степень отверждения равна нулю. Граничные условия для температуры моделируют определенный технологический цикл. Процесс отверждения рассматриваемого материала описывается моделью двухстадийной реакции [3]. Механическое состояние описывается с использованием модели вязкоупругого тела (обобщенная модель Максвелла) в предположении малости деформаций, при этом модули упругости зависят от температуры и глублины химического превращения.

Численное решение поставленной задачи выполнено с помощью метода конечных разностей с применением неявной схемы. В результате параметрических исследований получены температурные поля, распределения степени отверждения и напряжений с течением времени в зависимости от технологического режима. Продемонстрирована динамика процесса отверждения: показана эволюция изолиний степени отверждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 18-19-00021П).

Список использованных источников:

1. Кепман А.В., Макаренко И.В., Страхов В.Л. Экспериментальное исследование комплекса термохимических, теплофизических свойств и кинетики процесса отверждения

полимерных композиционных материалов // Композиты и наноструктуры. 2016. Т. 8, № 4. С. 251–264.

2. Сафонов А.А. Опыт применения математического моделирования технологических процессов изготовления композиционных изделий // Композиты и наноструктуры. 2014, Т. 6, № 2. С. 65–83.

3. White S.R., Kim Y.K. Process-induced residual stress analysis of AS4/3501-6 composite material // Mech. Comp. Mater. St. 1998. №2. Vol. 5. pp. 153-186.

Разработка новых олигоимидов с пропаргильными группами

Колесников Т.И.

Научный руководитель — профессор, к.х.н. Кузнецов А.А.

ИСПМ РАН, Москва

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются уникальным классом материалов. В сравнении с традиционными материалами, они позволяют добиться значительного снижения веса при сохранении эксплуатационных характеристик. Важной задачей является разработка ПКМ способных к эксплуатации при повышенных температурах. Наиболее перспективными смолами обладающими рекордной теплостойкостью и огнестойкостью являются фталонитрильные (ФН) связующие. Однако, недостатком ФН смол является необходимость в длительной, высокотемпературной обработке для получения отвержденной матрицы. Так же при отверждении ФН смол необходимо использование отверждающих добавок что приводит к необходимости в дополнительной стадии при производстве. Такие низкомолекулярные добавки, в ходе высокотемпературной сшивки, могут переходить в газообразное состояние и образовывать пустоты в матрице приводя к ухудшению механических свойства, а также окисляться. Поэтому перспективным является подход по разработке ФН смол, способных к сшивке без низкомолекулярных добавок.

В данной работе было разработано новое ФН связующее, способное к сшивке без отверждающих добавок за счет совместного отверждения пропаргильных и ФН групп в одной молекуле. Для этих целей был синтезирован новый диамин — 5-(2-пропин-1-илокси) бензола-1,3-диамин из тринитробензола и пропаргильного спирта в две стадии. Химическую структуру олигоимидов подтверждали методами ИК- ЯМР- спектроскопии, гельпроникающей хроматографией. Так же были синтезированы модельные олигоимиды содержащие только пропаргильные и только ФН группы. Олигоимиды имели хорошую растворимость в легколетучих органических растворителях и низкую температуру стеклования в области 130°C. Методами ДСК и ИК-спектроскопии была показана возможность ускорения полимеризации ФН групп интермедиатами образующимися в ходе реакции пропаргильных групп. Была рассчитана энергия активации 2-х стадий полимеризации.

У отвержденного полимера пропадала растворимость в органических растворителях, а температура стеклованию превышала 400°C. Сшитый полимер был исследован с помощью термогравиметрического и динамико-механического анализа, была исследована поверхность скола на наличие пор с помощью сканирующего электронного микроскопа. Так же была исследована термическая стабильность расплава. Данный олигоимид имеет перспективу использования в качестве матрицы для термостойких ПКМ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-23-01173

Список использованных источников:

1. Kolesnikov T. I. et al. Dual-curing propargyl-phthalonitrile imide-based thermoset: Synthesis, characterization and curing behavior //European Polymer Journal. — 2021. — Т. 161. — С. 110865.

Исследование и учёт конструктивно-технологических аспектов применения инфузионных технологий при изготовлении композитных деталей авиационного назначения

Конюшок В.В.

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

МАИ, Москва

В настоящее время технологии создания ответственных деталей из композиционных материалов выходят на новую, более качественную ступень [1-2]. Достижение высоких упруго-прочностных свойств материалов возможно без использования методов автоклавного формования или же прессов и остальных дорогостоящих способов изготовления. Реализация такого типа изготовления деталей и конструкций возможна благодаря созданию новых типов материалов и полуфабрикатов, в том числе новых марок связующих. В частности, широкий ассортимент связующих для дальнейшей переработки в изделия создан в НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ [2-5]. Имеющиеся связующие имеют широкий спектр технологических свойств, а также обеспечивают получение изделий с высоким уровнем эксплуатационных свойств. В данной работе представлены основные тенденции использования и развития наиболее актуальной в наши дни технологии для изготовления деталей из композиционных материалов в авиастроении. Исследованы данные о свойствах эпоксидных связующих, которые в дальнейшем будут переработаны методом VaRTM (Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding). Также в работе были обнаружены критерии, улучшающие качество объемной доли волокна и уменьшающие пористость уже готового материала.

Технологию VaRTM стоит рассматривать как переход от стандартной технологии RTM. Процесс RTM происходит в обычном запечатанном вакуумном мешке, который помещается в закрытую форму, чтобы уменьшить воздействие вредных летучих веществ на персонал в помещении. Однако конструкция металлической пресс-формы, которая состоит из двух частей, является сложной и дорогостоящей, особенно при производстве крупных деталей сложной геометрии. Исходя из вышеописанных факторов, был осуществлен переход к процессам вакуумной инфузии (VARTM), которые распределяют связующее по телу преформы посредством перепада давления внутри мешка и в окружающей среде. Действительно данные технологии были разработаны как разновидность традиционного процесса RTM для снижения затрат и устранения проблем проектирования с большими металлическими формами. В процессе реализации технологии VARTM верхняя половина обычной формы заменяется вакуумным мешком, если геометрия детали позволяет это осуществить.

В работе [5-6] выполняется выработка конструктивно-технологических аспектов при проектировании деталей современных и перспективных самолетов гражданского назначения, изготавливаемых из современных инфузионных связующих в части выполнения предъявляемых требований.

Список использованных источников:

1. Шевцов С.Н. Технология вакуумной инфузии в производстве композитных конструкций: проблемы и перспективы // Подготовка инженерных кадров в условиях цифровой трансформации / Сборник научных трудов, посвященный 80-летию РВПК ПАО «Роствертол» имени Б.Н. Слюсаря / Коллектив авторов. — Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. — С. 118-144.
2. Song X. Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM): Model Development and Verification // PhD thesis. Blacksburg, Virginia. — 2003. — P. 160.
3. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Чурсова Л.В., Коган Д.И. Новые полимерные связующие для перспективных методов изготовления конструкционных волокнистых ПКМ //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 38–42.

4. Ю.И. Меркулова, Р.Р. Мухаметов Низковязкое эпоксидное связующее для переработки методом вакуумной инфузии // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. №1. С. 39-41.

5. Коношюк В.В., Насонов Ф.А. Возможности применения инфузионных технологий в производстве изделий авиационного назначения из ПКМ//В книге: *II-я Международная конференция «Композитные материалы и конструкции»*. Тезисы. М., 2021. С. 43-44.

6. Коношюк В.В. Применение инфузионных технологий в авиационной промышленности. XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 10–11 ноября 2021 года: Материалы конференции. Сборник докладов. — В 6 т.; Т. 1. — Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. С. 434 – 439.

Теплофизические свойства порошкообразных высоконаполненных полимерных композиций на основе имитатора лунного грунта строительных конструкций на Луне

Куплинова А.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

В настоящий момент крупнейшие космические державы заявили о планах освоения естественного спутника Земли Луны и создания на ее поверхности постоянной базы. Этим разработкам потенциального строительного материала должна основываться на минимизации доставляемых компонентов с Земли и участия человека, и полной автоматизации процессов. Поэтому для строительства будущей лунной базы лучшим решением будет использование местного сырья — лунного грунта (реголит).

Сейчас уже существует большое количество предложений по переработке реголита в строительный материал, при этом проводятся исследования по разработке композиционных материалов на основе имитаторов лунного грунта, где в качестве связующего материала используют как термопластичные [1,2], так и реактопластичные [3] полимеры. При этом важнейшими характеристиками для строительных материалов на Луне, кроме механических свойств, являются их теплофизические характеристики, в первую очередь теплопроводность и температурный коэффициент линейного расширения, т.к. конструкциям из таких материалов придется длительно работать в условиях резких перепадов температур.

Цель работы состояла в изучении теплофизических свойств (коэффициента теплопроводности и температурного коэффициента линейного расширения) ПВПК на основе порошков базальта с Булатовского карьера, из которого получали порошки различного гранулометрического состава (0,599 мм; 0,251 мм; 0,1 мм и 0,05 мм) (имитатора лунного грунта) и порошка полистирола GPPS компании «НММЕ» (фракция 0,05–0,1 мм). (ПС) (в качестве полимерной связки). Из измельченного базальта выделяли выбранные фракции с помощью сит (ГОСТ 18318-73). ПКМ получали смешиванием порошков базальта и ПС на лабораторной мешалке VEBMLVER-10 при частоте 5 Гц в течение 25÷30 минут. Содержание полимера в ПКМ варьировали от 10 до 30 масс. %.

В данном исследовании рассматривали два случая распределения частиц между собой — систем с минимальной плотностью упаковки, которая достигается подбором

частиц примерно одного размера, при этом для такой системы потребуется большее количество полимерной связки, и систем с максимальной плотностью упаковки частиц базальта за счет использования частиц имитатора лунного грунта различных размеров — смешанного состава.

После смешения частиц базальта с полимером формование образцов для испытаний проводили по следующим режимам: давлению 130 МПа, температура $235 \pm 5^\circ\text{C}$, в цилиндрической пресс-форме диаметром 30 мм в течение 30 минут. Каждый образец охлаждали в пресс-форме в течение одного часа.

Коэффициент теплопроводности определяли на приборе Hot Disk TPS 2500 Sp0 ISO22007-2.2 на образцах высотой 5 мм. Температурный коэффициент линейного

расширения определяли на приборе TMAQ 400 EM. в соответствии с ISO 11359, используя образцы с размерами 4x5x5 мм.

В результате проведенных исследований определено влияния соотношения имитатора лунного грунта и полимера, а также гранулометрического состава имитатора на теплофизические свойства ПВПК. Установлено, что при увеличении содержания полистирола с 10 до 30 масс.% в ПВПК с однофракционным составом частиц значения коэффициента теплопроводности уменьшаются с 0,8 до 0,3 Вт/мК, а температурного коэффициента линейного расширения увеличиваются с 13,32 до 25,98 $\alpha \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Для смешанного состава ПВПК при увеличении содержания полистирола с 10 до 15 масс.% коэффициент теплопроводности уменьшается с 1,39 до 1,13 Вт/мК, а температурный коэффициент линейного расширения увеличивается с 10,90 до 17,30 $\alpha \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, соответственно. Показано, что с увеличением размера частиц имитатора в ПВПК с однофракционным составом частиц коэффициент теплопроводности и температурный коэффициент линейного расширения увеличиваются с 0,77 до 0,90 Вт/мК и с 13,32 до 16,35 $\alpha \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, соответственно.

Список использованных источников:

1. T. Chen, B.J. Chow, Y. Zhong, M. Wangb, R. Kou, Y. Qiao. Formation of polymer micro-agglomerations in ultralow-binder-content composite based on lunar soil stimulant// *Advances in Space Research*. Volume 61 — 830-836 pp, 2018.
2. K Oh, H Yi, R Kou, Y Qiao, «Compaction Self-Assembly of Ultralow-Binder-Content Thermoplastic Composites Based on Lunar Soil Simulant». — *Journal of Materials Science* 55 (32), 15397-15404pp; — 2020.
3. Han Li, Wei Zhao, Xinhui Wu, Hong Tang, Qiushi Li, Jing Tan, Gong Wang. 3D Printing and Solvent Dissolution Recycling of Polylactide–Lunar Regolith Composites by Material Extrusion Approach

Получение покрытий на основе MoSi₂ методом реакционного синтеза in situ на УККМ

Матуляк А.И.

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

МАИ, Москва

Наиболее перспективными материалами для теплонагруженных элементов ракетно-космической техники являются углерод-углеродные и углерод-керамические композиционные материалы (УУКМ и УККМ). Однако их применение в кислородосодержащих средах ограничивается, начиная с температур ~400–450°C, из-за интенсификации процессов окисления, приводящих к снижению их работоспособности. Одним из наиболее перспективных методов защиты УУКМ и УККМ является нанесение жаростойких покрытий [1, 2].

Данная работа посвящена продолжению исследований по созданию жаростойких покрытий на основе силицидно-боридных систем [3, 4]. К настоящему времени удалось методом реакционного синтеза *in situ* на поверхности УККМ класса Cf/C-SiC сформировать покрытия на основе MoSi₂ из порошковых композиций в системах Mo-Si и Mo-Si-HfB₂ при 1500°C и давлении разрежения 8-9 мПа. Проведено исследование структуры и фазового состава сформированных слоев с привлечением методов сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного анализа и рентгеновского фазового анализа. Обнаружено, что в процессе реакционного синтеза в системе Mo-Si образуется высокопористая каркасная структура, состоящая в основном из зерен MoSi₂. Также в составе сформированного слоя имеются низшие силициды молибдена Mo₅Si₃ и Mo₃Si и в небольшом количестве фаза Новотного Mo_{4,8}Si₃C_{0,6}. Источником углерода является пиролизный остаток органического связующего, используемого при приготовлении шликерных композиций. Установлено, что фаза MoSi₂ образуется в результате диффузионного насыщения молибдена кремнием, в том числе по механизму реакционной

диффузии через промежуточные силициды Mo_3Si и Mo_5Si_3 . Синтез фазы Новотного включает науглероживание силицида Mo_5Si_3 до предела насыщения, а далее его разложение на термодинамически стабильные фазы $\text{Mo}_{4,8}\text{Si}_3\text{C}_{0,6}$ и Mo_2C .

При синтезе в системе Mo-Si-HfB_2 формируется аналогичная каркасообразная структура с эффектом «набухания». В составе спеченного слоя обнаружены фазы MoSi_2 , HfB_2 , HfC и MoB . Показано, что образование вторичных фаз HfC и MoB возможно в условиях одновременного испарения кремния и науглероживания реакционной массы. При этом состав продуктов синтеза обусловлен реализацией наибольшей разницы в электроотрицательности между гафнием и углеродом — с одной стороны, молибденом и бором — с другой, что определяет максимальное снижение внутренней энергии системы. Выводы подтверждены термодинамическими расчетами.

Также в работе рассмотрены возможные причины высокой пористости синтезированных слоев и варианты ее устранения. К основным факторам, определяющим пористость покрытий, относятся: термическая деструкция связующего, эффекты Френкеля и Киркендалла, усадка в результате уменьшения объема при взаимодействии Mo и Si , коалесценция микропор, возможная генерация газообразных продуктов (прежде всего SiO), противодействующих спеканию и схлопыванию пор, отсутствие внешнего давления при спекании.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01476, <https://rscf.ru/project/22-29-01476/>.

Список использованных 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 // Теплофизика высоких температур. — 2021. — Т. 59, No. 2. — С. 248–279. DOI: 10.31857/S0040364421020010.

2. Астапов А.Н., Терентьева В.С. Жаростойкие покрытия с повышенной эрозионной стойкостью в гиперзвуковых потоках воздушной плазмы // Коррозия: материалы, защита. — 2017. — No. 11. — С. 1 – 10.

3. Матуляк А.И. Разработка жаростойких покрытий для жаропрочных композитов на основе углерода: анализ литературы и постановка задачи // Сборник тезисов работ XLVII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2021». Москва, 20 – 23 апреля 2021 г. — М.: Изд-во «Перо», 2021. — С. 1017 – 1018.

4. Астапов А.Н., Погодин В.А., Сукманов И.В., Матуляк А.И. Синтез in situ матриц жаропрочных композиционных материалов и жаростойких защитных покрытий // Тезисы докладов 20 Международной конференции «Авиация и космонавтика». Москва, 22 – 26 ноября 2021 г. — М.: Изд-во «Перо», 2021. — С. 475 – 476.

Новые термопластичные полиэфиримиды из диангида

5-метил-1,3-фенилен-бис-4-оксифталево

синтез и физико-химические свойства

Орлова А.М.

Научный руководитель — профессор, д.х.н. Кузнецов А.А.

ИСПМ РАН, Москва

Ароматические полиимиды (ПИ) относятся к классу термостойких полимеров с высокими эксплуатационными характеристиками: высокой термической, криогенной, радиационной стойкостью, огнестойкостью, отличными прочностными показателями в большом температурном диапазоне. Свойства ПИ обуславливают их широкое применение в высокотехнологичных областях, в том числе в аэрокосмическом комплексе в качестве покрытий, изоляционных материалов и связующих для полимерных композиционных материалов.

Как известно, уникальные свойства ПИ обусловлены высокой жесткостью основной цепи и сильным межмолекулярным взаимодействием. Но для большинства ПИ эти же

факторы приводят к плохой растворимости в органических растворителях и высоким температурам размягчения, которые вызывают сложности в их переработке [1]. Для улучшения перерабатываемости используют введение «шарнирных» фенилэфирных фрагментов в повторяющееся полимерное звено ПИ. Имеется большое количество работ по синтезу термопластичных и растворимых полиэфиримидов (ПЭИ) на основе бис-эфирных диангидридов. Наиболее известным коммерческим представителем этого ряда является ПЭИ Ultem®1000 (General Electric, Sabic IP).

В данной работе получен новый шарнирный ароматический диангидрид для синтеза полиимидов- диангидрид 5-метил-1,3-фенилен-бис-4-оксифталево́й кислоты (мРДА). Синтез проводили в три стадии. Реакцией нуклеофильного нитрозамещения 4-нитрофтало́нитрила с калиевой солью 5-метилрезорцина с последующим гидролизом нитрильных групп была получена 5-метил-1,3-фенилен-бис-4-оксифталево́я кислота, дегидратацией которой получали соответствующий диангидрид (мРДА). Одностадийной высокотемпературной каталитической поликонденсацией в расплаве бензойной кислоты синтезировали серию новых высокомолекулярных термопластичных полиэфиримидов (ПЭИ) на основе данного диангидрида и семи ароматических диаминов. Значения логарифмической вязкости и средневесовой молекулярной массы ПЭИ находятся в пределах 0.28 — 1.20 дл/г и 33-114 кДа, соответственно. ПЭИ растворимы в хлороформе, тетрагидрофуране, ДМФА, ДМАА, N-МП, ДМСО и обладают пленкообразующей способностью. По результатам ДСК и ШУРР все ПЭИ являются полностью аморфными с температурами стеклования в диапазоне 185–307°C. Продукт поликонденсации диангидрида мРДА с 4,4'-сульфонилданилином в расплаве бензойной кислоты представляет собой олигоимид с концевыми реакционными группами и является перспективным для использования в качестве связующего для полимерных композиционных материалов [2].

Список использованных источников:

1. Yang S. Y. (ed.). *Advanced Polyimide Materials: Synthesis, Characterization, and Applications*. — Elsevier, 2018.
2. Orlova, A. M., Tsegelskaya, A. Y., Kolesnikov, T. I., Abramov, I. G., & Kuznetsov, A. A. *Novel Polyetherimides Based on 5-Methyl-1, 3-phenylene-bis-4-oxophthalic Acid Dianhydride: Synthesis and Physicochemical Properties //Polymer Science, Series B*. — 2022.

Влияние параметров процесса реактивного магнетронного распыления на характеристики формируемых тонких пленок оксида ванадия

Парышева Е.Д.

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

МАИ, Москва

В настоящее время тонкие слои оксида ванадия (VOx) представляют огромный интерес в микросистемной технике. Оксид ванадия выступает в качестве термочувствительного слоя в микроболометрах и обладает высоким ТКС (температурным коэффициентом сопротивления) (до -3,5%/K), низким удельным сопротивлением (от 10 до 400 кОм/см) при низкой толщине слоя (от 200 до 400 нм).

Существенным недостатком тонких пленок VOx является то, что свойства термочувствительного слоя резко зависят от технологии их напыления. Наиболее перспективным способом формирования VOx является реактивное магнетронное распыление (мишень — ванадий) с контролем концентрации O₂ в смеси Ar/O₂, ВЧ (высокочастотным) смещением на подложкодержателе и использованием блока питания магнетронов постоянного тока с пульсацией.

Преимущества этого метода:

- Позволяет плавно подбирать стехиометрию получаемого оксида VOx;
- Позволяет производить процессы без появления в них микропривязок, а с другой стороны — формировать диэлектрические и полупроводниковые покрытия на обрабатываемых подложках без опасения за зарастание катода (мишени магнетрона) слоем

диэлектрика (что приводит к исчезновению плазмы, образованию пробоев, или возникновению коронарных разрядов);

- Использование ВЧ смещения на подложкодержателе позволяет бороться с радиационными дефектами (дефектами в кристаллической решетке) в формируемых слоях. Кроме того, оно позволяет удалять с поверхности обрабатываемой подложки пары воды и других летучих жидкостей, таких как растворители, которые применялись во время предпроектной подготовки и межоперационной отмывке подложек.

Цель данной работы — исследование влияния параметров процесса реактивного магнетронного распыления с ВЧ смещением на подложкодержателе на характеристики формируемых тонких пленок оксида ванадия.

В качестве изменяемых параметров процесса выбраны: концентрация кислорода в смеси Ar/O_2 , подаваемая в рабочую камеру во время процесса и величина ВЧ смещения на подложке.

В работе проведены 2 эксперимента:

- Исследование зависимости удельного сопротивления и ТКС тонких пленок VOx от концентрации O_2 в смеси Ar/O_2 при различных потоках смеси Ar/O_2 с замерах тока катода, влияющего на распыление мишени и на процесс осаждения в целом) при соответствующих концентрациях O_2 .

- Исследование влияния ВЧ смещения на подложке на удельное сопротивление и ТКС формируемых слоев VOx .

В первом эксперименте напыляли 44 тестовых образца, при отсутствии ВЧ смещения на подложке, потоках смеси Ar/O_2 в камеру равных 18 и 32 scm (стандартные кубические сантиметры в минуту) и концентрациях O_2 — 5% и 7,5%.

Во втором эксперименте напыляли 12 тестовых образцов (по 3 образца на каждый из 4 процессов напыления) при мощностях ВЧ смещения на подложке равных 0 Вт, 10 Вт, 25 Вт и 50 Вт и концентрации O_2 в смеси Ar/O_2 равной 13,5%.

Удельное сопротивление осажденных слоев VOx измерено при помощи четырехзондовой системы измерения поверхностного сопротивления «ResMap 178». Для проведения измерений ТКС образцов использовалась автоматическая станция для измерений электрофизических параметров материалов «SF-P2000».

Результаты первого эксперимента показали, что удельное сопротивление и ТКС пленок оксида ванадия при комнатной температуре увеличивается с увеличением общего расхода смеси Ar/O_2 , а также парциального давления O_2 . Пленки, осажденные при низких потоках смеси (~18 scm) и низкой концентрации кислорода (~5%), в сравнении с пленками, осажденными при больших потоках смеси (~32 scm) и концентрации кислорода (~7,5%), имеют более предпочтительные характеристики. Удельное сопротивление и ТКС полученных пленок находится ближе к диапазонам, используемым в производстве микрообъемов. При этом наблюдается прямая корреляция между ТКС и удельным сопротивлением: более высокое значение ТКС соответствует более высокому удельному сопротивлению слоев VOx .

Подача небольшого ВЧ смещения на подложку (10Вт), в сравнении с данными, полученными при его отсутствии, демонстрирует увеличение удельного сопротивления тонких пленок VOx (0,31- 0Вт и 9,16 Ом*см- 10 Вт), тогда как значение ТКС остается практически неизменным (2,52 %/К- 0 Вт и 2,73 %/К- 10Вт). При подаче большего ВЧ смещения на подложку (25Вт и 50Вт), удельное сопротивление уменьшилось от 0,27 Ом*см до 0,01 Ом*см. Значения ТКС с повышением ВЧ смещения тоже уменьшились от 2,26 %/К до 1,91 %/К.

Список использованных источников:

1. Т. Д. Нгуен. Электрофизические свойства пленок оксида ванадия, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления // Доклад БГУИР. 2020. № 18 (6). С. 94–102.

2. Chen S., Jianjun L., Jun D., Hong M., Hongchen W., Xinjian Y. Characterization of nanostructured VO_2 thin films grown by magnetron controlled sputtering deposition and post annealing method. *Optics Express*. 2009;17(26):24153-24161.

3. А.И. Кузьмичёв. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. — К.: Аверс, 2008. — 244 с.

Влияние модификации эпоксидного связующего полисульфоном и плазмохимической обработки углеродных волокон на энергетические характеристики компонентов систем

Пономаренко А.Д.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

МАИ, Москва

Одно из направлений разработки новых полимерных композиционных материалов связано с физической модификацией реактопластичных связующих термопластами. В отличие от олигомерных и каучуковых добавок термопласты позволяют повысить ударные характеристики эпоксидных композиционных материалов без значительного уменьшения теплостойкости [1]. Однако, модификация может влиять на способность связующего смачивать волокнистый наполнитель. Известно, что для обеспечения полного смачивания связующим волокна необходимо чтобы значение поверхностной энергии субстрата было больше поверхностного натяжения связующего. В этой связи актуальным является не только изучение энергетических характеристик связующего, но и исследование возможности повышения поверхностной энергии волокна посредством плазмохимической модификации.

В работе исследовано влияние концентрации полисульфона на свободную поверхностную энергию отвержденного эпоксидного связующего и влияние на поверхностную энергию углеродного волокна времени плазмохимической обработки.

В качестве объектов использовали эпоксидный олигомер ЭД-20 (100 м.ч.), полисульфон ПСК-1 (от 0 до 40 м.ч.) и отверждающий агент диаминодифенилсульфон (30 м.ч.). Температура отверждения 180 °С. Образцы модифицированного связующего готовили из раствора хлороформа.

Методом электронной сканирующей микроскопии (Jeol JSM 6060A, Япония) исследована фазовая структура отвержденных модифицированных связующих [2]. Энергетические свойства систем рассчитывали по уравнению Оуэнса и Вендта, исходя из определения контактных углов тестовых жидкостей (глицерин, формамид, ДМФО и ДМСО) на поверхности отвержденных систем (KRUSS Easy Drop, Германия). Плазмохимическую обработку углеродных моноволокон проводили в плазме кислородного высокочастотного разряда в течение 5, 7, 10, 15 и 20 минут. Свободную поверхностную энергию исходных и обработанных углеродных моноволокон [3, 4, 5] определяли с помощью установки Drop Sting Test по методу Зисмана.

Установлено, что системы с содержанием ПСК-1 выше 25 м.ч. характеризуются фазовой структурой типа «матрица-дисперсия» с непрерывной фазой, обогащенной термопластом. Показано, что с ростом концентрации ПСК-1 поверхностная энергия композиции увеличивается от значений, соответствующих отвержденному эпоксидному полимеру до энергетических характеристик ПСК-1. Выявлено влияние плазмохимической обработки на энергетические характеристики углеродных моноволокон. Установлено, что травление в течение 10 минут приводит к росту значений поверхностной энергии, вероятно, в результате вытравливания аппаретирующего слоя и формирования на поверхности полярных кислородсодержащих групп. Увеличение времени травления выше 10 минут приводит к снижению поверхностной энергии за счет снижения ее дисперсионной составляющей. Морфологические исследования поверхности УВ подтверждают снижение плотности поверхностного слоя в следствие вытравливания низкоплотных и дефектных структурных элементов.

Таким образом, исследованы энергетические характеристики волокнистого углеродного наполнителя и эпоксидного связующего, и влияние на данный параметр физико-химических способов модификации. Показана возможность управляемого изменения значений энергетических характеристик компонентов адгезионных систем с целью улучшения смачиваемости волокна связующим и, как следствие, получения высоких адгезионных характеристик в системе волокно – матрица.

Список использованных источников:

1. Модификация эпоксидного олигомера термопластичными полимерами // С. И. Казаков, М.Л. Кербер, И. Ю. Горбунова// Высокомолекулярные соединения, Серия А, 2005, том 47, №9. с 1691-1697
2. Morphology and Thermomechanical Properties of Epoxy Thermosets Modified with Polysulfone-Block-Polydimethylsiloxane Multiblock Copolymer// Di Hu, Sixun Zheng// Journal of Applied Polymer Science, 2010
3. Wettability of a Single Carbon Fiber// Si qiu, Carlos A. Fuentes, Dongxing Zhang// Langmuir 2016, 32, 9697-9705
4. Influence of microwave plasma treatment on the surface properties of carbon fibers and their adhesion in a polypropylene matrix// C. Scheffler, E Wolfel, T. Forster// Materials Science and Engineering 139 (2016)
5. Surface energy and mechanical properties of plasma-modified carbon fibers// N. Dilusz, N. K. Erinc, E. Bayramli// Pergamon, 1994

Исследование дефектов отверстий, полученных методом прокалывания в различных полимерных композиционных материалах

Попов В.В., Орлов А.Д., Дынченкова Т.В.

Научный руководитель — Васильева Т.В.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва

В настоящее время получение отверстий в композитных конструкциях производится в отвержденных изделиях путем сверления или фрезерования, что приводит к появлению множества дефектов, в том числе к перерезанию нитей, растрескиванию связующего и расслоению композиционного материала по стенке отверстия [1]. Альтернативным способом обработки является прокалывание [2, 3]. В процессе получения отверстия заостренным стержнем происходит раздвигание нитей и изменение регулярной структуры волокнистого материала наполнителя. Структура материала у стенки отверстия значительно уплотняется за счет повышенного содержания волокон, что приводит к увеличению прочности отверстия [3].

Целью выполнения работы является изучение качества полученных образцов с проколами отверстиями по сравнению с просверленными.

Эксперименты по прокалыванию отверстий самостоятельно изготовленным и рассчитанным инструментом-индентором проводились на многослойных образцах из препрега SIGRAPREG GW280-TW2/2-E323/37% на основе стеклоткани и модифицированной эпоксидной смолы высокого качества, из полимерного композиционного материала (ПКМ) на основе стеклоткани Т-23 и эпоксидного связующего двух типов (эпоксидный клей ЭДП ТУ 2385-024-75678843-2010 для образцов первой группы, ЭД20 ГОСТ 10587-84 для образцов второй группы), а также из двунаправленного стекло-препрега CM Preg F-T10 280/1270 CP004 45 со связующим CP004.

Было спроектировано специальное приспособление, представляющее собой две стальные плиты-основания, соединяемые болтами, между которыми закрепляется исследуемый образец. Такая конструкция обеспечивала надежную фиксацию образцов в процессах получения отверстий и отверждения КМ. Это приспособление устанавливали на столе фрезерных станков.

Для получения отверстий в ПКМ методом прокалывания был использован специальный инструмент — индентор. Это цилиндрический стержень из стали 20Х13 с заостренной конической частью. Форма заостренной части и материал были выбраны по результатам экспериментов.

Немаловажное значение при работе с изделиями из ПКМ и при получении образцов имеет выбор антиадгезионного состава [4, 5]. Для проведения экспериментов были выбраны 3 различных антиадгезива: спрей Loctite Frekote 770NC, разделительный воск Micon Mirror WAX и хозяйственное мыло. По результатам — наилучшие свойства проявил состав Micon Mirror WAX.

Испытания заключались в сверлении и прокалывании отверстий в образцах диаметрами 4, 6 и 8 мм, состоящих из разного количества слоев: 4, 8, 12 и 16. После проведения эксперимента проводились исследования качества отверстий с помощью микроскопа БМИ-1Ц, стереомикроскопа Leica S9i и USB Digital microscope с разными степенями увеличения.

Были сопоставлены дефекты отверстий, полученные обоими методами. Зафиксировано, что у просверленных отверстий четко просматривается нарушение в виде разрыва их границ, выраженное в перерезании волокон наполнителя, и практически отсутствие этого недостатка у отверстий, полученных методом прокалывания. Дефект образцов с проколотыми отверстиями заключается в затягивании композита индентором в область технологического отверстия в использованном приспособлении в процессе реализации исследуемого метода, что прежде всего обусловлено трением рабочего инструмента о материал в процессе внедрения. В настоящее время проводятся расчеты различных технологических параметров процесса для его устранения.

На основе продельанных исследований было выявлено, что качество поверхностей отверстий, полученных методом прокалывания, значительно лучше, чем методом сверления. Дальнейшие испытания образцов на разрыв показали, что численные значения механических характеристик образцов с проколотыми отверстиями выше, чем с просверленными.

Список использованных источников:

1. Воробей В.В., Сироткин О.С. Соединения конструкций из композиционных материалов. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. — 168с.

2. Болотин Ю.З., Васильева Т.В., Василенко Е.В. Сравнение работоспособности конструкций из композиционных материалов с отверстиями, полученными сверлением и прокалыванием. Инженерный журнал: Наука и инновации. 2014, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/>

3. Комков М.А., Васильева Т.В., Болотин Ю.З. Определение параметров формования отверстий в неотвержденном тканом композите методом прокалывания заостренным индентором. Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. № 9 (69). С. 11.

4. Сагдинов Р.А., Вешкин Е.А., Постнов В.И., Абрамов П.А. Роль антиадгезионных покрытий в технологическом процессе формования ПКМ // Труды ВИАМ. 2016. №4 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-antiadgezionnyh-pokrytiy-v-tehnologicheskom-protseesse-formovaniya-pkm>

5. Дынченкова Т.В., Орлов А.Д., Попов В.В., Янко М.А. Выбор антиадгезионного состава для работы с образцами из полимерного композиционного материала. Политехнический молодежный журнал, 2021, № 12(65). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2021-12-756>

Материалы на основе производных хитозана с алкилглицидиловыми эфирами

Попырина Т.Н.

Научный руководитель — к.х.н. Демина Т.С.

ИСПМ РАН, Москва

Хитозан — аминополисахарид, который имеет потенциал применения в различных областях. Однако, зачастую требуется модифицировать его химическую структуру в целях регулирования и улучшения физико-химических и биологических свойств, что в дальнейшем позволяет получать большее количество функциональных материалов на его основе. Введение в структуру хитозана алкильных заместителей может придать ему амфифильные свойства и повысить его сродство к полиолефинам и, тем самым, положительно повлиять на распределение полисахарида при наполнении им материалов на их основе.

Целью настоящей работы являлось получение и исследование материалов из гидрофобизированных производных хитозана, содержащих алкильные фрагменты. В работе использовали образцы хитозана с различными молекулярными массами (ММ) и степенью

деацетилирования (СД): коммерческий с ММ 350 кДа, СД 0.80 («Сонат», Россия) и хитозаны с ММ 80 кДа, СД 0.87 и ММ 140 кДа, СД 0.93, полученные методом твердофазного механохимического деацетилирования; глицидиловые эфиры докозана HAGE22 и гексадекана HAGE16. Производные хитозана с алкилглицидиловыми эфирами были получены методом твердофазной механохимической обработки исходных компонентов в двухшнековом экструдере [1]. Исследование химической структуры полученных производных проводили при помощи фракционного и элементного анализа, ИК-Фурье спектроскопии, результаты которых показали, что степень замещения производных находится в интервале от 0.006 до 0.19.

Пленки формовали методом полива 1 мас.% растворов полимеров в 2% CH_3COOH на чашки Петри с последующей сушкой. После формования образцы исследовали при помощи сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и механических испытаний на растяжение. Результаты СЭМ показали, что все образцы обладают однородной поверхностью, более гомогенной в случае пленок на основе высокомолекулярного хитозана. Деформационно-прочностные испытания выявили, что пленки на основе хитозана с более высокой ММ обладали лучшими механическими характеристиками. У образцов на основе алкилированных производных наблюдалось снижение модуля упругости практически в два раза и увеличение пластичности, что может быть связано с нарушением способности к упаковке макромолекул в ходе гидрофобизации хитозана.

Оценка способности немодифицированного хитозана и гидрофобных производных стабилизировать границу раздела фаз в эмульсиях масло/вода показала, что данные полимеры могут быть в дальнейшем использованы в качестве эмульгаторов. Использование алкилированных производных в этой роли является предпочтительным, т.к. на примере получения микрокапсул из полилактида, был достигнут их больший выход.

Список использованных источников:

1. Akopova T.A., Demina T.S., Khavpachev M.A., Popyrina T.N., Grachev A.V., Ivanov P.L., Zelenetskii A.N. Hydrophobic modification of chitosan via reactive solvent-free extrusion // *Polymers*. 2021. Vol. 13. №16. P. 2807. doi.org/10.3390/polym13162807

Технология изготовления и анализ структуры армирующих стержней из углеродных волокон нового поколения для углерод-углеродных композитов

Родионова А.С.

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

МАИ, Москва

Объёмно армированные многонаправленные углеродные композиты, обладающие высокими показателями термостойкости, эрозивной устойчивости и трещиностойкости, широко применяются в качестве материала для изделий в конструкциях деталей, работающих в теплонапряжённых узлах с жёстким режимом теплообмена с внешней средой, при котором рабочие температуры могут превышать 3000 К, перепады температур по объёму на уровне нескольких сотен К/мм и давления до 1 МПа. Изготовление УУКМ представляет собой многостадийный, сложный и длительный процесс. Для формирования объёмных схем армирования УУКМ используются стержни, изготовленные методом пултрузии из углеродных нитей/жгутов, традиционно пропитанных термопластичным полимером — поливинилиловым спиртом. Качество стержней во многом определяет уровень физико-механических свойств УУКМ на их основе. Сборка каркаса проводится вручную или на специальном оборудовании. Каждый стержень в каркасе расположен под углом 60° по отношению к другим, получая массив шестиугольной формы в направлении Z. На завершающей стадии технологии изготовления УУКМ, каркасы пропитываются природными пеками и подвергаются карбонизации и высокотемпературной обработке, при которой в межволоконном и межстержневом пространстве каркаса формируется углеродная матрица.

В данной работе приводятся результаты исследования получения углеродных стержней на основе углеродной нити марок UMT45-12K-EP и UMT290-12K-EP, их сравнение со

стержнями из жгута ВМН-4, визуализация их внутренней микроструктуры при помощи компьютерной микротомографии, а также характер структуры УУКМ на основе изготовленных стержней.

Исследования проводились с использованием микротомографа SkyScan 1272 (Bruker) с разрешением 16 мегапикселей. Параметры сканирования: 200 мА — 5 кВ без использования фильтра. Шаг вращения 0,08 градуса, размер пикселя 5,8 мкм.

Установлено, что стержни, полученные из углеродного волокна UMT290-12K-EP, имеют меньшую эллипсность по сравнению со стержнями из нити UMT45-12K-EP, в объёме изготовленных стержней из UMT290 и UMT45, образуются продольные пустоты неправильной формы и значительной протяженностью по длине стержня, расчетная плотность каркаса не совпадает с плотностью экспериментальных образцов, масса экспериментальных образцов каркасов из нити UMT290 и UMT45 примерно одинаковая, но меньше массы каркаса 4КМС-Л, армированного жгутом ВМН-4.

При анализе опытных образцов УУКМ, изготовленных по традиционной технологии на основе изученных стержней, обнаружены трещины как на границе раздела волокно-матрица, так и в самой матрице. Во всех стержнях можно различить микропоры. Притом можно заметить развитие усадочных трещин, которые образуются вдоль стержней, что, естественно, ведёт к снижению механических характеристик материала. Образование таких трещин обусловлено более чем десятикратной анизотропией термического расширения в продольном и поперечном направлениях для одномерно армированных УУКМ, каковыми являются углеродные стержни армирования. Такие внутренние расслоения снижают «связность» фаз УУКМ и понижают показатели его физико-механических и термоэрозионных свойств. Данную проблему возможно решить лишь, усовершенствовав технологию изготовления стержней.

Термохимическая деградация силиконового эластомера

Сабирзянов Р.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хамидуллин О.Л.

КНИТУ–КАИ, Казань

В современном производстве композитных материалов безавтоклавными методами часто применяются многоразовые вакуумные мешки. Наиболее популярные материалы изготовления вакуумных мешков — это силиконовые эластомеры, характеризующиеся высокой эластичностью и химической стойкостью. Несмотря на их высокую инертность в процессе длительной эксплуатации происходит изменение свойств, отражающихся на технологических параметрах мешка. Одними из самых значимых факторов влияния являются высокие температуры и контакт материала с различными химически активными компонентами связующего. Зачастую информации, предоставляемой производителем, недостаточно для оценки и прогноза срока службы вакуумного мешка, поэтому исследования упруго-деформационных характеристик в условиях высоких температур и химически-активных сред — актуальная задача. Ускоренная деградация силиконового эластомера марки ELASTOSIL, выпускаемой предприятием Wacker Chemie AG (Мюнхен, Германия) проводилась при выдержке в печи при температуре 90°C, в среде жидкого ароматического амина ХТ-187Б (ХИМЭКС Лимитед), который используется в качестве отвердителя. Упруго-деформационных свойств эластомера изучались с помощью динамического механического анализатора DMA Q800 (TA Instruments) в режиме «растяжение плёнок» при постоянной температуре 30°C и постоянной скорости нагружения 1 Н/мин. Анализ происходящих химических реакций проводился на ИК-Фурье спектрометре Tensor 27 (BRUKER) в различные моменты выдержки. Кинетические кривые сорбции аминного отвердителя проводились на стандартных образцах путем измерения прироста массы на весах. Из полученных данных видно, что изменение свойств силиконового эластомера проходило в два этапа. На первом этапе наблюдалась пластификация связанная с увеличением концентрации химического агента в материале. Второй этап характеризовался повышением жесткости из-за химической реакции, при этом содержание химического агента достигло насыщения и не изменялось.

Анализ зависимости механической прочности УУКМ от величины интегрального радиуса пор

Сандин А.С.

Научный руководитель — Погодин В.А.

МАИ, Москва

Ранее для оценки структурных изменений углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) в процессе эксплуатации была разработана аналитическая модель, позволяющая получать качественные и полуколичественные оценки эволюции интегрального размера пор. В основе модели лежит взаимосвязь между значениями открытой пористости и удельной поверхности в условиях объемного низкотемпературного окисления УУКМ. Окисление рассматривается как совокупность двух конкурирующих параллельно протекающих процессов — образования и роста пор. Апробация модели проводилась при исследовании окисления УУКМ с пироуглеродной матрицей при 600°C на воздухе [1-3]. Была получена зависимость предела прочности на изгиб от величины интегрального размера пор. Проведено исследование образцов УУКМ с привлечением методов малоуглового рентгеновского рассеивания (МУРР) и растровой электронной микроскопии.

Настоящая работа посвящена анализу и установлению факторов, оказывающих наибольшее влияние на разупрочнение УУКМ в процессе низкотемпературного окисления. К таким факторам относятся: образование микропор на поверхности углеродного волокна, обеспечивающих основной вклад в размер удельной поверхности; окисление пиролизного остатка полимерного связующего, влияющее на открытую пористость и контактное взаимодействие на границе раздела матрица-наполнитель.

Согласно полученным данным процесс окисления можно представить в виде последовательных стадий. До потери массы 5-7% масс. скорость образования микропор существенно выше скорости их роста. При потере массы 5-40 % масс. значения скоростей роста и образования пор сопоставимы. Свыше 40% масс. процесс окисления характеризуется низкой скоростью образования пор и высокой скоростью их роста.

Детальный анализ результатов показывает, что величина предела прочности мало чувствительна к резкому росту удельной поверхности при низких значениях потери массы. Это означает, что в величине механической прочности исходного композита уже учтен вклад разупрочняющего фактора. Такое возможно в двух случаях: если микропоры изначально присутствуют в исходном композите; если структура углеродных волокон гетерофазная и окисляемые участки, дающие микропоры, являются отдельной фазой, имеющей низкую механическую прочность. По данным МУРР в исходном УУКМ не наблюдается закрытых микропор, а их образование и рост происходит по мере окисления. В связи с этим можно сделать вывод, что образование микропор объясняется окислением неупорядоченных (аморфизированных) участков углеродных волокон, определяемых по данным МУРР как области низкой электронной плотности, что было высказано ранее многими исследователями.

При дальнейшем окислении снижение предела прочности прямо пропорционально потере массы в интервале от 5 до 35% масс. При этом основной вклад в разупрочнение УУКМ вносит потеря контактного взаимодействия на границе раздела матрица-наполнитель в результате окисления пиролизного остатка фенолформальдегидной смолы.

Следует отметить, что предложенная модель опирается на данные, полученные методами гидростатического взвешивания (пористость) и низкотемпературной адсорбции (удельная поверхность). Согласованность результатов выполненных расчетов с данными МУРР в определенной степени увеличивает ценность полученных оценок.

Таким образом, предложенная модель позволяет проследить общие закономерности в структурной деградации и сделать заключение, что увеличение окислительной стойкости УУКМ возможно посредством замены органического связующего на элементорганическое. Повышение механической прочности может быть достигнуто путем замены гетерофазных

углеродных волокон на основе ПАН прекурсора на графитизированные углеродные волокна, полученные из мезофазного пека.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258, <https://rscf.ru/project/19-79-10258/>.

Список использованных источников:

1. 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: An International Journal*. — 2021. — Vol. 12, No 3. — P. 29 – 46. DOI: 10.1615/NanoSciTechnolIntJ.2021037997.

2. 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.

3. Астапов А.Н., Погодин В.А. Изменение интегрального размера пор УУКМ в процессе низкотемпературного окисления // *Электротехнология*. — 2021. — № 10. — С. 23 – 29. DOI: 10.31044/1684-5781-2021-0-10-23-29.

Влияние угла складывания на кинетику процесса восстановления формы цилиндрического шарнира из ПКМ с термостимулируемым эффектом памяти формы

Слюсарев А.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Агапов И.Г.

МАИ, Москва

Цилиндрические шарниры из ПКМ с термостимулируемым эффектом памяти формы (ЭПФ) применяют в качестве элементов трансформируемых космических конструкций, позволяющих придавать им компактное состояние при транспортировке и разворачивать после доставки на орбиту. Принцип действия шарниров основан на способности ПКМ при температуре конверсии (T_k) в области температуры стеклования полимерной матрицы, к резкому обратимому уменьшению (при нагревании) и увеличению (при охлаждении) модуля упругости (на два-три десятичных порядка). Это позволяет складывать шарниры, нагретые до температуры T_k , на определенный угол посредством поперечного изгиба с последующим охлаждением до температуры ниже T_k для фиксации формы, обеспечивая компактное состояние трансформируемой конструкции. При нагревании шарниров до температуры выше T_k шарниры самопроизвольно восстанавливают исходную форму, обеспечивая разворачивание конструкции, после чего шарниры охлаждают до температуры ниже T_k .

Целью работы являлось исследование влияния угла складывания на кинетику процесса восстановления формы цилиндрического шарнира из ПКМ с термостимулируемым эффектом памяти формы.

Объектом исследований являлся цилиндрический шарнир из ПКМ с ЭПФ со встроенным гибким пленочным резистивным нагревателем. Для определения температуры складывания шарнира исследована температурная зависимость модуля упругости образца ПКМ методом ДМА. Резкое уменьшение динамического модуля упругости образца наблюдалось в интервале температур 40-80°C, а при температуре 90-100°C модуль упругости принимал близкое к минимальному значению 7000-8000 МПа.

Складывание шарнира под углом 30°, 60°, 90°, 120° и 150° осуществлялось на цилиндрической оправке диаметром 30 мм после его нагрева от комнатной температуры (20°C) до 90-100°C. После складывания шарнир охлаждали до комнатной температуры, сохраняя неизменным угол складывания.

Процесс изменения угла складывания во времени при нагреве шарнира со скоростью 40°C в минуту с помощью встроенного гибкого пленочного резистивного нагревателя контролировали видеосъемкой. По полученным изображениям шарнира определяли углы и

степень восстановления формы через заданные промежутки времени. Усилие восстановления формы определяли отдельно с помощью весов.

В результате проведенных исследований получены S-образные кинетические зависимости изменения угла складывания и степени восстановления формы шарнира из ПКМ. Быстрое увеличение угла складывания начиналось через минуту после начала нагрева при температуре 60°C и завершалось через полторы минуты при температуре 80°C, соответствующей переходу полимерной матрицы из стеклообразного в высокоэластическое состояние. Скорость увеличения угла складывания была тем выше, чем меньше угол складывания. Степень восстановления формы шарнира изменялась аналогично, однако скорость ее увеличения практически не зависела от угла складывания. Установлено, что предельная степень восстановления формы шарнира и время ее достижения не зависят от угла складывания и составляют 100% и две минуты соответственно.

Усилие восстановления формы шарнира начинало расти сразу после начала нагрева при всех углах складывания, за исключением угла 150 градусов. Наибольшая скорость увеличения усилия наблюдалась при угле складывания 30 градусов. Быстрый рост усилия завершался через полторы минуты при температуре 80°C. Предельное усилие уменьшалось при увеличении угла складывания, а время его достижения увеличивалось.

Мультислойные покрытия на основе полиэлектролитных комплексов хитозана и гиалуроновой кислоты

Старостина Е.А., Бирдибекова А.В.

Научный руководитель — к.х.н. Демина Т.С.

МАИ, Москва

В последние годы интенсивно проводятся работы по созданию и модифицированию материалов из биоразлагаемых полимеров. Поликапролактон (ПКЛ) — биодegradуемый сложный полиэфир с набором перспективных физических, химических и деформационно-прочностных характеристик. Одним из недостатков ПКЛ для ряда применений является инертность и гидрофобность его поверхности, что требует ее модифицирования или нанесения покрытий с целевыми свойствами. Метод послойного осаждения полиэлектролитных комплексов (ПЭК) на подложку основан на чередующемся осаждении противоположно заряженных полиэлектролитов на поверхность субстрата. Варьируя характеристики полиэлектролитов, ионную силу их растворов и количество нанесенных слоев при чередующейся адсорбции компонентов можно регулировать толщину и морфологию формируемых покрытий. Цель работы заключалась в получении и исследовании мультислойных покрытий из ПЭК хитозана и гиалуроновой кислоты, нанесенных на подложки из ПКЛ.

В качестве подложек использовали плёнки из ПКЛ, сформованные из 8 мас. % раствора полимера в CH_2Cl_2 . Перед нанесением покрытия пленки из ПКЛ выдерживали в 2.5M растворе NaOH в течение 2 часов для частичного гидролиза сложноэфирных связей и активации поверхности. Нанесение слоев осуществляли последовательным погружением пленок в растворы полиэлектролитов на 2 минуты, начиная с 2% раствора поликатиона хитозана в 2% CH_3COOH , а затем в 0.5% раствор полианиона гиалуроновой кислоты в 0.15M NaCl. После каждого нанесенного слоя подложки выдерживали в дистиллированной воде для очистки от несвязанного полимера и в жидком азоте для закрепления полииона перед нанесением следующего слоя.

Гравиметрический анализ показал равномерный рост толщины покрытия по мере нанесения каждого бислоя (слой поликатион+полианион). На 60-ом бислое на подложках из ПКЛ сформировалось покрытие толщиной 35 ± 5.7 мкм. Данные гравиметрического анализа были подтверждены с помощью измерения толщины покрытия. Исследование химической структуры покрытия из ПЭК на подложке из ПКЛ с помощью ИК-МНПВО спектроскопии показало небольшое количество сложноэфирных групп, которые принадлежат полиэфирной подложке, а также все полосы поглощения, характерные для ПЭК из полисахаридов. Исследование смачиваемости поверхности показывает уменьшение краевых углов смачивания после нанесения покрытия из ПЭК на подложку из ПКЛ.

Анизотропный магниторезистивный эффект в тонких ферромагнитных пленках

Ступеньков И.В.

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

МАИ, Москва

Анизотропный магниторезистивный эффект проявляется в тонких ферромагнитных пленках пермаллоя Ni80Fe20, нанесенных на подложку в постоянном магнитном поле методом катодного распыления. При нанесении пермаллоя в постоянном магнитном поле образуется поле анизотропии, в результате чего у пленки появляется ось легкого и трудного намагничивания. При направлении поля перпендикулярно оси легкого намагничивания наблюдается изменение сопротивления, которое теоретически может составлять $\approx 4\%$ [1], однако на практике, такой результат удается достичь не всегда.

После осаждения пермаллоевой пленки методом фотолитографии и травления формируются тонкие полоски пермаллоя с шириной 30-120 мкм и длиной 500-1000 мкм, в которых заметен эффект анизотропного магнитосопротивления. В таких полосках наблюдается зависимость сопротивления от магнитного поля в виде обратной параболы.

Такая зависимость не позволяет сделать датчик нужной чувствительности. Для получения линейной зависимости сопротивления от магнитного поля формируют шунтирующие полоски, которые располагаются под углом в 45 градусов для перенаправления тока [2,3].

В основе преобразователя магнитного поля (ПМП) находятся четыре магниторезистора (плеча) с шунтирующими полосками, которые соединяются в мостовую схему Уинстона и катушка перемагничивания, которая подмагничивает мостовую схему перед каждым измерением поля, тем самым убирая гистерезис, уменьшает шумы и увеличивает чувствительность измерения [1].

В данной работе изучалось влияние геометрии шунтирующих полосок на линейность и чувствительность анизотропного магниторезистора. В ходе работы выяснено, что шунтирующие полоски позволяют добиться линейной характеристики анизотропного магниторезистора. Выявлена зависимость размеров шунтирующей полос в диапазоне расстояния между шунтирующими полосками 45–17 мкм и их ширины 20–10 мкм на чувствительность анизотропного магниторезистора: с уменьшением расстояния между соседними шунтирующими полосками и их ширины увеличивается чувствительность магниторезистора

Список использованных источников:

1. Hans Hauser, Günther Stangl, Michael Janiba, Ioanna Giouroudi, Measurements, technology, and layout of sensitive anisotropic magnetoresistive sensors, 2006 //Journal of Electrical Engineering 57(8):171-174

2. S Tumanski. Thin Film Magnetoresistive Sensors, 2001

Реакционное взаимодействие в системах В4С-Нf-Nb и В4С-С-Нf-Nb

Сукманов И.В.

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

МАИ, Москва

Создание перспективных изделий высокоскоростной и маневренной авиакосмической и ракетной техники связано с разработкой новых материалов, способных выдерживать нагрев до 2000-2500 °С. Это значит, что материалы должны сохранять форму и несущую способность при аэрогазодинамическом обтекании и нагреве, а также быть устойчивыми к агрессивному воздействию кислородсодержащих газов. Углерод-керамические композиционные материалы (УККМ) считаются перспективными для этих задач при условии организации эффективной защиты их от окисления [1]. С этой целью в настоящее время в мире проводится множество исследований, направленных на создание и модификацию жаростойких керамических композиций, прежде всего, из числа боридно-

карбидных систем, пригодных для использования в качестве матриц композитов. Данная работа является продолжением исследований [2–4], посвященных вопросам реакционного синтеза тугоплавких гетерофазных композиций для формирования *in situ* матриц УККМ.

Приведены результаты исследований в области реакционного взаимодействия в порошковых композициях систем В4С-Нf-Nb и В4С-С-Нf-Nb при 1750°C и давлении разрежения аргона 10–20 Па. Структурные исследования проведены с привлечением методов рентгеновского фазового анализа, сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа. Установлено, что в системе В4С-Нf-Nb преимущественно образуются фазы НfВ2, NbВ2 и NbС. При дополнительном введении в реакционную смесь углерода в виде пиролизованного остатка фенолформальдегидной смолы характер взаимодействия изменяется. Основными синтезируемыми фазами в этом случае оказываются карбиды — НfС и NbС, что является следствием науглероживания металлов углеродом пиролизованного остатка. Предложены механизмы реакционного взаимодействия в исследуемых системах. Выводы подтверждены термодинамическими расчетами изобарно-изотермического потенциала (свободной энергии Гиббса) возможных химических реакций.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258, <https://rscf.ru/project/19-79-10258/>.

Список использованных 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 // Теплофизика высоких температур. — 2021. — Т. 59, No. 2. — С. 248–279. DOI: 10.31857/S0040364421020010.
2. Астапов А.Н., Погодин В.А., Сукманов И.В. Ретросинтетический анализ как методологический подход в получении СВТ материалов // Материалы XXVII Международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова. — Калужская обл., г. Кремёнки, санаторий «Вятчи», 17 — 21 мая 2021 г. — Т. 1. — М.: ООО «ТРП», 2021. — С. 14 – 17.
3. 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.
4. Астапов А.Н., Погодин В.А., Сукманов И.В., Матуляк А.И. Синтез *in situ* матриц жаропрочных композиционных материалов и жаростойких защитных покрытий // Тезисы докладов 20 Международной конференции «Авиация и космонавтика». Москва, 22 – 26 ноября 2021 г. — М.: Изд-во «Перо», 2021. — С. 475 – 476.

Исследование механических свойств углепластиков под воздействием климатических факторов

Терновских К.А., Цыпышева С.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галиновский А.Л.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В последние годы композиционные материалы, в особенности углепластики получили все более широкое применение в технике, в частности, в авиационной и ракетно-космической технике, поскольку они обладают низкой массой, повышенной прочностью и прочими высокими эксплуатационными характеристиками [1,2].

В зависимости от назначения, изделия из углепластиков на протяжении всего времени эксплуатации подвергаются воздействию разных видов климатического воздействия: температуры и влажности воздуха, осадкам и др. [1,2]. Перечисленные неблагоприятные факторы могут привести к заметному снижению механических характеристик материала. Для определения характера воздействия окружающей среды на исследуемый материал, его подвергают климатическим натурным либо ускоренным испытаниям. Вследствие

длительной экспозиции при натурных испытаниях предпочитают использовать ускоренные испытания в климатических камерах [2].

Были рассмотрены исследования отечественных и зарубежных ученых, в которых применялись основные виды ускоренных испытаний: термовлажностные, термоциклические, тепловое старение, комбинированное варьирование температуры и влажности, погружение в воду и др. По материалам этих работ было проанализировано изменение механических свойств после климатических испытаний различных углепластиков [1, 3-6]. По результатам анализа приведенных научных работ были сделаны следующие выводы:

По результатам анализа приведенных научных работ были сделаны следующие выводы:

- Тепловое старение при повышенных температурах привело к наибольшим потерям прочности материала, чем при других воздействиях;

- Тепловлажностные испытания большинства исследуемых материалов привели к снижению пределов прочности при сжатии и изгибе;

- Термоциклические испытания вызвали существенное уменьшение значения предела прочности при сжатии углепластика на связующем Ticona и ВКУ-27л, в то время как у остальных материалов этот параметр снизился незначительно или повысился. Предел прочности при изгибе также практически не изменился, а в некоторых случаях даже увеличился;

- Воздействие совместного изменения температуры и влажности привело к снижению прочностных характеристик материалов, за исключением ВКУ-27л;

- Выдержка в воде привела к падению предела прочности при сжатии у всех марок углепластиков, кроме ВКУ-38ЖН, у которого он несколько вырос;

- Наличие широкого разброса результатов, малое количество экспериментов с некоторыми видами воздействий, а также отсутствие данных по влиянию этих нагрузок по многим механическим характеристикам говорит о необходимости дополнительных исследований в данном направлении.

В связи с вышеперечисленным, было спланировано проведение эксперимента, имитирующего условия взлета-посадки самолета в различных климатических зонах Земли путем термоциклирования углепластика в климатической камере, а также определение его механических свойств после испытаний на разрыв, сдвиг и изгиб. Также, в процессе исследований, будет выявлен характер изменения параметров качества углепластика с помощью ультраструйной диагностики.

Список использованных источников:

1. Сорокин, А.Е. Влияние климатических факторов на свойства углепластика на полифениленсульфидном связующем / А.Е. Сорокин, Э.Я. Бейдер, Д.Н. Перфилова // Труды ВИАМ. — 2015. — №1. — С. 53-59.

2. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. III. Значимые факторы старения / Е.Н. Каблов, О.В. Старцев, А.С. Кротов, В.Н. Кириллов // Деформация и разрушение материалов. — 2011. — №1. — С. 34-40.

3. Laraib A. Khan, Alan Nesbitt, Richard J. Day. Hygrothermal degradation of 977-2A carbon/epoxy composite laminates cured in autoclave and Quickstep / Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2010, vol. 41, issue 8, pp. 942-953.

4. Влияние внешней среды на свойства углепластика, полученного методом пропитки под давлением (RTM) / С.И. Войнов, Г.Ф. Железина, Н.А. Соловьева, Г.А. Ямщикова // Труды ВИАМ. — 2015. — №2. — С. 36-43.

5. Mouzakis D. E., Dimogianopoulos D., Zoutsos S. Damage Assessment of Carbon Fiber Reinforced Composites under Accelerated Aging and Validation via Stochastic Model-based Analysis / International Journal of Damage Mechanics, 2014, vol. 23, № 5, pp. 702-726.

6. Исследование возможности использования углепластиков в условиях арктического климата / Н.В. Антюфеева, В.М. Алексашии, М.Р. Павлов, Ю.В. Столянок // Авиационные материалы и технологии. — 2016. — №4 (45). — С. 86-94.

Разработка способа пятиосевой FFF печати с укладкой непрерывного углеволокна

Торубаров И.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Плотников А.Л.
ВолГТУ, Волгоград

В аддитивной технологии послойного наплавления (Fused Filament Fabrication, FFF) укладка непрерывного волокна является наиболее эффективным способом радикально повысить прочность печатного изделия (для одного и того же полимерного материала). При испытаниях на растяжение образцов из PA6 непрерывное армирование обеспечивает прочность от 100 до 500 МПа (в зависимости от содержания и ориентации волокна) при прочности неармированных образцов в районе 40...50 МПа.

В то же время непрерывное армирование само по себе не решило проблему анизотропии, т. к. первые разработки обеспечивали укладку волокна такими же плоскими слоями, как и при стандартной 3D-печати пластиком. А сцепление слоев друг с другом стандартно обеспечивалось полимером с невысокой прочностью.

Очевидное решение — изменение схемы армирования (и вообще формы слоя) с плоскости на более сложную поверхность. Способы объёмной печати изделий изогнутыми слоями изучались и отдельно от вопросов армирования, и в совокупности с ними — например, излагались способы печати на наклонно-поворотном столе с подачей материалов (пластика и непрерывного волокна) через печатающую головку на манипуляторе.

Авторами одной из последних разработок создан алгоритм, делящий модель на слои в зависимости от приложенной нагрузки, с тем чтобы максимизировать площадь армирующего слоя. Однако из-за формы опорной поверхности (плоский стол) всегда требуется печатать объёмную «подушку» из вспомогательного материала, чтобы правильно сориентировать изделие в пространстве (что увеличивает основное время и расход сырья). Кроме того, как и прочие способы криволинейной печати, он формирует слой в виде открытой (не замкнутой) поверхности. Этот подход эффективен для печати топологически оптимизированных крепёжных элементов, но для некоторых изделий (в первую очередь в виде тел вращения) более простой и выигрышной по прочности является структура из замкнутых слоёв (цилиндрических, конических, сферических и т. п.).

Авторами настоящей работы предложен альтернативный способ печати с пятью степенями подвижности технологической системы (5D печать): линейные перемещения X, Y, Z, наклон A и поворот C цилиндрической приёмной поверхности, закреплённой в канале наклонно-поворотного устройства (5D модуля).

В настоящей работе ставилась задача дополнить способ 5D печати внедрением армирования из непрерывных волокон в объёмные слои изделия. Для её реализации авторами модернизировано программное обеспечение для подготовки моделей к 5D печати (слайсер), 5D принтер оснащён экструдером для укладки непрерывного волокна с пропиткой из термопластичного материала (полиамид) и системой подачи волоконного филамента в экструдер, система управления принтера дополнена алгоритмами манипуляции волоконном.

С целью отработки режимов 5D печати с армированием и изучения схем армирования подготовлены управляющие программы для производства демонстрационных образцов разных типов и образцов для испытаний на статический изгиб (бруска с размерами 95×15×8 мм). Исследовались схемы укладки волокна по стандартным рисункам заполнения для объёмной печати (линии, решётка, концентрический рисунок), а также комбинации непрерывного волокна с различными основными материалами (PA12, PA6 — чистые полимеры и наполненные рубленным стекловолокном).

Образцы для испытаний на изгиб изготавливались с использованием PA12 с рубленным стекловолокном как основного материала и тремя различными схемами армирования непрерывным углеволокном: плоское армирование в двух вариантах (с плоскими слоями, расположенными по ширине или по высоте бруска, занимавшими 10,26% и 10,47% площади поперечного сечения соответственно) и объёмное армирование (со спиралевидной укладкой

волокна вокруг цилиндра, вписанного в сечение бруска, 8,29% площади поперечного сечения). Суммарная длина волокна в каждом образце — около 9500 мм (~4,387 г).

Плоско армированные образцы показали прочность на изгиб от 44 до 82 МПа в зависимости от ориентации волокна, что сопоставимо с референтными данными (и превышает показатель чистого PA12 на изгиб, составляющий 27...30 МПа).

Прочность объёмно армированных образцов составила в среднем 44,5 МПа, однако образцов этой группы показали иной характер разрушения: вместо расслоения по границе раздела «пластик/волокно» (как у плоских образцов) брусок равномерно разламывался непосредственно в точке наибольшего прогиба.

В целом по результатам проведённой работы авторами сделан вывод о том, что применение объёмного армирования непрерывным волокном в виде замкнутых слоёв помогает сгладить анизотропию механических свойств печатного изделия. Также на прочность печатного объекта с непрерывным волокном сильно влияет адгезия между используемыми материалами (пластиковой основой и пропиткой волоконного филамента).

В дальнейшей работе предполагается выработать методику определения рациональной схемы армирования в зависимости от конфигурации модели, а также подбору оптимальных (с т. з. взаимной адгезии) сочетаний пластикового и волоконного филаментов.

Лазерное термическое испытание высокотемпературного керамического материала и его вычислительное моделирование

Торчик М.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Котов М.А.

МАИ, Москва

Лазерное моделирование тепловых нагрузок — перспективная технология термических испытаний [1-3], которая может применяться при разработке узлов и элементов в двигателестроении, авиационной и космической технике, энергетическом машиностроении с повышенными требованиями к надежности, эксплуатируемых в условиях воздействия интенсивных тепловых потоков и высоких температур. Для нагрева поверхности образцов при термических испытаниях используется мощное лазерное излучение инфракрасного диапазона, сформированное и управляемое в пространстве и во времени таким образом, чтобы обеспечить заданное поле температур на поверхности образца и заданный временной режим термических испытаний.

В экспериментах нагревался диск из керамического материала на основе HfO_2 , HfB_2 , SiC . Использовалась лазерная установка «Лантан-А» [4] и образцы, фиксируемые в трех точках подпружиненными стержнями, упирающимися в их боковую поверхность. Для согласования диаметра луча с лицевой поверхностью образца лазерный луч фокусировался линзой. Регистрация полей температуры осуществлялась с помощью термовизора Тандем VS-415U, прокалиброванного по модели абсолютно чёрного тела в диапазоне температур 700–2300°C. В показании термовизора вносится поправ-ка на излучательную способность материала, которая оценивается путем сравнения результатов измерений температуры термовизором и пирометром спектрального отношения Mikron M-770S. Пирометр также использовался для измерения цветовой температуры, которая для серых тел (высокотемпературные материалы по своим оптическим характеристикам близки к серым телам) соответствует истинной температуре.

В ходе нагрева образца при ступенчатом повышении мощности лазерного излучения с шагом 200 Вт в течение 123 с была достигнута температура 1890°C. Численное моделирование испытания проводилось в среде Comsol аналогично работе [5] решением задачи динамического нагрева твердотельного цилиндра от находящегося на поверхности неподвижного источника теплового излучения, имеющего профиль зависимости мощности от времени из эксперимента, с соответствующими начальными и граничными условиями. Результаты, полученные с помощью вычислительной модели, имеют хорошее согласие с экспериментальными данными, что позволяет говорить о ее достоверности при проведении

дальнейших исследований по лазерному моделированию тепловых нагрузок на другие образцы из различных материалов. Т.к. для испытуемого образца были известны только примерные диапазоны значений теплофизических свойств, то можно сказать, что вычислительное моделирование полезно еще и тем, что позволяет уточнить данные по удельной теплоемкости и теплопроводности материала, а также их зависимость от температуры.

Список использованных источников:

1. D.Zhu, R.A.Miller. Development of Advanced Low Conductivity Thermal Barrier Coat-ings // In Progress in Thermal Barrier Coatings. Progress in Ceramic Technology (V. II). ACerS (American Ceramics Society), John Wiley & Sons, 2009
2. J.F.Justine, A.Jankowiak. Ultra High Temperature Ceramics: Densification, Properties and Thermal Stability // Aerospace Lab Journal, p. AL03-08 (2011)
3. W.E. Lee, E. Eakins, H. Jackson, D. Jayaseelan. Advanced characterization of composite ultra high temperature ceramic systems // In "Ultra-High Temperature Ceramics: Materials For Extreme Environmental Applications II" / ECI Symposium Series, V. P16 (2013)
4. Зимаков В.П., Кузнецов В.А., Кедров А.Ю., Соловьев Н.Г., Шемякин А.Н., Якимов М.Ю. Газовый лазер для эффективного поддержания плазмы непрерывного оптического разряда в научных и технологических применениях // Квантовая электроника, т. 39, № 9, (2009)
5. М.В. Торчик, М.А. Котов, Н.Г. Соловьев, А.Н. Шемякин, М.Ю. Якимов, А.В. Чаплыгин. Исследование динамического нагрева углекислотным лазером твердотельного цилиндра малого размера из мелкозернистого графита марки МПГ-7 // XLVII Гагаринские чтения: Сборник трудов. Механика и моделирование материалов и технологий. ИПМех РАН, Москва, 2021.

Отверждение элементов композитных ферм электрическим током

Хамматов Э.И., Галиев А.Г.

Научный руководитель — к.т.н. Хамидуллин О.Л.

КНИТУ–КАИ, Казань

На данный момент существует множество материалов, из которых можно создать ферменную конструкцию, но особый интерес вызывают конструкции из углепластика, которые сочетают в себе высокую удельную прочность и жесткость. Однако для их создания нужно учитывать способы отверждения будущей детали, поскольку традиционные методы формования могут быть экономически не выгодными, что особенно актуально для крупногабаритных изделий. На фоне данной проблемы была предложена идея резистивного отверждения, заключающаяся в явлении выделения тепла по закону Джоуля – Ленца, где проводником является углеродное волокно.

Целью исследования является проверка возможности создания ферменных конструкций из углепластика с помощью резистивного отверждения.

Для проверки данного предположения была создана экспериментальная установка, представляющую из себя штангу с закрепленными на торцах панелями квадратной формы. Штанга и панели были выполнены из дерева. На торцах были установлены металлические элементы для закрепления образца углеродного жгута, выполняющие роль проводников тока к образцу. Параметры тока регулировались с помощью лабораторного автотрансформатора. Для повышения безопасности проводимого эксперимента в электрическую сеть также был включен понижающий трансформатор.

Образец жгута был выполнен на плетельной машине радиального типа HERZOG.

Во время проведения исследований в электрическую цепь включался один образец жгута или два, соединенных параллельно. Для измерения температуры образцов использовался измеритель – регулятор с набором термпар, для измерения силы тока в жгуте — токоизмерительные клещи.

В ходе эксперимента наблюдался рост температуры жгута и при этом падение его удельного сопротивления, что означает увеличение энергетических затрат на дальнейшее увеличение температуры жгута. Однако заметное падение сопротивления отмечено при температурах выше 220°C.

После получения зависимости температуры жгута от его напряжения, было решено провести отверждение образца жгута, пропитанного эпоксидным связующим Т26. По зависимости температуры от напряжения и известного режима отверждения связующего, были выбраны значения напряжений, соответствующие необходимым диапазонам температур. Снижение вязкости связующего осуществлялось в печи при температуре 120°C. В начале опыта температура жгута составляла 160°C, а после 40 минут установилась в диапазоне 175 – 185°C и была постоянной до окончания. Во время процесса отверждения наблюдалось испарение влаги из связующего.

После отверждения жгут испытывался на растяжение. Результаты испытаний показали, что образец имеет удовлетворительные значения прочности на растяжение и модуля упругости. Это позволяет сделать вывод о том, что резистивное отверждение возможно для использования в качестве метода формования элементов композитных ферм.

Антимикробные фторуглеродные покрытия на полимерных материалах с наведенным поверхностным зарядом

Ходырев Т.В., Аболенцев А.С., Коваленко И.А.

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

МАИ, Москва

На полимерные материалы отрицательно влияет окружающая среда. Одним наиболее влияющих факторов является биодеструкция. Биодеструкция представляет собой процесс разложения микроорганизмами органического материала. Поэтому для увеличения сроков службы полимеров необходимо сформировать на них антимикробную и грибоустойчивую защиту [1].

Основными признаками биодеструкции полимеров являются: потускнение поверхности, изменение диэлектрических свойств, снижение механической прочности, набухание, изменение формы и другие.

В современной науке и технике существуют два направления борьбы с биоплёнками: первое — это удалить уже образовавшуюся биоплёнку, а второе — это не допустить её образование.

В данной работе исследуется второе направление, а именно: формирование антиадгезионных по отношению к микроорганизмам покрытий на поверхности материала с помощью ионной обработки и последующего нанесения фторуглеродной плёнки методами ионно-плазменной технологии [2-4]. Антиадгезионные покрытия являются более перспективным способом борьбы с микроорганизмами, чем удаление образовавшейся биоплёнки, поскольку во многих областях, где применяются полимеры, нет возможности произвести очистку поверхности материала от биоплёнки.

Целью данной работы является выявление влияние поверхностного заряда на поверхности антимикробного покрытия на антиадгезионные свойства.

Для формирования наноструктурированных фторуглеродных покрытий используют вакуумную установку. Процесс нанесения делится на два этапа:

На первом этапе идёт обработка поверхности полимера в течение 30 минут ионно-плазменным потоком частиц тетрафторметана (CF₄).

На втором этапе уже наносится плёнка с различным соотношением двух газов CF₄ (тетрафторметан) и C₆H₁₂ (пары циклогексана) в газовой смеси в течение 20 минут. Для нанесения используется источник ионов типа Радикал. В качестве модельных полимеров были выбраны лавсан и тефлон. А в качестве микроорганизма-биодеструктора использовали *S.aureus*, *E.coli* и *C.albicans*.

В результате исследования было выявлено, что отрицательный поверхностный заряд на поверхности полимера положительно влияет на антиадгезионные свойства антимикробного покрытия. Было выявлено, что чем более отрицательный поверхностный заряд, тем меньше колоний микроорганизмов образуется.

Анализ трещиностойкости слоистых полимерных композитов при комбинированном нагружении экспериментальными и численными методами

Шаталин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Салиненко Н.В.

МАИ, Москва

Слоистые полимерные композиционные материалы (ПКМ) активно применяются в производстве силовых элементов планера самолетов, таких как фюзеляж, кессоны крыла, оперения (стабилизатора, киля) и обтекателей. ПКМ имеют существенные преимущества, по сравнению с традиционными материалами по удельной прочности, жесткости, удельному весу и стойкости к коррозии. Несмотря на все плюсы слоистых ПКМ, для них характерны и существенные недостатки т.к. низкая устойчивость к локальной статической и усталостной повреждаемости, отслоение и расслоение элементов конструкций при растяжении, сжатии, продольном или поперечном изгибе. Это приводит к снижению усталостной и остаточной прочности, живучести и заданных ресурсных характеристик конструкций. С целью повышения надежности конструкций из ПКМ необходимо адекватно оценивать и прогнозировать их устойчивость к возникновению и росту существующих и зарождающихся межслоевых дефектов.

Для достоверной оценки трещиностойкости слоистых ПКМ при сложном нагружении используют не только классические аналитические методы макромеханики трещин, которые включают в себя линейно упругую механику разрушения (ЛУМР) и нелинейно упругую механику разрушения (НУМР), но и микромеханические подходы для прогнозирования роста и возникновения трещин, которые в своей основе содержат оценку развития локальных зон пластического деформирования и упругого, или хрупкого предразрушения вблизи кончика трещины, предшествующие возникновению или началу роста трещины. Имплантация микромоделей в численные методы значительно расширяет возможности комплексной оценки трещиностойкости ПКМ.

Цель данной работы — комплексный анализ трещиностойкости слоистых ПКМ экспериментальными и численными методами.

С помощью стандартных и нестандартных экспериментальных методик определены параметры когезионной зоны (КЗ) такие как критическое значение интенсивности высвобождения упругой энергии, локальная когезионная прочность и предельное раскрытие трещины для стекло- и углекомпозитов на основе препрегов КМКС и КМКУ при нормальном отрыве и сдвиге.

Полученные экспериментальные параметры КЗ использовались в построение численной 3D-модели расслоения слоистого ПКМ при нагружение по модам I и II в программном комплексе ANSYS. При численном моделировании расслоения применена методика выбора оптимального количества и размера конечных когезионных элементов (ККЭ) по экспериментально определенной длине КЗ в соответствие с микромеханической моделью Баренблатта. В результате численного моделирования установлены закономерности влияния природы армирующего волокнистого наполнителя на длину когезионной зоны и трещиностойкость для стеклокомпозитов и углекомпозитов на основе вышеуказанных препрегов при нагружение по модам I, II и смешанной моде.

Анализ трещиностойкости слоистых ПКМ при комбинированном нагружении осуществлялся путем компиляции зависимостей, полученных численными методами для мод I и II по отдельности. В результате такого анализа удалось разработать методику комплексной оценки трещиностойкости слоистых ПКМ при смешанном типе нагружения и прогнозировать их устойчивость к возникновению и росту существующих и зарождающихся межслоевых дефектов.

Влияние условий формирования на морфологию и структуру гибридных микрочастиц из полилактида и гидроксипатита

Шерстнева А.А., Седова Ю.К., Пермяков А.П.

Научный руководитель — к.х.н. Демина Т.С.

ИСПМ РАН, Москва

Изделия из гибридных материалов набирают популярность в различных областях деятельности человека, в том числе в биомедицине. Гибридные биodeградируемые микрочастицы уже используются в фармацевтике для таргетной и пролонгированной доставки лекарственных препаратов. При этом одним из ключевых моментов является выбор материалов для производства микрочастиц и их морфология. Полилактид (ПЛА) — биodeградируемый синтетический полиэфир, который широко применяется в медицине за счет таких свойств, как биосовместимость, хорошие механические характеристики и легкость формирования изделий на его основе. Гидроксипатит является основным неорганическим компонентом костей и зубов, что объясняет его высокую биосовместимость и переносимость, а также стимуляцию им остеогенной дифференцировки клеток. Гибридный характер микрочастиц из ПЛА, содержащих наночастицы гидроксипатита (нГА), позволяет объединять положительные свойства обоих компонентов.

Целью настоящей работы было исследование влияния состава и технологии формирования микрочастиц из ПЛА, содержащих нГА, методом испарения растворителя из эмульсии масло/вода, в которой дисперсная фаза состоит из дисперсии нГА в 6%-ном растворе ПЛА в смеси СН₂С₁₂/ацетон. Соотношение ПЛА/нГА в частицах составляло 1/3, 1/1 или 3/1. нГА диспергировали в растворе полимера с помощью магнитной мешалки (200 оборотов, 10 мин) или ультразвука (35кГц, 3 мин). Затем дисперсную фазу добавляли в дисперсионную среду (дистиллированная вода); перемешивание происходило с использованием верхнеприводной мешалки на протяжении 3 часов до полного испарения растворителя из дисперсной фазы с последующими сушкой, фракционированием и расчетом выхода микрочастиц. Микрочастицы исследовали при помощи сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДС) и рамановской микроскопии.

Выход микрочастиц составлял от 18 до 47% и увеличивался при уменьшении соотношения ПЛА/нГА. По результатам СЭМ, частицы с соотношением ПЛА/нГА 1/3 и 1/1 имели сферическую форму, тогда как при соотношении 3/1 наблюдались частицы неправильной формы. Анализ образцов при помощи ЭДС показал наличие кальция и фосфора как в объеме, так и на поверхности микрочастиц, что объясняет возможную стабилизацию частиц за счет миграции нГА из объема дисперсной фазы на границу раздела фаз масло/вода. Однородность распределения нГА в полимерной матрице оценивали с помощью математической обработки изображений СЭМ и рамановских карт срезов микрочастиц.

Секция №8.4 Механика и моделирование материалов и технологий

Моделирование процесса зарождения и развития трещин в пористом материале с квадратным характером расположения пор с применением расширенного метода конечных элементов

Данилушкин В.С., Чаплыгин К.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Воронин С.В.

Самарский университет, Самара

Пористые материалы имеют ряд преимуществ перед компактными, что привело к большому интересу ученых всего мира к данным типам материалов. Мы считаем, что упорядоченное расположение пор способно повысить механические свойства материалов. Однако, необходимо исследовать процесс разрушения такого материала при условии одноосного растяжения с учетом различных граничных условий. Расширенный метод конечных-элементов позволяет моделировать процессы зарождения и развития трещин в моделях с учетом напряженно-деформированного состояния. В рамках данной работы моделирование проводилось в программном продукте Abaqus с применением XFEM. Поэтому, целью данной работы является исследование процесса разрушения модели с квадратным характером расположения пор при двух типах граничных условий в программном продукте Abaqus с применением XFEM.

Конечно-элементная модель квадратного типа структуры подвергалась одноосному растяжению при двух типах граничных условий: идеальный случай одноосного растяжения и реальный. В случае идеального одноосного растяжения, граничные условия задавались таким образом, чтобы напряжения равномерно распределялись по всей модели, имитируя бесконечно малую часть объема, с равномерным распределением напряжений по всему объему. Т.к. квадратный тип структуры является наиболее изотропной структурой, то граничные условия апробировались на данной модели. Второй случай граничных условий имитировал захват губок растяжной машины двух противоположащих граней при одноосном растяжении. Процесс зарождения трещин рассматривался на моделях при конфигурации пор 9×9 , т.к. данная модель соответствует условиям квазиизотропности. Трещина зарождалась в зоне достижения максимальных напряжений, заданных при построении модели. В случае идеального одноосного растяжения, наибольшие поля напряжений распределились по полюсам всех пор, перпендикулярно оси растяжения. Это привело к зарождению трещин на всех порах по обоим полюсам. В случае граничных условий, имитирующих захват губок растяжной машины, наибольшие напряжения расположены на угловых порах на полюсах, направленных к краю модели. В зонах наибольших напряжений произошло зарождение трещин, которые направились к краю модели.

В результате конечно-элементного моделирования при граничных условиях, имитирующих идеальные условия одноосного растяжения, определено, что в модели с квадратным характером расположения пор, каждая из пор выступает в роли зоны зарождения трещины. Поведение такого материала может быть непредсказуемым из-за большого количества зон зарождения трещин. В случае с реальными условиями одноосного растяжения, для моделирования процесса разрушения такой модели, необходимо наличие буферной зоны, т.к. трещины зарождаются на внешних полюсах угловых пор. Для определения наиболее оптимальной пористой структуры, результаты моделирования процесса зарождения и развития трещины в квадратном типе структуры, необходимо сравнить с другими типами структур.

Модель одномерной нестационарной задачи упругой диффузии для полого ортотропного цилиндра с учётом релаксации диффузионных потоков

Зверев Н.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Земсков А.В.

МАИ, Москва

В работе рассматривается полой ортотропный однородный многокомпонентный цилиндр, находящийся под действием равномерно распределенного по поверхности внешнего давления, инициирующего связанные механо-диффузионные процессы. Математическое описание связанных процессов деформации и массопереноса базируется на линеаризованных уравнениях движения сплошной среды, законах термодинамики и уравнениях массопереноса. Используется модифицированный закон Фика в форме Каттанео, учитывающий релаксацию диффузионных потоков, вследствие чего скорость распространения диффузионных возмущений конечна. Полученные на основе перечисленных базовых соотношений линеаризованные уравнения упругой диффузии дополняются начально-краевыми условиями, соответствующими заданным условиям механического нагружения и массопереноса. Начальные условия полагаются нулевыми.

Основная проблема заключается том, что условия нагружения, рассматриваемые в данной работе, не позволяют воспользоваться для решения поставленной задачи методом разделения переменных Фурье, который, применительно к задачам механо-диффузии, можно использовать только при определенных видах граничных условий. Поэтому для решения исходной задачи был использован численно-аналитический метод эквивалентных граничных условий, согласно которому вначале аналитически решалась вспомогательная задача, отличающаяся от исходной задачи лишь граничными условиями, а затем было получено соотношение, устанавливающее зависимость между краевыми условиями обеих задач.

Для решения вспомогательной задачи был использован метод разделения переменных Фурье, а искомые функции представлялись в виде рядов Фурье по специальным цилиндрическим функциям Бесселя нулевого и первого порядков. Далее применялось интегральное преобразование Лапласа по времени [1,2], благодаря чему исходная начально-краевая задача сводилась к системе линейных алгебраических уравнений, решение которой было получено методом Крамера, а переход в пространство оригиналов осуществлялся с помощью теории вычетов и стандартных таблиц операционного исчисления.

Учитывая тот факт, что решение вспомогательной задачи должно удовлетворять краевым условиям исходной задачи, приходим к соотношениям, связывающим правые части граничных условий обеих задач. Они представляют собой систему интегральных уравнений Вольтерры 1-го рода и решаются численно с помощью квадратурных формул. Окончательное решение исходной задачи получено в виде интегральных сверток функций Грина вспомогательной задачи с функциями, полученными в результате решения построенной системы интегральных уравнений.

Для иллюстрации эффектов связанности механического и диффузионного полей, а также влияния релаксационных процессов на ортотропном сплошном цилиндре с учетом релаксации диффузионных потоков, выполненного из трехкомпонентного сплава. Результаты расчета представлены в графической и аналитической формах.

Список использованных источников:

1. Зверев Н.А., Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Нестационарные связанные механо-диффузионные процессы в ортотропном сплошном цилиндре с учетом релаксации диффузионных потоков // Известия высших учебных заведений. Математика. — 2022. — № 1. — с. 25-37. DOI: 10.26907/0021-3446-2022-1-25-37
2. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Полярно-симметричная задача упругой диффузии для многокомпонентной среды // Проблемы прочности и пластичности. 2018. № 80 (1). с. 5-14.

Исследование процессов кристаллизации наночастиц Si-Al и Si-Au методом молекулярной динамики

Зеленина А.И., Гордеев И.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Колотова Л.Н.

МФТИ, Долгопрудный

Кремниевые наночастицы, легированные золотом и алюминием, демонстрируют различные свойства, важные для создания биосенсоров, поддержания флуоресценции, высокоскоростной обработки данных, в нелинейной оптике. Все физические свойства наночастиц объясняются особенностями кристаллической структуры, однако детальное изучение подобных объектов возможно только с помощью вычислительных методов.

В данной работе было проведено исследование кристаллизации расплавленных трёхмерных частиц методом молекулярной динамики, имитирующее метод лазерной печати. В результате расчётов получены объекты, имеющие сложную зернистую структуру. Была рассчитана пороговая скорость охлаждения, необходимая для кристаллизации в широком диапазоне концентрации примесных металлов. Рассмотрены некоторые свойства пороговой скорости охлаждения, влияющие на внутреннюю структуру наночастицы. В данной работе также рассмотрены некоторые свойства кристаллической структуры, произведена оценка геометрических параметров. Также построена область для допустимых размеров наночастиц, которые возможно создать в ходе эксперимента с определёнными условиями. Проведено сравнение свойств Si-Al и Si-Au наночастиц.

Полученные данные согласуются с изображениями, полученными в ходе эксперимента для Si-Au наночастиц. Результаты работы позволят создавать реальные объекты с физическими свойствами, заданными наперёд. Все расчёты проведены с использованием нового потенциала (разработанного для пакета LAMMPS), который был создан в 2020 году и корректно описывает подобные системы.

Моделирование процесса электроэрозионной обработки тяжёлого вольфрамового сплава ВНЖ-95

Калиш П.Э.

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

ТулГУ, Тула

Современное развитие науки и техники порой требует от тугоплавких материалов таких совокупностей свойств, которых не может обеспечить ни один из существующих металлов в чистом виде. Для таких целей разрабатываются специальные сплавы на основе вольфрама, никеля, хрома и т.п.

Из всех существующих на сегодняшний день тугоплавких сплавов можно особо выделить тяжёлые вольфрамовые сплавы, содержащие в своём составе от 70 до 98% вольфрама по массе. Данные сплавы получают методами порошковой металлургии (кроме вольфрамомолибденовых сплавов). Тяжелые сплавы являются композитным материалом, представляющим собой двухфазную структуру из зерен вольфрама сферической, эллипсоидальной и стержнеобразной формы диаметром порядка 3 мкм и длиной порядка 5-10 мкм, распределенных в связывающей матрице из легирующих компонентов, обеспечивающих увеличение свойств пластичности и электропроводности сплава [1, 2].

В зависимости от наличия и количества легирующего металла в том или ином вольфрамовом сплаве определяется область его применения. Так, данные сплавы применяются в качестве контактных пар и их утяжелителей, в ядерной промышленности и медицине, экспериментальной и ядерной физике, оборонной промышленности и т.д. [3, 4].

В связи с наличием вольфрама в рассматриваемых сплавах, их обработка традиционными методами резания затруднена. В качестве нетрадиционных (высокоэффективных) методов обработки таких сплавов может выступать электроэрозионная обработка (ЭЭО), являющаяся наиболее высокотехнологичным методом обработки. ЭЭО — обработка, заключающаяся в изменении формы, размеров,

шероховатости и свойств поверхности электропроводящей заготовки под действием электрических разрядов, возникающих между заготовкой и электродом-инструментом в диэлектрической среде. Зачастую практические результаты ЭЭО не совпадают с теоретически рассчитанными. Это особенно наблюдается при обработке композитных материалов, теплофизические свойства которых на микроуровне не однородны. Для решения данной проблемы разрабатываются математические модели теплопроводности обрабатываемого материала. При этом анализируется механизм термического удаления расплавленного и испарённого материала, определяются параметры, форма и микрорельеф единичных лунок, образуемых в процессе электрической эрозии [5].

Целью работы является моделирование процесса электроэрозионной обработки никельсодержащего тяжёлого вольфрамового сплава ВНЖ-95, содержащего в своём составе 95% вольфрама, 3% никеля и 2% железа по массе. Для проведения моделирования единичного импульса процесса ЭЭО в программе COMSOL Multiphysics было построено несколько двумерных моделей распространения температуры от радиуса канала разряда в твёрдом теле, состоящем из нескольких металлов — матрицы из легирующих металлов и зёрен вольфрама.

В результате математического моделирования были получены распределения температур в заготовке из сплава ВНЖ-95 в процессе ЭЭО при различных длительностях и энергиях импульсов. Исходя из полученных графиков распределения температур можно судить о форме и параметрах получаемой лунки. Так, образующаяся лунка имеет полусферическую лунку с выступами, образованными вольфрамовыми частицами. Это связано с анизотропией свойств рассматриваемого материала на микроуровне и вызвано более высокими температурами плавления и испарения вольфрамовых частиц в отличие от никель-железной матрицы.

Сравнивая полученные результаты моделирования для сплава ВНЖ-95 и чистого вольфрама, можно сделать вывод о том, что при одинаковых исходных значениях энергии и длительности импульса, лунка в вольфрамовой заготовке больше лунки в заготовке из сплава ВНЖ-95 на 50% (данное значение было получено при определённых значениях энергии и длительности импульса).

Список использованных источников:

1. Тяжёлые сплавы: Каталог тяжёлых сплавов ОАО «Победит».
2. Hou Z., Nie Z., Liu Z., Hao F., Li M., Zhou G., Tan C. Effect of second phase particles on the dynamic recrystallization in Ni-W alloys during thermal compression // *Journal of Alloys and Compounds*. — 2021. — №865. (Хоу З., Не З., Лю З., Хао Ф., Ли М., Чжоу Г., Тан С. Влияние частиц второй фазы на динамическую перекристаллизацию в сплавах Ni-W при термическом сжатии // *Журнал сплавов и соединений*. — 2021. — №865.)
3. Вольфрамовые сплавы [Электронный ресурс]: Поставщик тугоплавкой продукции. Текстовые дан. — Режим доступа: <https://www.wolframoff.com/product/splavy/volframovye>, свободный.
4. Тяжелые вольфрамовые сплавы [Электронный ресурс]: ООО «ЕРГАРДА» — поставщик тугоплавких материалов и сплавов. Текстовые дан. — Режим доступа: <https://ergarda.com/tugoplavkie-metally-i-splavy/volfram/tyazhelye-volframovye-splavy.html>, свободный.
5. Калиш П.Э. Моделирование тепловых процессов при электроэрозионной микрообработке короткими импульсами // *Электрофизические методы обработки в современной промышленности. Материалы V Международной научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов*. — Пермь: ПНИПУ, 2021. С. 192–196.

Исследование влияния частиц порошка на пробой жидкого диэлектрика при электроэрозионной микрообработке

Потапов А.А.

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

ТулГУ, Тула

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) — обработка, при которой с помощью повторяющихся электрических разрядов между заготовкой из токопроводящего материала и электродом-инструментом (ЭИ), погруженных в жидкий диэлектрик, происходит изменение размеров, свойств, формы и шероховатости поверхности заготовки. Основное различие между ЭЭО и микро-ЭЭО заключается в температуре, плотности энергии и размере электродов, которые участвуют в обработке [1].

Достижение хорошего качества поверхности совместно с высокими скоростями обработки является важной задачей при электроэрозионной микрообработке. Потенциальным решением данной задачи может являться порошковая электроэрозионная микрообработка с добавлением частиц порошка в жидкий диэлектрик. Для улучшения условий электрического пробоя жидкого диэлектрика, заполняющего пространство между ЭИ и заготовкой, диэлектрическая жидкость дополняется мелкозернистым порошком. Рабочая жидкость и порошок повышают эффективность обработки [2].

С учетом поставленной задачи цель работы заключается в исследовании влияния частиц порошка, которые добавляются при электроэрозионной микрообработке на электрический пробой жидкого диэлектрика.

Результатом численного решения стало получение значений коэффициента усиления напряженности электрического поля, который является отношением максимальной напряженности электрического поля с частицами в жидком диэлектрике к напряженности электрического поля без частиц в жидком диэлектрике, при электроэрозионной микрообработке различных материалов.

Создавать условия для достижения более высокого качества поверхности и изменять параметры процесса можно при добавлении частиц порошка в жидкий диэлектрик при электроэрозионной микрообработке. Порошок оказывает влияние на распределения электрического поля в межэлектродном промежутке и пробой жидкого диэлектрика, это дает возможность проводить обработку на меньшем напряжении.

Список использованных источников:

1. Потапов А.А. Исследование влияния частиц порошка на пробой жидкого диэлектрика при электроэрозионной микрообработке // Региональная научно-техническая конференция. «Нано- и электрофизикохимическая обработка в машино- и приборостроении-2021». Тула, 2021 г.: сборник тезисов. Тула: ТулГУ, 2021. С. 43-46.
2. Kansal H.K., Singh S., Kumar P. Technology and research developments in powder mixed electric discharge machining (PMEDM) // J. Mater. Process. Technol. 2007, 184, 32–41. (Кансал Х.К., Сингх С., Кумар П. Технологии и научно-исследовательские разработки в области электроэрозионной обработки порошковых смесей // Дж. Мэтр. Процесс. Технология. 2007, 184, 32–41.).

Анализ влияния взаимного расположения электродов на кинетику формирования МДО-покрытия

Савельев Д.О.

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

СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск

В поддержку развития технологии микродугового оксидирования (МДО) проведено большое количество исследований влияния электрических режимов на формируемое в процессе покрытие. Однако большинство исследований основываются на изучении выбора схемы установки и состава электролита. В настоящее время отсутствует описание влияния

конфигурации и расположения анода относительно катода, которое позволило бы полно судить о влиянии электрической составляющей микродугового оксидирования.

Поэтому целью работы стало изучение схемы образования электрической взаимосвязи между анодом и катодом в процессе МДО.

Исходя из цели была определена методика исследований, которая заключалась в получение образцов с МДО-покрытием, размещенных в определенной зависимости относительно рабочей поверхности электролитической ванны, и последующим изучением свойств полученного покрытия. В качестве рабочего электрода были выбраны образцы из сплава титана ОТ-4, поскольку сплав с нанесенным защитным покрытием методом МДО является одним из часто используемых в ракетно-космической отрасли.

Для наибольшего исключения влияния частных компонентов электролита на ход эксперимента МДО проводили не в слабощелочном силикатном электролите, а в фосфатосодержащем силикатном электролите. Фосфатосодержащие компоненты в электролите способствуют повышению проводимости и оказывают стабилизирующий эффект [1].

Рабочие электроды из сплава титана прямоугольной формы площадью 0,2 дм², закреплялись на титановом токоподводе в электролитической ванне. Оксидирование проводилось в анодно-катодном режиме при частоте 50 Гц в течение 600 сек, соотношение анодной и катодной составляющих тока $I_K:I_A=1,18$, при плотности тока $j=28$ А/дм². Температура электролита — 20-30°С. При синусоидальной форме следования импульса. Выбор режима обусловлен рекомендациями литературы и выявленными практикой зависимостями параметров МДО для получения покрытия с высокой адгезионной прочностью и микротвердостью в фосфатосодержащем электролите.

Электролитическая ванна выполнена из нержавеющей стали с активной площадью анодной поверхности равной 16,2 дм². Имеет водяной контур охлаждения объемом 2,25 дм³. Рабочий объем ванны не более 2,5 дм³.

Источник питания является модульный тиристорный трансформаторного типа с максимальным выходным током до 500 Ампер.

Образцы располагались параллельно активным поверхностям ванны на расстояние от 50 до 110 мм с интервалом 20 мм. Продольные профильные стороны образца закреплялись перпендикулярно соответствующим поверхностям ванны на равном расстоянии с двух сторон равном 65 мм.

В данной работе авторами было принято регистрировать свойства покрытий, на которые в первую очередь будет оказывать влияние взаимного расположения анода и катода. Такими свойствами является толщина получаемого покрытия, а также шероховатость. Рассматривать химический состав, твердость или износостойкость покрытия не имеет важности в условия поставленной цели, поскольку эти параметры покрытия в первую очередь зависят от компонентов, входящих в состав электролита.

Фиксирование толщины покрытия производилось в пяти различных областях на образце вихреговым толщиномером с каждой стороны. Профилометром была исследована шероховатость поверхности также в пяти областях образца с каждой стороны. По полученным данным вычислены средние арифметические значения параметров, по которым была выявлена зависимость.

В процессе было исследовано 15 образцов по 5 поверхностей образцов на каждое фиксированное расстояние. Ограничение расстояния между анодом и катодом в эксперименте связано с регистрацией влияния энергетических процессов, происходящих в исследуемой системе, на характеристики МДО-покрытия. Исследование влияния на больших расстояниях, а соответственно с большим объемом электролита имеет частный характер и предположительно будет следовать этой же зависимости.

К настоящему моменту разработано множество функциональных схем установок и оснасток для МДО. Предложено несколько моделей процесса и причин его возникновения. Однако небольшое число фундаментальных исследований не позволяет в полной мере описать зависимости многочисленных факторов МДО с получаемым покрытием.

Практическое выявление закономерности параметров формируемых покрытий позволяет подтвердить аспекты электрофоретической природы процесса, а именно закономерности динамики эффективного сопротивления локальных цепей электрод-электролит-покрытие-образец [1].

Не менее интересна зависимость для применения в качестве модели, способствующей практическому достижению необходимых параметров покрытия, в частности шероховатости и толщины. При удалении анода от катода более 75 мм наблюдается интенсивный рост толщины покрытия с замедлением роста шероховатости. Предположительно это связано с затуханием энергии микроплазменного заряда.

Список использованных источников:

1. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование / И. В. Суминов, А. В. Эпельфельд, В. Б. Людин и др. М.: Экомет, 2003.

Механические свойства композитов графен-металл, полученных гидростатическим сжатием

Сафина Л.Р.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Баимова Ю.А.

УГНТУ, Уфа

Графен, сочетающий в себе такие свойства, как гибкость, сверхпрочность, легкость, является материалом, который можно использовать практически во всех отраслях промышленности. Комбинация двух разных элементов, таких как графен и наночастицы металлов, может придать ряд новых уникальных свойств новому полученному материалу, который является основой производства композитов. На сегодняшний день активно ведутся исследования взаимодействия графена с наночастицами различных металлов, таких как медь, алюминий, никель, титан [1]. В данной работе методом молекулярной динамики исследуются механические свойства композитов на основе наночастиц металлов и графена.

Рассматриваются две объемные трехмерные структуры, состоящие из 64 свернутых чешуек графена, расположенных друг от друга на расстоянии 6 \AA и заполненных наночастицами никеля и меди приблизительно одного диаметра ($d_{Ni} = 6.2 \text{ \AA}$; $d_{Cu} = 7 \text{ \AA}$). Для того, чтобы получить композитный материал структуры выдерживаются при комнатной температуре 300 К. Далее путем приложения гидростатического сжатия убираются большие пустоты между единичными элементами будущего композита и приводятся к одинаковому размеру $63 \times 63 \times 63 \text{ \AA}$. Затем структуры подвергаются высокотемпературному гидростатическому сжатию при 1000 К до максимально возможных плотностей. Ранее было показано, что для формирования прочного композита лучше использовать повышенные температуры с целью активации новых химических связей между чешуйками графена [2].

Численные эксперименты проводятся в свободно распространяемом пакете молекулярно-динамического моделирования LAMMPS. Во всех случаях используются периодические граничные условия. Для описания межатомных взаимодействий применяются два потенциала — потенциал AREBO для взаимодействия углерод-углерод и потенциал Морзе для описания межатомного взаимодействия в двух разных системах (а) графен-никель и (б) графен-медь. Параметры для потенциала были выбраны из предложенных в работах [3-7]. Механические свойства композита оцениваются в процессе одноосного растяжения.

В работе показано, что композиты графен-никель и графен-медь обладают изотропными свойствами и способны выдерживать большие степени деформации при одноосном растяжении. Наибольшее значение модуля Юнга имеет композит графен-медь ($E = 210 \text{ ГПа}$), так как в этой структуре за счет плавления наночастицы меди ($T_{пл} = 723 \text{ К}$) при высокотемпературном гидростатическом сжатии, упрощается образование новых химических связей между отдельными чешуйками графена. Температура плавления наночастицы никеля выше ($T_{пл} = 1360 \text{ К}$), поэтому количество новых ковалентных связей меньше, следовательно, модуль Юнга ($E = 135 \text{ ГПа}$) и прочность композита будут ниже.

Авторы благодарят Российский Научный Фонд (грант № 20-72-10112).

Список использованных источников:

1. Safina L.R., Baimova J.A., Krylova K.A., Murzaev R.T., Mulyukov R.R. Simulation of metal-graphene composites by molecular dynamics: a review. *Letters on Materials*, 2020, 10, 3, 351-360.
2. Safina L.R., Baimova J.A., Krylova K.A., Murzaev R.T., Shcherbinin S.S., Mulyukov R.R. Ni-Graphene composite obtained by pressure-temperature treatment: atomistic simulations. *Phys. Status Solidi RRL*, 2021, p. 2100429.
3. Girifalco L. A., Weizer V. G. Application of the Morse potential function to cubic metals. *Physical Review*, 1959, 114, 687-690.
4. Galashev A.Y., Katin K.P., Maslov M.M. Morse parameters for the interaction of metals with graphene and silicone. *Phys. Lett. A*, 2019, 383, 252-258.
5. Katin K.P., Prudkovskiy V.S., Maslov M.M. Molecular dynamics simulation of nickel-coated graphene bending. *Micro Nano Lett.*, 2018, 13, 160-164.
6. Morse Ph.M. Diatomic molecules according to the wave mechanics. II. Vibrational levels. *Phys. Rev.*, 34, 57-64.
7. Ikawa N., Shimada S. and Tanaka H. Minimum thickness of cut in micromachining. *Nanotechnology*, 1992, 3, 6-9.

Анализ стойкости элементов космических аппаратов при высокоскоростном взаимодействии с частицами космического мусора

Слепихин В.Л.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Колпаков В.И.

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва

К настоящему моменту времени в космическом пространстве накопилось огромное количество частиц космического мусора (КМ), которые имеют неопределенные параметры формы, массы и скорости. Большая часть данных объектов состоят из алюминиевых сплавов [1], а наиболее опасными для космических аппаратов (КА) являются невидимые частицы размером менее 100 мкм [2]. В связи с этим при математическом моделировании высокоскоростного соударения обычно применяются алюминиевые частицы размером менее 100 мкм. На сегодняшний день при испытании экранной защиты КА используют ударники сферической формы. Однако данные эксперименты не гарантируют стойкость экранной защиты при иной форме частиц КМ. Исследованию данного вопроса были посвящены зарубежные и отечественные работы [3-6], в которых было выявлено, что форма ударника существенно влияет на осколочный поток, образованный после пробития металлической преграды. Согласно докладу [7], форма частиц космического мусора существенно влияет на стойкость двухэкранной защиты. Целью данной работы является определение характера влияния плоской и удлиненной формы цилиндрического ударника на стойкость элементов защиты КА.

Исследование проводилось в программном комплексе ANSYS — AUTODYN методом SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics). В качестве материала ударника и экранов был принят алюминиевый сплав АМг6. За основу геометрических размеров экранной защиты использовались параметры защиты научно-энергетического модуля Международной космической станции (НЭМ МКС) от осколочно-метеороидного воздействия [8]. Масса ударника принималась равной 1 г, а его скорость варьировалась в диапазоне от 2 до 6 км/с. Задача решалась в двумерной осесимметричной постановке. При этом исследовались цилиндрические ударники разной высоты, соответствующие диаметрам: 7.84 мм, 5.88 мм, 11.76 мм и 15.68 мм. Используемая методика расчетного исследования подробно изложена в [9].

В результате выполненного расчетного исследования выполнена сравнительная оценка нанесенного ущерба двухэкранной защите КА от воздействия ударников цилиндрической формы, который (ущерб) оценивался по состоянию второго экрана. При этом показано, что форма ударника существенным образом влияет на защитные свойства экранной защиты, а наиболее опасной является частица, продольный размер которой превышает диаметр.

Необходимо отметить также, что во всех рассмотренных случаях ударного взаимодействия проявлялся откольный эффект на второй преграде. Однако наиболее ярко он был выражен при взаимодействии с ударником, диаметр которого равнялся 5.88 мм.

Показано, что форма ударника существенным образом влияет на защитные свойства экранной защиты, а наиболее опасной формой является цилиндр, длина которого превышает диаметр.

Список использованных источников:

1. Вениаминов, С. С. Космический мусор — угроза человечеству второе издание, исправленное и дополненное / С. С. Вениаминов, А. М. Червонов // Механика, управление и информатика (см. в книгах). — 2013. — № 5(17). — С. 1-208.

2. Зеленцов, В. В. Проблемы мелкого космического мусора / В. В. Зеленцов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2015. — № 4. — С. 89-104. — DOI 10.7463/0415.0764904.

3. Югов, А. А. Исследование особенностей пробивания экрана длинным стержнем и сферическим ударником одинаковой массы / А. А. Югов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2009. — № 3(24). — С. 91-100.

4. Numerical simulation of hypervelocity impact problem for spacecraft shielding elements / M. V. Silnikov, I. V. Guk, A. F. Nechunaev, N. N. Smirnov // Acta Astronautica. — 2018. — Vol. 150. — P. 56-62. — DOI 10.1016/j.actaastro.2017.08.030.

5. Predicting orbital debris shape and orientation effects on spacecraft shield ballistic limits based on characteristic length / J.E. Williamsen, S.W. Evans // International Journal of Impact Engineering. — 2006. — Vol. 33. — P. 862-871.

6. Studies of Hypervelocity Impact Phenomena As Applied to the Protection of Spacecraft Operating in the MMOD Environment / William P. Schonberg // Procedia Engineering. — 2017. — Vol. 204. — P. 4-42.

7. Слепихин В.Л., Колпаков В.И. Анализ влияния формы алюминиевого ударника на стойкость двухэкранной защиты космического аппарата: XLVI Академические чтения по космонавтике «Королёвские чтения»: Тез. докл. — 2022

8. Романченков, В.П. Двухэкранный защита гермоотсека научно-энергетического модуля Международной космической станции от осколочно-метеорного воздействия / В. П. Романченков, О. С. Покровский, Л. В. Зинченко // Конструкции из композиционных материалов. — 2014. — № 3(135). — С. 3-7.

9. Колпаков, В.И. Моделирование ударного взаимодействия высокоскоростных частиц с элементами конструкции экранной защиты космического аппарата / В.И. Колпаков, Т.В. Васильева. — Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2017. — 60 с. — ISBN 978-5-7038-4744-2.

Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса

Секция №9.1 Экономика и менеджмент высокотехнологичных предприятий аэрокосмической сферы

Оценка перспектив восстановления авиaperевозок в посткризисных условиях

Асеева В.А.

Научный руководитель — доцент, Арсеньева Н.В.

МАИ, Москва

Авиационная отрасль первой получает удар при любом кризисе. Кризисные ситуации на российском авиатранспортном рынке уже неоднократно возникали и включали в себя спады авиaperевозок по различным макроэкономическим причинам и последующие восстановление.

В посткризисных условиях возникают достаточно очевидные последствия на российский авиатранспортный рынок:

- происходит наибольший спад и медленное восстановление на дальнемагистральных, международных авиамаршрутах, обслуживаемых широкофюзеляжной авиатехникой;
- в меньшей степени глубина спада и более быстрое восстановление («отскок») наблюдаются на внутренних авиамаршрутах, обслуживаемых узкофюзеляжной авиатехникой, в большей мере в сегменте региональных авиaperевозок;
- уменьшется количество реально действующих авиакомпаний;
- реализовываются разнообразные решения в сфере мер медицинской безопасности и общественной психологии, направленные на обеспечение доверия пассажиров к безопасности перелетов, влекущих дополнительные расходы и рост себестоимости авиaperевозок;
- значительная часть ранее заключенных либо планируемых контрактов на приобретение авиатехники авиакомпаниями аннулируются или перезаключаются на новых условиях, спрос на новую авиатехнику сокращается;
- растут количества и силы давления факторов, влияющих на рост расходов авиaperевозчиков и сокращение авиаперсонала.

Последние последствия макроэкономических кризисов, возникших в связи с пандемией 2019–2021 г. и военной спецоперацией 2022г., отразились на воздушном транспорте и среднем классе, как основных клиентов и потребителей услуг воздушного транспорта, находясь среди наиболее пострадавших секторов экономики и общества. Кризисы определяются административными государственными запретами на авиaperевозки и рыночными факторами, которые являются причинами финансовых сложностей авиaperевозок. У перевозчиков растут все статьи расходов из-за инфляции, сильнее всего увеличиваются их затраты на топливо. По оценке Российской ассоциации эксплуатантов воздушного транспорта (АЭВТ), по итогам 2021 года общий операционный убыток пассажирских авиакомпаний составил 70-80 млрд рублей, годом ранее показатель был на уровне 197 млрд рублей, в 2019 году — 40 млрд рублей. По объемам, по данным Росавиации, в 2021 году российские авиакомпании перевезли 111 млн пассажиров: это на 60% больше показателя 2020 года и на 13% меньше, чем в 2019-м. Пассажиропоток на внутренних линиях составил 87,5 млн человек (+56%, +20%), на международных — 23,5 млн человек (+80%, -57%).

В посткризисное время главным драйвером для восстановления всех показателей и оказания помощи авиакомпаний является государство, которое может осуществлять беспрецедентные меры поддержки и стимулирующие программы. Также основными причинами быстрого восстановления внутрироссийского рынка авиаперевозок могут быть невозможность осуществления международных авиаперелетов по большинству ключевых направлений и снятие ограничений на перемещения внутри России из-за пандемии.

При этом, для увеличения объема внутренних авиаперевозок, авиакомпании и самостоятельно могут вести гонку за пассажира, предлагая все более удобные в условиях пандемии тарифы и условия перелета. Предложения пассажирам перебронировать авиабилеты без каких-либо сборов до конца текущего года, введение для пассажиров бесплатной страховки от COVID-2019, которая покрывает расходы пассажира, если он заболел во время путешествия, увеличение полетной программы на российские курорты на весну – лето, и другие способы повышения гибкости политики авиакомпаний повысит приток пассажиров на внутренних воздушных перелетах.

Кризисы, вызывают существенное падение производственных показателей в отрасли пассажирских авиаперевозок и вынуждают игроков менять свои бизнес-модели. Авиакомпании могут применять:

Цифровизацию в условиях новых требований к предоставлению информации о состоянии здоровья путешественников.

Автоматизацию обработки данных пассажиров в аэропорту с использованием мобильных и биометрических решений.

Обеспечение бесконтактный и мобильный опыт пребывания на борту с помощью специальных средств связи и цифровых приложений нового поколения.

Повышение эффективности сотрудничества и рентабельности аэропортов.

Повышение рентабельности и устойчивости эксплуатации воздушных судов.

В комментарии директора группы корпоративных рейтингов Аналитического кредитного рейтингового агентства (АКРА) Александра Гушина говорится, что «Российские авиакомпании вернуться к допандемийному уровню рентабельности пассажирских перевозок не ранее 2025 года», а учитывая последние события, можно делать выводы о еще более длительном восстановлении. Но при эффективном использовании мер по восстановлению, оперативному внедрению стимулирующих программ у российского рынка авиаперевозок есть большие шансы для возвращения к своим изначальным показателям. Даже кризисные ситуации могут иметь оптимистичный исход, главное быть готовым к непредвиденным ситуациям.

Управление инновационными проектами в космической сфере

Башкиров А.А.

Научный руководитель — доцент, Прозоров Д.Е.

МАИ, Москва

Российская космическая сфера деятельности на всех этапах своего развития проявляет себя как высокотехнологичная инновационная среда, опирающаяся на передовые достижения науки и технологий. При этом затраты на фундаментальные и прикладные исследования, насыщение наукоемкими производствами объективно выше, чем во всех других секторах российской экономики. Однако именно это и стало основной причиной ее высокой инерционности и внутренней замкнутости, оторванности от смежных отраслей. По мнению ряда экспертов, эти особенности могут стать причиной возникновения высоких рисков выбора неэффективной стратегии инновационного развития, что в свою очередь может привести к недозагруженности производственных мощностей, неэффективному использованию активов и ресурсов.

Анализируя текущее состояние и вопросы управления инновационными проектами в организациях космической отрасли можно выделить ряд значимых моментов:

- космическая отрасль с момента своего возникновения в основном ориентирована на решение военных задач обеспечения безопасности государства, что в свою очередь

определило принципы и механизмы финансирования инновационной деятельности при реализации проектов. Объективно космическая отрасль функционирует вне мирового рынка космической продукции и услуг, а в рамках доминирования государственного задания;

- процессы глобализации и развитие космических технологий других государств вывели проблему конкурентоспособности на мировом рынке;

- По настоящее время процесс создания рассматривается как совокупность этапов, имеющих продолжительные сроки реализации и большой список соисполнителей, что объективно увеличивает сроки от начала проектирования до завершения проекта;

- Нередко построение линейно-функциональной системы предприятий соисполнителей проекта, отсутствие у них стратегической и коммерческой заинтересованности в конечном результате всего проекта, приводят к снижению качества планирования и разработки, неэффективному расходованию финансирования;

- несовершенство законодательства и норм нормативно-правового регулирования космической отрасли.

Инновационные проекты — это сложные взаимосвязанные по ресурсам, срокам и исполнителям мероприятия. При этом инновационный проект представляет собой адаптивную систему, оперативно реагирующую на внешние и внутренние изменения, путем соответствующих управляющих воздействий в целях устранения конфликтов.

Ключевыми задачами развития космической отрасли становится создание эффективной системы управления инновационными проектами, учитывающей появление новых форм инновационной деятельности и накопление опыта взаимодействия с новыми субъектами такими как технологические платформы и инновационные ракетно-космические кластеры.

В связи с этим особое значение приобретает комплексное внедрение новых механизмов управления и взаимодействия с инновационными субъектами, ранее не входившими в традиционный «отраслевой периметр», определение и адресное стимулирование развития прорывных научно-технологических направлений, которые в последующем способны оказать синергетический эффект на авиакосмическую отрасль и экономику в целом.

Анализируя перспективы и барьеры инновационного развития космической отрасли Российской Федерации можно сделать вывод, что в настоящее время космическая отрасль хоть и имеет значительный научный и технологический потенциал, но все же не способна ответить абсолютно на все вызовы рынка.

В рамках совершенствования управления инновационными проектами в космической отрасли и перехода на инновационный путь развития предлагается:

- актуализация привлечения частных средств инвесторов к участию в отраслевых инновационных проектах и программах;

- ослабление госрегулирования в управлении предприятиями космической отрасли.

Ускоренные темпы инноваций на мировом космическом рынке тормозятся в космической отрасли России, из-за того, что инновационный продукт, выходит с существенной задержкой из-за необходимости большого числа утверждений и согласований на всех этапах жизненного цикла;

- повышение темпов технического и технологического перевооружения предприятий космической отрасли;

- расширение линейки и объема выпуска инновационной продукции, для реализации на мировом космическом рынке.

- решение проблем социально-экономического и политического характера.

Проблемы управления на предприятиях авиационной отрасли

Бекназарова А.Т.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калугина Г.А.

МАИ, Москва

Авиационный сектор экономики имеет важное, особое значение для обеспечения безопасности Российской Федерации и развития ее военного, научного, экономических потенциалов.

В авиационной отрасли рыночные отношения определяют многоукладность экономики и разнообразность хозяйственно-организационных форм и дают авиационным предприятиям возможность проявлять инициативу и самостоятельность.

У авиапредприятий имеется ряд специфик, существенно влияющих на систему управления и её формирование.

Современные условия хозяйствования предполагают значительные изменения при профессиональной подготовке персонала, от которого требуется квалифицированный подход к решению вопросов по организации авиаперевозок и обеспечении безопасности полетов. Кадровый состав должен быть единой командой, сплоченно работать, отвечать за результаты своей деятельности на предприятии.

Также гораздо возрастает роль, которую играет управление при повышении авиационным предприятием эффективности: теоретические основы управления становятся обязательным

условием конкурентоспособной деятельности структур управления в рыночных условиях.

Несовершенство экономических и организационно-правовых основ управления влечет за собой существенное снижение масштабов производства и ухудшение качества реализации услуг авиационных перевозок и финансового состояния авиапредприятий.

Управление должно быть нацелено на как можно более полную реализацию экономических интересов всех участников процесса.

Целью данного исследования является определение методов и способов повышения эффективности управления на предприятиях авиационной отрасли, снижения уровня некомпетентности кадров.

Особенности оперативного управления производством в условиях его цифровизации

Бодров Н.М., Черницын А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Современное общество отличается бурным развитием научно-технического прогресса, проявляющегося во всех сферах его жизни. Залогом и возможностью такого положения являются накопленные знания, задел которых создавался лучшими его представителями на протяжении всей истории существования цивилизации. Теперь эти знания претворяются в жизнь: наука стала производительной силой. Орудия и средства труда — объективная материально-техническая база производства достигли сегодня беспрецедентного уровня развития, который обеспечивает прогресс в любой отрасли общественного производства: строительстве, транспорте, авиастроении, др. сферах экономики, возможность промышленного освоения ближнего и дальнего космического пространства. На этой почве появились в прошлом веке, развиваются и функционируют сверхсложные, крупномасштабные промышленные корпорации-гиганты транснационального геополитического значения: объединенная самолетостроительная, вертолетостроительная и двигателестроительная корпорации, не случайно получившие юридический статус публичных акционерных обществ. Их благополучие определяет состояние всей экономики.

Необходимость эффективного функционирования таких предприятий возлагает особые требования к системе управления ими, начиная от стратегического, включая тактический и оперативный уровни хозяйствования.

Предметом труда управленца является информация, а процесс управления — это процесс получения, сбора, переработки и передачи информации. Эффективное функционирование наукоёмкого, высокотехнологичного бизнеса, действующего в условиях агрессивно активной внешней среды, невозможно без качественно нового уровня управления им, соответствующего кибернетическому закону У.Р. Эшби. Как императив сегодняшнего времени в 2011 году в деловых кругах Германии появилась инициатива,

которую определили «как средство повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Германии через усиленную интеграцию «киберфизических систем» (CPS) в заводские процессы». Четвёртая промышленная революция предполагает перевод в цифровой формат и автоматизацию большинства промышленных бизнес-процессов, основой которых являются интернет вещей (IoT), в том числе промышленный (IIoT), киберфизические системы (CPS) и искусственный интеллект (AI). В условиях тотальной автоматизации бизнеса его первоосновой, «кирпичиком» построения и функционирования как единой инженерной системы являются бизнес-процессы, включающие производственные процессы и процессы управления. Для обеспечения эффективности проектирования, перепроектирования и успешного функционирования бизнес-процессов процессы производства и управления необходимо рассматривать в единстве. Как показывает практика, наиболее сложными являются стратегические и оперативные горизонты управления. Их взаимосвязь очевидна: неэффективное или некачественное реализация того и другого приводит к краху объекта управления. Оперативный режим времени (квартал, месяц, сутки, смена, час, реальное время) в управлении любой, особенно сложнейшей промышленно-производственной системой эффективен только при наличии стратегического управления.

Практика оперативного управления предприятий отечественного машиностроения показывает наличие проблем в этой области, среди которых одной из важнейшей является автоматизация, осуществляемая на принципах используемых зарубежных стандартов промышленной автоматизации — ERP, MRP, MES, APS. Трудности внедрения стандартов промышленной автоматизации оперативного управления связаны с мировым и отечественным финансовыми кризисами; большим объемом предложений со стороны иностранных и отечественных производителей; отсутствием методики по выбору системы для предприятия; несоответствием базовой конфигурации программных продуктов требованиям отраслей, в которых они ранее не применялись; большими затратами на доработку под нужды предприятия; реализацией принципов управления производством с позиций разработчиков и др.

Исходя из вышеизложенного, можно определить основные особенности оперативного управления производством (ОУП) в условиях его цифровизации:

- Постепенный поэтапный переход к реальному масштабу времени;
- Построение на принципах логистического системного подхода;
- Проектирование в тесной взаимосвязи с техническим перевооружением производства в соответствии с качественно новым уровнем развития производительных сил, определяемым четвертой промышленной революцией и соответственно пятым и шестым технологическими укладами;
- Осуществление на базе эффективной организации производства с учетом лоскутности технологических укладов различных производственных систем;
- Перспективная реализация на объекте единого виртуального предприятия на принципах концепции «Индустрия 5.0».

Список использованных источников:

1. Industry 4.0: the fourth industrial revolution — guide to Industrie 4.0. — <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0>
2. Загидуллин Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Полная версия. Старый Оскол. Изд-во ТНТ. — 2020. — 416 с.

Анализ состояния гражданской авиации России под влиянием пандемии COVID-19

Войнов С.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Сивоплясова С.Ю.

МАИ, Серпухов

Гражданская авиация в современных реалиях выступает активным двигателем экономических отношений между государствами. Обеспечивая межрегиональный обмен товарами и оказывая услуги населению в перевозке пассажиров и грузов, авиационный транспорт характеризуется как одна из ведущих отраслей материального производства. В феврале 2020 г. человечество столкнулось с эпидемией пневмонии, вызванной коронавирусом COVID-19. Введенные меры по замедлению данной инфекции негативно сказались на экономических процессах во всем мире. В числе пострадавших отраслей народного хозяйства оказалась и гражданская авиация. По оценкам ИАТА, международные пассажирские перевозки снизились на 86,6% по сравнению с докризисным уровнем [5]. Также по оценкам агентства, внутренние пассажирские перевозки будут осуществляться значительно лучше, чем на международных рынках. Связи с этим, представляется важным рассмотреть состояние отечественной гражданской авиации.

Основным показателем работы авиакомпании можно считать пассажиропоток. Данный показатель отражает эффективность использования воздушного транспорта в той или иной стране или регионе. Анализируя динамику пассажиропотока, российские перевозчики в 2021 г. перевезли более 111 млн. пасс., что на 60,3% больше, чем в 2020 г., но на 13,4% меньше, чем в 2019 г. [1] Снижение потока в 2020 г. обусловлено наличием следующих факторов:

- Ограничительные санитарные меры по разрыву цепочек заражения;
- Медленное восстановление спроса и предложения на авиаперевозки как со стороны авиакомпаний, так и со стороны пассажиров.

Ведущие авиапредприятия, которые на протяжении многих лет демонстрируют стабильные и высокие показатели, в 2020–2021 гг. продолжили курс по укреплению своих позиций несмотря на ограничительные меры. Пятью лидерами отрасли (Аэрофлот, Сибирь, Победа, Россия, Уральские авиалинии) за 2 года было перевезено 47 342 021 и 72 843 805 пасс. соответственно, что в среднем составляет 68,1% от общего объема пассажирских перевозок в отрасли.

Не смотря на положительную динамику отраслевых показателей доходность многих из них сильно пострадала. В частности, по данным финансовой отчетности, Аэрофлот в 2020 г. получил убыток в размере 96 527 133 тыс. руб. В течении 2021 г., убыток снизился до 45 639 139 тыс. руб., однако ввиду роста себестоимости по основной деятельности авиакомпании не удалось выйти в «плюс» [2].

Отдельно стоит отметить на динамику безопасности полетов. Количество авиапроисшествий по данным МАК в 2020 г. составило 36 происшествий, что в пределах от среднего от количества случаев за 10 лет [4], даже не смотря на трехмесячную приостановку полетов из-за пандемии. При этом летальность происшествий в этом году гораздо ниже среднегодовых значений, что свидетельствует о существенных подвижках в обеспечении в государственной политике по обеспечению безопасности на авиатранспорте.

Не смотря на все проблемы, которые были обострены пандемией, государство стратегически относится к развитию гражданской авиации. Ярким примером выступает разработка самолета МС-21 — прямого конкурента в своем сегменте таким авиационным гигантам, как Airbus и Boeing [2]. Важнейшей задачей по развитию проекта представляется защита от последствий недобросовестной конкуренции и поиск безопасного и стабильного рынка сбыта, а также обеспечение автономности и технологической стабильности для удовлетворения спроса со стороны покупателей, и государство успешно решает эти проблемы.

Таким образом, можно отметить следующие аспекты, прямо влияющие на отрасль гражданской авиации в России:

1. Происходит восстановление пассажиропотока, что гарантирует наличие выручки в долгосрочной перспективе.

2. Темпов роста выручки еще недостаточно, чтобы покрыть себестоимость и прочие расходы авиаперевозчика (при текущем темпе роста выручки и себестоимости можно предположить, что Аэрофлот получит прибыль).

3. Государство активно работает над развитием гражданской авиации в России. Пандемия не сколько затормозила процесс, сколько «дала возможность» для отечественного авиастроения «разбавить» монополию европейских и американских конкурентов и восстановить статус самолетостроительной державы.

Список использованных источников:

1. Авиаперевозка пассажиров в России — итоги 2021 года // Aviastat.ru. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.aviastat.ru> (28.01.2022).

2. Бухгалтерская отчетность компании Аэрофлот // Aeroflot.ru. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ir.aeroflot.ru> (28.01.2022).

3. Ивашов Н. Композитные войны: MC-21 vs Airbus и Boeing // Журнал Эксперт. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mak-iac.org> (28.01.2022).

4. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2020 г. // МАК. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mak-iac.org> (28.01.2022).

5. Reduced Losses but Continued Pain in 2021 // IATA. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iata.org> (28.01.2022).

Цифровая трансформация — актуальная проблема управления: преимущества и недостатки

Волкова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Арсеньева Н.В.

МАИ, Серпухов

Невзирая на то, что представление «Индустрия 4.0» существовало установлено ещё в 2011 г. В Германии, повсюду встречаться стали с ним относительно не так давно. 60% абсолютно всех специальностей станет автоматизированное к 2030 г. С двадцати миллионов вплоть до пятидесяти миллионов работников области ИТ возникнет к обществу к 2030 г.

35,5 миллионов рабочих зон в Российской Федерации возможно заменить автоматизированными машинами, в таком случае это приведёт к тому, что примерно каждого 2-го работника на производстве ждёт сокращение. 53% сотрудников полагают, то, что автоматизирование системы существенно поменяют жизнь. Профессии станут устаревшими в течение очень короткого промежутка времени равному примерно 8-12 лет (только лишь 28% полагают то, что данное явление практически невозможно). 77% сотрудников станут должны в кратчайшие период времени получить новейшие умения либо целиком переобучаться во взаимосвязи с роботизацией обретают новейшие умения в сопоставление со 74% девушек.

Четвёртый индустриальный переворот (Промышленность 4.0) подразумевает новейшие аспекты по изготовлению, базирующейся в многочисленном введении информативных технологий в индустрии, глубокой автоматизации предпринимательственных действий также распространение синтетической умственной способности.

Достоинства 4 индустриальной революции бесспорны: увеличение производительности, значительная защищённость сотрудников из-за результата уменьшения работников зон в небезопасных местах работы, увеличение конкурентоспособности, сознательно новейшие продукты питания также почти все иное.

Аналогично абсолютно всем предшествующим индустриальным революциям, 4-ая изменит не только лишь изготовление, однако также целую нашу жизнедеятельность — экономику, отношения между людьми, даже в какой-то степени само понимание того, что

это значит — быть человеком. Искусственный интеллект и роботизация, интернет вещей (IoT) и 3D-печать, виртуальная и дополненная реальность, био- и нейротехнологии — эти новейшие методы на глазах становятся частью нашего повседневного существования.

Технологические Процессы формируют новейшие значения, однако имеют все шансы спровоцировать из-за собою также новейшие угрозы. К Примеру, сеть интернет предметов, повысит степень защищённости во населённых пунктах, уменьшит нагрузку в автотранспортную инфраструктуру, усовершенствует здравоохранение, гарантирует городским хозяйствам экономию электричества.

В таком случае ведь период продвижение IoT, точнее в целом, повысит непостоянность в множества областях экономики: большая часть новейших технологий порождает кратковременный бум также несерьёзные капиталовложения (равно как блокчейн также криптовалюты). Помимо этого, появятся новейшие трудности во сфере кибербезопасности: хакеры станут устремляться достать выгоду с распространения сети интернет предметов. Кибератак станет более, нежели если б в таком случае буква существовало.

Сеть Интернет предметов — данное теория узы передачи сведений среди приборами. Изнутри IoT общество имеют все шансы контактировать со «вещами», но «вещи» — контактировать среди собою.

Сеть Интернет предметов (IoT) связывает приборы во компьютерную линия также даёт возможность им составлять, исследовать, подвергать обработке также транслировать сведения иным предметам посредством программное предоставление, дополнения либо промышленные приборы.

IoT-приборы действуют без помощи других, несмотря на то общество имеют все шансы адаптировать их либо обеспечивать допуск ко сведениям. IoT-концепции функционируют во порядке настоящего периода также как правило заключаются с узы разумных приборов также облако платформы, ко каковой они подсоединены со поддержкой WiFi, Bluetooth либо иных разновидностей взаимосвязи.

Список использованных источников:

1. Агапова И.И. История экономики: Курс лекций. Учебное пособие. — М., Юристъ. — 2019.—172 с.
2. Бартенев С.А. История экономических учений. — М.: Инфра-М, 2020. — 455 с.
3. Борисов Е.Ф. Основы экономики: учебник для студентов ВУЗов/Е.Ф. Борисов.-М.: Юрист, 2019. — 333 с.

Экономическое состояние АКП (аэрокосмической промышленности)

Грязцова М.П., Старостина Я.П.

Научный руководитель — доцент, Курашова С.А.

СФ МАИ, Ступино

Постиндустриальная экономика — это экономика, главным положением работы которой служит получение научных знаний, использование ресурсов и средств, для промышленного и технологического прогресса. Среди важнейших направлений ее развития, таких как компьютерные технологии, ядерные исследования, биотехнологии в медицине и многих других, всегда присутствуют авиация и космическое пространство. Следовательно, неэффективное пользование и потеря дорогостоящего потенциала авиационно-космической промышленности — один из важнейших вопросов.

Сегодня Россия уже втянулась в процесс всемирной интеграции. В космической сфере на данном этапе 84% прибыли предприятий обеспечивается иностранными заказчиками.

В современных условиях отечественное авиастроение является самым перспективным направлением развития экономики России. Научно-технологические и производственные способности по многим параметрам, главным образом в боевом секторе авиастроения, пока ещё в значительной степени преобладают превосходствами в ведущих промышленно-развитых странах. Сохраняется присутствие российского авиационного промышленного производства на мировых рынках военной авиации. Успешное развитие отечественной

авиационной техники связано с жестким конкурентным соперничеством с мировыми лидерами, объединенными в крупные диверсифицированные авиаракетно-космические корпорации.

Международные системы координации авиационной деятельности и постоянно растущие требования, предъявляемые к авиационно-космической технике, к ее безопасности, надежности, экологичности, экономичности, нуждаются во многих преобразованиях и фундаментальных научных исследовательских разработках. Политика, устремленная на экспорт в новых сферах мировой экономики и предоставление большой группы услуг для заказчиков, первоначально начиная с основания аэрокосмического оснащения и завершая ее функционированием на рынках транспортировки, телекоммуникаций, связи, возможно создание роста макроэкономической производительности аэрокосмической совокупности. Экспорт, основанный на новых технологиях и знаниях, способен предоставлять более высокие темпы и стабильность ускоренного экономического нарастания, чем применение классических промышленных методик и вывоза топливных резервов.

Эту стратегию, нацеленную на повышение макроэкономической результативности отрасли, обычно определяют как стратегию национальной ответственности. На ее успешный результат позволяет надеяться факт спроса на продукцию новых аэрокосмических технологий в России.

Объемы и спектр технических достижений и интересов российской АКП очень велики, именно поэтому нельзя недооценивать её значимость для процесса развития всей отечественной экономики. В наши дни российская АКП значительно отрывается от своих внешних соперников по масштабам деятельности, что лишает предприятия России способности обращать ресурсы на развивающиеся новые проекты и инвестировать в них.

Таким образом, стратегия национальной ответственности и её благополучное исполнение в ближайшее время несомненно вызовет увеличение годового ВВП РФ, тем самым способствуя росту товарооборота российской АКП примерно в десять раз и увеличению доли России на мировом рынке до 8%.

Список использованных источников:

1. Любимцева С.В. Современные тенденции в организации производства в авиационной промышленности [Статья] // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 47, — 2018.
2. Кузьмина Л.В. Авиационная промышленность России: современные проблемы и перспективы развития [Статья] // Экономика и бизнес, — 2019.
3. Корень А.В. Стратегические аспекты развития авиационной промышленности [Статья] // Государство и транспорт, — 2017.
4. Бендиков М.А., Фролов И.Э. К проблеме выбора стратегии развития авиационной промышленности — Вестник МГОУ, 2011. — 24 с.

Значение семейственности самолётов в маркетинговом позиционировании на примере семейства CR929

Жульева А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калугина Г.А.

МАИ, Москва

В настоящий момент перед российской экономикой стоит задача диверсификации производства, что становится особенно актуальным в текущих условиях, когда в результате нескольких пакетов санкций, примененных западной стороной, особенно остро ощущается необходимость в наращивании гражданского несырьевого экспорта, особенно в области передовых технологий. Для России такой областью традиционно является авиационная промышленность, что напрямую связано с достижениями нашей авиации.

В последние годы основными проектами российской аэрокосмической промышленности являлись семейства самолётов MC-21 и Sukhoi Super Jet. Однако, несмотря на ожидаемый успех, они с трудом могут конкурировать со своими основными аналогами из линеек Boeing

и AIRBUS. Ожидается, что новый проект ШФДМС CR929, разрабатываемый совместно с китайским партнёром COMAC (Commercial Aircraft Corporation of China — «Коммерческая авиационная корпорация Китая») будет успешнее своих предшественников благодаря новейшим технологическим решениям, предназначенным для достижения более высокой экономической эффективности и более высоких экологических показателей.

Для продвижения нового проекта на российском, китайском и других международных рынках необходимо разработать особый маркетинговый комплекс и стратегию маркетингового позиционирования. Важно отметить, что маркетинговое позиционирование является одним из важнейших элементов системы управления товарным ассортиментом предприятия, в том числе и авиационного. Для эффективного формирования системы мероприятий, составляющих маркетинговый комплекс необходимо основательно исследовать потребности потенциальных клиентов и особенности конкурентных товаров. Актуальность такого исследования состоит в том, что для продвижения конкурентоспособного и экономически эффективного товара важно уметь грамотно продемонстрировать потребителю преимущества продукта, модели и модельного ряда по сравнению с аналогами.

Семейственность самолётов позволяет иметь явные конкурентные преимущества для авиакомпаний, т.к. для пилотов и обслуживающего персонала эти самолёты не отличаются друг от друга. Наличие разных типоразмеров самолётов в семействе, CR929-500 на 230 кресел с дальностью полёта до 14 000 км, CR929-600 на 280 кресел и дальностью полёта до 12 000 км и CR929-700 на 320 кресел, имеющий дальность полёта до 10 000 км, позволяет сначала обкатывать маршрутами на меньших версиях. Кроме того, при недостаточной загрузке или её превышении есть возможность замены судна на аналогичное с отличием только в количестве пассажирских мест. Также очень важным преимуществом в области экономической эффективности является возможность создания единых авиационно-технических баз, складов запчастей и дополнительного оборудования, общих для всего модельного ряда, что позволяет существенно сократить затраты на обслуживание.

Так, пример обладания семейством CR929 всеми необходимыми характеристиками, которые способны склонить выбор покупателя в его пользу, позволяет утверждать, что семейственность играет немаловажную роль в маркетинговом позиционировании.

Список использованных источников:

1. Калугина Г.А. Маркетинговые исследования авиационно-промышленных предприятий при формировании семейства самолетов // Труды МАИ. 2013. № 69.
2. Калугина Г.А., Ряпухин А.В. Методы цифрового маркетингового позиционирования на мировом рынке гражданских пассажирских самолетов // Бизнес-информатика. 2021. Т. 15. № 4. С. 36–49. DOI: 10.17323/2587-814X.2021.4.36.49
3. CR929 [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/CR929#cite_ref-21 (дата обращения: 21.02.2022)
4. CR929 [Электронный ресурс]: ОАК (Объединенная авиастроительная корпорация) Режим доступа: <https://www.uacrussia.ru/ru/aircraft/lineup/civil/cr929/> (дата обращения: 20.02.2022)

Анализ тенденций развития российского рынка региональных авиaperезовок

Захарьева Т.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калугина Г.А.

МАИ, Москва

Система региональных авиaperезовок является важной частью авиации в России и её регионах. Говоря о данном виде авиаобобщения обычно в первую очередь подразумевают полеты в Сибири и на Дальнем Востоке (Сибирский и Дальневосточный федеральный округа), так как они сильно отличаются от полетов в европейской части России.

Авиaperезовки в данных регионах осложняются из-за географических особенностей, низкого развития инфраструктуры, малочисленного населения и его низкой плотности, а также поселений, расположенных значительно удаленно друг от друга. Но даже учитывая

все эти неблагоприятные факторы авиасообщение играет важную роль, обеспечивая надежную и эффективную работу региональных логистических систем, стимулируя рост производства и развитие региональных экономик.

Авиаперевозки в регионах СФО и ДВФО являются почти единственным способом передвижения для жителей в силу сезонных паводков и экстремально низких температур зимой, но при всем при этом, не все могут позволить себе поездки на самолетах из-за их стоимости. Таким образом, особенно остро стоит задача обеспечения не только развития авиаперевозок в Сибири и на Дальнем Востоке, но и их доступности для больших слоёв населения.

Исходя из нынешней экономической ситуации, а именно санкций в авиационной отрасли, приостановки поставки в Россию лайнеров и авиазапчастей конгломератами Airbus, ATR, Boeing и Embraer, единственно возможным вариантом сохранения полетов на региональных маршрутах является использование техники отечественного производства.

Поэтому целью исследования является анализ перспектив применения на региональных маршрутах современных отечественных самолетов с учетом их технико-эксплуатационных характеристик.

Стратегия автоматизации управления персоналом в условиях цифровизации

Кайбелева В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Зубеева Е.В.

МАИ, Москва

Управление персоналом считается одной из самых важных сфер деятельности предприятия, способной во много раз повысить его эффективность. Результатом автоматизации управления персоналом является накопленная структурированная информация. Сегодня можно отслеживать, как развивался каждый сотрудник с самого начала его работы в организации. Если раньше были вынуждены заполнять такие документы вручную, то сейчас этот процесс стал полностью автоматизированным. Автоматизация сокращает время на обработку и сводит риск ошибок к минимуму. Более того, при анализе данных о сотрудниках организации автоматизация позволяет оценить эффективность отдельных департаментов.

Цифровизация — широкое внедрение цифровых технологий в различные сферы жизни с целью повышения её качества. В современном и развивающемся мире электронная среда затрагивает всё больше сфер деятельности не только человека, но и каждой организации. Быстрое развитие цифровых технологий коснулось и менеджмента, в деятельности которого есть такие составляющие, как ERP, CRM, BPM, HRM–системы:

Количество организаций, которые начинают внедрять эти системы в свою бизнес-среду стремительно увеличивается.

Внедрение автоматизированных систем для оценки персонала (АСОП) в организации дает возможность охватить оценкой практически весь кадровый состав, сэкономить временные ресурсы и трудозатраты при анализе результатов и формировании отчетов.

Подводя итоги, важно отметить ключевые элементы управления персоналом в условиях цифровизации:

- Организациям необходимо создать собственную стратегию управления персоналом, или HRM-стратегию;
- Цифровизация дает возможность быстрого развития
- Переход на электронные платформы и цифровая трансформация — важнейшее направление развития управления человеческими ресурсами;
- Важно создать систему обмена цифровыми стратегиями и опытом как внутри организации, так и за ее пределами, для её дальнейшего развития;
- Необходимо развивать цифровое мышление для дальнейшего использования.

Автономность не означает отсутствие человека. Как бы ни была важна цифровая трансформация в современном мире, человек является ее вершиной. На современном уровне развития полная автоматизация практически не применяется, так как функции контроля остаются за человеком.

Формирование системы мотивации при подготовке персонала для зарубежных высокотехнологичных предприятий аэрокосмической отрасли

Картузова А.А.

Научный руководитель — к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Формирование системы мотивации при подготовке персонала для зарубежных высокотехнологичных предприятий аэрокосмической отрасли

Внедрение системы мотиваций в государственном образовательном учреждении всегда сопровождается трудностями, такими как неконтактность студентов, длительное бюрократическое оформление, денежные затраты и временные затраты. Оттачивание работы данной системы требует постоянного внимания и совершенствования.

Система мотивации иностранных студентов МАИ была создана после задания руководства ЦОИГ (Центра обучения иностранных граждан управления международной деятельности МАИ), в котором говорилось, что студентам нужно уделять больше времени и внимания, создать систему поощрений, которая позволит улучшить посещаемость и успеваемость.

Система мотивации, разработанная по запросу ЦОИГ представляет собой совокупность поощрений и наказаний за выполнение или не выполнение регламентированных обязанностей. Она может распространяться как на всю группу в целом, так и отдельно на старост.

В МАИ на английской программе обучаются иностранные студенты из таких стран как Бангладеш, Египет, Пакистан, ЮАР, Эль-Сальвадор, Индия, Малайзия, Кения, Шри-Ланка, Зимбабве, Китай, Нигерия, Франция, Германия, Йемен, Португалия, Тунис.

Ещё до пандемии COVID-19 и введения карантина, существовал ряд проблем, которые, с приходом на дистанционный формат общения период 2020-2021 гг усугубились. Среди них:

- Плохая посещаемость
- Низкие оценки
- Малое количество культурных и развлекательных мероприятий для иностранцев
- Низкая ответственность старост групп
- Отсутствие поощрений за внеучебную деятельность
- Недостаточный авторитет администрации ЦОИГ

Для решения данных проблем были сформулированы правила, которые были озвучены студентам на собрании. На старост была возложена персональная ответственность за то, чтобы, информация была донесена до каждого члена их группы.

Передача требований выглядел следующим образом:

Требования к группам:

- Посещаемость выше 50% (каждую неделю группам присваиваются баллы за посещаемость),
- Образцовая успеваемость (по итогам сессии каждой группе присваиваются очки за успеваемость),
- Участие во внеучебной деятельности (за достижения в научной и культурно-массовой деятельности, студентам присваиваются баллы),
- Дисциплинированность (с группы не снимаются баллы, если в течение семестра студенты вели себя согласно уставу и правилам МАИ).

Требования к старостам:

- Контроль посещаемости студентов группы (баллы начисляются каждую неделю)
- Сбор информации и данных со студентов
- Доведение информации до своих одноклассников,
- Контроль сдачи учебников и зачетных книжек.

За каждую выполненную позицию в конце года начисляются баллы.

В целом, система оправдала себя. Успеваемость и посещаемость за первый семестр действительно улучшились (примерно на 12%)

Студенты довольны проводимыми в конце семестров мероприятиями (поход на каток, экскурсия в музей космонавтики, посещение аэротрубы, полет на самолете Cessna и т.д.).

Внедрение системы мотивации благоприятно отразилось как на работе международного отдела, так и вуза в целом.

Налажена связь с группой через старосту, что позволило разгрузить работников Международного отдела.

Репутация МАИ за рубежом, в том числе и за счет эффективной системы мотивации, которая приобретает у студентов популярность, растет. Как результат, по данным предоставленным приемной комиссией в 2021 (в ожидаемо убыточном) году, вузу удалось набрать запланированное количество иностранных студентов. Это означает, что программа Системы мотиваций работает и её развитие является актуальным.

Система мотивации требует непрерывного совершенствования. Возвращение к очной форме обучения позволит её расширить и сделать ещё более эффективной.

Ожидается, что к концу 2023 года можно будет повысить качество обучения студентов настолько, чтобы усложнить вступительные экзамены и бороться не только за количество принятых студентов, но и за их качество.

Список использованных источников:

1. Королева О. А. Особенности мотивации студентов к обучению // Человек, экономика, общество: грани взаимодействия: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 28 декабря 2019 г.: Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2019. URL: <https://apni.ru/article/217-osobennosti-motivatsii-studentov-k-obucheniyu> (дата обращения: 01.03.2022).

2. Мотивация трудовой деятельности В.А. Иванников // МГУ Факультет Психологии URL: http://www.psy.msu.ru/science/seminars/activity/materials/56_ivannikov.pdf (дата обращения: 21.02.2022).

3. Глухенькая, Н.М. Исследование систем управления: учеб.-метод. пособие / Н.М. Глухенькая. — Екатеринбург, УрФУ, 2012. – 83 с.

4. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2004.

5. Картузова А.А. Куриная М.А. СИСТЕМА МОТИВАЦИЙ КАК СПОСОБ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ПОВЫШЕНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ-ИНЖЕНЕРОВ МАИ, УДК 378.14.015.62, 2021, с. 139 — 142

Тенденции коммерциализации бизнес-авиации

Ким А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калугина Г.А.

МАИ, Москва

Бизнес-авиация представляет собой одну из важнейших составных частей глобальной транспортной системы. Всемирный опыт показывает, что она создает десятки тысяч рабочих мест и стимулирует экономический рост, обеспечивая успешную и безопасную транспортировку пассажиров и груза. Бизнес-авиация — это сектор авиации, принадлежащий к воздушным судам, эксплуатируемым или используемым компаниями для перевозки пассажиров и багажа, а также как дополнительный инструмент введения бизнеса компаний, в котором выполняются полеты, в основном не для общественного использования. На эти рейсы невозможно опоздать, у них нет расписания, а повлиять на вылет может лишь погода и желание пассажира. На сегодняшний день, в России как такого термина «бизнес-авиация» не существует, хотя сама сфера пользуется спросом и представлена в нескольких видах компаний и моделей самолётов.

Актуальность данной работы состоит в том, что на данный момент бизнес-авиация — это успешно развивающийся сектор авиации, который позволяет не только платежеспособному населению осуществить полет комфортно, но и распределять бизнес по регионам, а не концентрировать его в экономических центрах, благодаря размеру и малогабаритности. Несмотря на ограничения связанные с COVID-19, рынок бизнес-авиации

вырос, что говорит о перспективности данного сектора авиации. Что касается портрета потребителя, то за последнее время он поменялся и стал привлекать клиентов из развивающихся сфер (например IT-сфера); клиентов, выбирающих бизнес-класс (так как стоимость кресла практически сопоставимо с бизнес-классом, но при этом в бизнес авиации уже включены все вилп услуги, а также преобладает преимущество в экономии времени).

Цель данной работы — рассмотреть перспективы коммерциализации бизнес-авиации, а также проанализировать основные препятствия и проблемы.

Влияние декарбонизации экономики на машиностроительный сектор

Княжев Н.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Суркова Е.В.

МАИ, Москва

Мировая тенденция к сохранению текущих климатических условий накладывает на государства обязательства по становлению углеродно-нейтральными, которые отражаются на экономике отдельных субъектов, открытии и наращении новых производств и источников энергии. Такие изменения приведут к удорожанию стоимости производства энергоемкого производства.

Традиционные углеродные источники энергии — природный газ и нефть показывает высокую волатильность, если обратиться к биржевым котировкам, а именно, по фьючерсным сделкам, на которых и торгуются данные активы, то видно, что природный газ с февраля 2021 года по февраль 2022 года показал рост на 28,16%, нефть за этот же период возросла на 33,73% [1,2]. Такие колебания в цене происходят ввиду их существенной привязке к геополитической деятельности развитых и развивающихся рынков. По итогам 2021 года, в России посредством сжигания угля, как самого дешевого источника топлива, производилось 24% генерируемой энергии, в свою очередь по обязательствам Парижского соглашения по климату Россия вынуждена сокращать использование таких насыщенных углеродом продуктов в пользу менее агрессивных для экологии, которыми являются: возобновляемые источники энергии и атомная энергетика [3]. Однако переход к таким источникам должен быть постепенным и с использованием переходного топлива, на роль которого хорошо подходит природный газ, поэтому при наращении его использования стоит учитывать то, что генерируемая им электроэнергия будет стоить дороже, что также повлияет на издержки производства машиностроительных предприятий.

На мировом рынке данное сырье торгуется в долларах США, что в конечном итоге сможет положительно влиять на доходы государства. По версии аналитиков McKinsey, Россия потратит порядка 18% от совокупного ВВП до 2050 года на декарбонизацию экономики [4]. Таким образом, при глобальном энергетическом переходе будет наращиваться спрос на природный газ. Доходы, вырученные с его продажи, можно инвестировать в соответствующие государственные программы и государственные ассигнования, для большей конкурентоспособности экспорта энерго- и наукоемкой промышленности России на мировом рынке товаров и услуг.

Список использованных источников:

1. Фьючерсы на нефть марки Brent // tradingview.com. URL: <https://ru.tradingview.com/symbols/MOEX-BR1/>
2. Фьючерсы на природный газ // tradingview.com. URL: <https://ru.tradingview.com/symbols/NYMEX-NG1/>
3. Выбросы CO₂ от сжигания топлива. // Enerdata URL: <https://yearbook.enerdata.ru/co2/emissions-co2-data-from-fuel-combustion.html>
4. McKinsey оценила глобальный энергопереход в \$275 трлн // РБК. URL: <https://www.rbc.ru/economics/25/01/2022/61ee8ce79a79470df7c68ed6>

Анализ реализации Стратегий социально-экономического развития регионов РФ (Тульской, Тамбовской, Липецкой и Ивановской областей)

Костина Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Воронина Н.Ф.

МАИ, Москва

Стратегия социально-экономического развития региона (далее ССЭР) — это комплекс практически обоснованных и нормативно закрепленных мероприятий, мер и инструментов, которые направлены на решение задач эффективного социально-экономического развития региональных территорий и территории государства в целом в долгосрочной перспективе на основе анализа факторов внешней и внутренней среды, оказывающих влияние на развитие региональной территории, и планируемых показателей социально-экономического развития в соответствии с установленной ресурсной базой [1].

ССЭР позволяет реализовывать деятельность по развитию, привлечению внешних инвестиций и ресурсов через эффективное позиционирование территории, в долгосрочном периоде, поэтому обычно ее реализация происходит в несколько этапов. Процессы, направленные на преобразование территорий инертны, оценка результатов влияния реализованных мероприятий часто затруднена, т.к. на успешность развития в соответствии с ССЭР оказывает влияние большая группа взаимосвязанных факторов.

В качестве основной цели в ССЭР определяется устойчивое и сбалансированное пространственное развитие РФ, обеспечивающее развитие человеческого капитала [2], сокращение межрегиональных различий в уровне и качестве жизни населения, ускорение темпов экономического роста и технологического развития, национальную безопасность РФ.

Поэтому регулярное проведение анализа ССЭР важно для своевременного внесения корректировок, особенно в условиях современной действительности, связано с влиянием пандемических условий функционирования и высокой степени неопределенности влияния Covid-19.

Анализ ССЭР должен состоять из периодических отчетов руководителей по основным вопросам исполнения, применение мониторинга реализации ССЭР является необходимым для эффективного социально-экономического развития субъектов РФ.

Все данные области проводят Мониторинг социально-экономических показателей на настоящее время хотя бы раз в полгода. В связи с быстро изменяющимися условиями функционирования регионов, потребностями населения, необходимости перераспределения ресурсов в связи с ковидными условиями деятельности, проведение мониторинга требуется чаще, для выявления объективной ситуации.

Анализ выявил, что отставание в развитии областей связано с несвоевременным проведением мероприятий, направленных на сбор данных, нерегулярным мониторингом, в результате прогнозные мероприятия ошибочны и руководящие действия не позволяют эффективно использовать потенциал региона и формировать деятельность по его развитию.

Список использованных источников:

1. Стратегия социально-экономического развития региона. Справочник: Автор 24. [Электронный ресурс]. URL: https://spravochnick.ru/gosudarstvennoe_i_municipalnoe_upravlenie/strategiya_socialno-ekonomicheskogo_razvitiya_regiona/ (дата обращения: 19.10.2021).

2. Воронина Н.Ф. Human potential in the digital economy in modern Russia. III International scientific and practical conference "Digitale economy and finances". The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS, 2021 p.331-376. DOI: 10.15405/epsbs.2021.03.47

Актуальные проблемы и перспективы развития авиации

Кузбасова Э.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калугина Г.А.

МАИ, Москва

У России есть все возможности для восстановления региональной авиации. В Российской Федерации успешно реализуются проекты новых самолетов и вертолетов, но маршрутная сеть еще слабо развита. По мнению экспертов, в последние годы положение

российской региональной авиации заметно улучшилось. Драйверами положительных изменений стали модернизация воздушного флота, субсидирование транспорта, развитие лизинга и появление единой компании на Дальнем Востоке.

Необходимость разработки и реализации единой глобальной государственной программы развития авиации в РФ давно обсуждается на экспертном уровне, но до сих пор такой документ не принят. Отдельные вопросы, связанные с его развитием, рассматриваются в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года и частично реализуются Минтрансом России в действующих механизмах субсидирования и поддержки региональных и местных воздушных перевозок. Некоторые механизмы государственной поддержки развития авиастроения, например малой и региональной авиации, предусмотрены государственной программой «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» и реализуются ее ответственным исполнителем — Министерством промышленности и Торговля Российской Федерации.

В силу экономических особенностей авиастроения как отрасли — в первую очередь довольно значительной зависимости от производственных возможностей — невозможно достичь уровня производительности труда, рентабельности производства и себестоимости продукции, идущих в сравнение с соответствующими показателями международных крупнейших компаний, и ограничиться только вниманием на внутренний рынок Российской Федерации, составляющий в лучшем случае 3-4% мирового. Кроме того, современная мировая авиационная промышленность представляет собой глобальную сетевую структуру с развитой специализацией, расщеплением предприятий, поставщиков на несколько уровней и системных интеграторов. С экономической точки зрения оптимальной была бы глубокая интеграция российского авиапрома в эту глобальную систему разделения труда. Однако современные геополитические тенденции (весьма объективно определяемые экономическими, технологическими, экологическими и другими факторами) делают такую интеграцию для российских компаний рискованной, если не невозможной. Таким образом весьма актуальной становится задача по поиску доступных рыночных ниш для экспорта продукции гражданского авиастроения России и выработки конкретных мер, направленных на использование имеющихся возможностей.

Список использованных источников:

1. Программа развития малой и региональной авиации // Ассоциация Технологическая платформа "Авиационная мобильность и авиационные технологии" URL: <https://aviatr.ru/aviadevprog> (дата обращения: 15.01.2020).
2. Региональная авиация России и СНГ // Центр стратегических разработок в гражданской авиации URL: http://aviacenter.org/d/166600/d/o-perspektivah-razvitiya-rossiyskoj-grazhdanskoy--aviacii-i-samoletostroeniya-v-segmente-maloy-aviac_9.pdf (дата обращения: 03.02.2020).
3. Тихонов А.И. Конкурентоустойчивость компаний авиационной отрасли // Глобальный научный потенциал. 2019. № 9 (102). С. 130-134.
4. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. Факторы конкурентоспособности и перспективы развития российского гражданского авиастроения // Московский экономический журнал. 2017. № 3. С. 61.
5. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. Прогнозирование потребности в производстве продукции российского авиадвигателестроения на мировом рынке // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2017. № 1. С. 91 -109.

Разработка стратегического плана предприятия на примере ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева»

Кузнецова М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Комарова Н.В.

МАИ, Москва

Красногорский завод им. С. А. Зверева в настоящее время функционирует в очень подвижной сфере предпринимательской деятельности, поэтому разработка стратегического плана развития для данной организации является весьма актуальной.

По мнению специалистов, изучающих направление менеджмента, планирование стратегии предприятия — довольно сложный и долгий процесс. Разработка стратегического плана предполагает проведение определенных исследований, которые зависят от рода деятельности организации. Выводы, полученные из проводимых в данной области исследований, указывают на то, что единой концепции построения стратегического плана какого-либо промышленного предприятия не существует. Как правило, каждая организация преследует свои конкретные цели, например, выйти на зарубежный рынок, увеличить количество производимой продукции за определенный период времени или повысить качество, а, соответственно, и конкурентоспособность производимых товаров.

Каждое исследование имеет свою определенную логическую структуру. Прежде всего необходимо выделить проблему, с которой столкнулось промышленное предприятие. Они могут быть совершенно разными. К примеру, одна компания столкнулась с проблемой оптимизации плановых показателей, а другая с проблемой достижения конкуренции в своем сегменте рынка. Постановка проблемы связана с поиском противоречий, лежащих в основе научного исследования и порождающих ее возникновение. Здесь важно понимать, как их устранить.

Следующим шагом после поиска проблемы исследования является определение объекта и субъекта. Здесь всё намного проще. Объектом является само предприятие, а в предмете исследования фиксируется то свойство или отношение в объекте, которое в данном случае подлежит глубокому специальному изучению.

Немало важным является и постановка цели исследования, в данном случае найти идеальный для компании стратегический план развития, который соответствует уже целям самой организации. Стоит учитывать тот факт, что цели должны быть конкретизированы. Допустим, увеличить ежегодный объем продаж с 1 млрд. долларов до 2 млрд. долларов за 5 лет или же установить планку на то, что 40% от общего объема продаж должны приходиться на товары, выпущенные за последние 5 лет.

Достижение поставленной цели предполагает преодоление ряда действий, то есть задач исследования. Задачи научного исследования так же индивидуальны, как и цели. Самые распространенные задачи при исследовании стратегического плана промышленной компании — это проведение анализа внешней и внутренней среды предприятия, исследование рынка конкурентных организаций, занимающихся промышленным производством, определение миссии организации и анализ существующей стратегии развития. Но самой главной задачей является поиск альтернативных и более успешных стратегий развития предприятия.

Самая важная и при этом сложная часть любого исследования — это написание практического раздела. В данной части исследователь детально изучает поставленную проблему и в последствии предоставляет результаты проделанной работы. Всё это можно реализовать с помощью методов исследования. Они являются неотъемлемой частью процесса изучения предмета исследования и научной проблемы.

При составлении стратегического плана промышленного предприятия стоит учитывать следующие методы научного исследования: SWOT-анализ (определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз), PEST-анализ (анализ макросреды предприятия с точки зрения социальных, технологических, экономических и политических факторов), модель «Пять сил» М. Портера (определяет и анализирует пять конкурентных сил, которые формируют каждую отрасль, и помогает определить ее слабые и сильные

стороны), «Цепочка ценности» М. Портера (анализ конкурентной ситуации при помощи отдельных видов деятельности компании).

Ну и наконец заключительным этапом является формулировка выводов и оценка полученных результатов. В данном случае, план стратегического развития организации, который при написании научного исследования был обозначен как самый эффективный, вполне может быть реализован на практике.

Анализ авиационных происшествий в Российской Федерации за 2021 год по данным межгосударственного авиационного комитета

Лещева А.С.

Научный руководитель — Мессинева Е.М.

МАИ, Москва

Обеспечение безопасности полетов является одной из приоритетной задачей авиационной отрасли. Безопасность полетов оценивают по количеству авиационных происшествий, которые возникают за определенный период времени. Под авиационным происшествием обычно понимают событие с участием воздушного судна, приведшее к гибели или пропаже без вести кого-либо из пассажиров или членов экипажа. Подобными расследованиями занимается МАК (межгосударственный авиационный комитет), который является исполнительным органом межгосударственного Совета по авиации и использованию воздушного пространства СНГ, образованного государствами бывшего СССР для координации деятельности в области гражданской авиации и использования воздушного пространства. Сфера ответственности комитета затрагивает не только РФ, а также территории государств-участников. Помимо этого всю область за их пределами и другие государства в рамках соглашений. Основной принцип системы расследования МАК — независимость. МАК проводит независимые расследования авиационных происшествий, что согласуется с Рекомендациями ИКАО (международная организация гражданской авиации), ИАТА (международная ассоциация воздушного транспорта) и Директивой Европейского сообщества.

Задачами данной работы был анализ авиационных происшествий, зафиксированных в 2021 году по сравнению с данными предыдущих лет, а также разработка рекомендаций по уменьшению авиационных происшествий.

В 2021 году было зафиксировано 22 авиационных происшествия. Из них 18 было с жертвами, а 12 — без жертв. 11 происшествий было зафиксировано на частных воздушных судах. Из них 9 было с 21 жертвой и 2 случая без жертв. Согласно результатам расследования МАК за 2021 год было 80 жертв, и 1 человек пропал без вести.

Из анализа материалов расследований этих происшествий следует, что чаще всего причинами смертоносных происшествий на частных бортах — ошибки пилотирования. Самолеты государственных авиакомпаний потерпели крушения из-за технических неисправностей, неблагоприятных погодных условий, однако ошибки пилотирования были крайней редкой причиной происшествия. Основными причинами авиационных происшествий, не приведшие к человеческим жертвам, были техническая неисправность и неблагоприятные погодные условия.

Данные по авиационным происшествиям за прошлый год согласуются с данными за предыдущие года. Так, в 2018 году — 22 катастрофы с жертвами (128 погибших), а в 2019 году — 18 случаев катастроф с 70 погибшими, т.е. их количество, остается относительно постоянным.

Для того, чтобы уменьшить количество авиационных происшествий можно предложить следующие рекомендации:

1. Авиакомпаниям должны уделять необходимое количество часов на тщательную проверку судна.

2. Необходимо уделять особое внимание физическим потребностям членов экипажа, прежде всего на сон, так как зачастую у пилотов не хватает времени перестроиться на новые

биоритмы, что невозможно при совершении межконтинентальных перелетов. Стараться не допускать усталости, которая может спровоцировать невнимательность и приведение к авиакатастрофе из-за ошибок пилотирования.

3. Нельзя экономить на деталях, топливе и безопасности. Необходимо также не забывать про своевременное обновление парка воздушных судов.

4. Учебным заведениям, занимающимся подготовкой летного состава необходимо внимательнее относиться к обучению курсантов и своевременной переподготовки, например, в связи с пересадкой на другой тип самолета. Высокая квалификация персонала — ключевой фактор стабильного психологического фона пассажиров.

5. Обратит внимание на современное оборудование радаров, которые обеспечат уверенность пилотов завершить рейс без столкновения с каким-либо объектом.

6. Особое внимание необходимо уделить обучению авиадиспетчеров, так как от них зависит обеспечение безопасного, регулярного, упорядоченного и менее экономически затратного движения самолетов, вертолетов и воздушных судов.

Анализ данных МАК по авиационным происшествиям показал, что их количество в России находится на приблизительно постоянном уровне, основными причинами являются неблагоприятные погодные условия, технические неисправности и ошибки пилотирования. Предложенные в данной работе рекомендации, возможно, позволят со временем уменьшить число происшествий, а также количество жертв.

Перспективы развития водородного топлива в судоходстве

Молькова О.Ю.

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

МАИ, Москва

Водород известен, как самый легкий газ и занимает первое место в таблице Менделеева. Это важная часть будущего энергодоланса, которая позволит повысить энергетическую безопасность, уменьшить зависимость от нефти и снизить выбросы парниковых газов и загрязнение воздуха. Технология водорода и топливных элементов была определена как ранее неизвестная и важная энергетическая технология для сокращения выбросов парниковых газов на 60-80% к 2050 году.

Водород не более опасен, чем другие виды топлива, которые уже используются. При разработке энергетических установок на топливных компонентах необходимы противопожарные мероприятия при соблюдении правил и норм безопасности.

Когда водород используется в качестве топлива на судах, а на электростанциях применяются компоненты, работающие на водороде, можно добиться значительной экономии средств. Мои расчеты показывают, что судно мощностью 4 МВт может сэкономить 200 тонн топлива в месяц.

Основная идея водородных двигателей заключается в использовании чистых источников энергии, таких как солнце, ветер и ядерная энергия, для производства водорода путем гидролиза воды. В данном случае это способ экономии энергии, вырабатываемой электростанциями. Водород также можно сжимать и хранить в баллонах высокого давления (794 кг в 40-футовом контейнере с баллоном 25 МПа и 1050 кг в 40-футовом контейнере с баллоном 50 МПа) или сжигать при температуре 252°C и хранить в ЛОНС (жидких органических носителях водорода) — органических соединениях, которые могут поглощать и выделять водород в ходе химической реакции.) можно использовать для заполнения 40-футового контейнера 2 478 кг водорода; из 1 кубического метра ЛОНС можно произвести 57 кг водорода; в 40-футовом контейнере можно хранить примерно 3 200 кг водорода, что составляет примерно 1 600 кг, если рассматривать "вентилируемое" хранение.

На данном этапе ЛОНС находятся в стадии разработки, но предполагается, что в ближайшем будущем они будут доступны для применения на судах. Обычно это полиароматические молекулы с достаточным количеством двойных связей для присоединения и, при необходимости, дробления этих водородных молекул. Выделяющийся водород также можно использовать в топливных элементах и двигателях внутреннего

сторания. Эта технология относится к передовым современным материалам, таким как микрочастицы и нанотрубки, ионные жидкости и глубокие эвтектические композиции.

Базовую «новую жидкость» можно использовать многократно, и поэтому она особенно стабильна. Это развитие обеспечивает безопасную и рентабельную водородную инфраструктуру — от хранения до транспортировки и применения.

В мире много источников выбросов, способствующих глобальному потеплению: автомобили, энергетические системы, промышленность. Водород может быть использован во всех этих областях. При использовании этой топливной сборки водород оставляет наименьшее количество отходов, а единственным побочным продуктом, остающимся после использования, является вода, которая может быть использована для повторного получения водорода.

Разработка стратегии вывода продукта предприятия высокотехнологичной промышленности на международный рынок

Мухина А.М.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Данилочкина Н.Г.

МАИ, Москва

Маркетинг занимает важную позицию в любой организации. Особую роль в деятельности фирмы играет маркетинговая политика, определяющая полный комплекс маркетинга. Одним из её главных элементов считается политика продвижения товара в условиях рыночной экономики. В настоящее время ключевым направлением предприятия является разработка программы продвижения товара. Во внешнеэкономических отношениях одним из ключевых факторов для эффективной деятельности предприятия полагается его выход на международный рынок. Под продвижением понимается любой вид коммуникации, с помощью которого организация информирует потребителей о своем продукте, услуге, идее. Продвижение самолета — это процесс, который становится с каждым годом всё более сложным в связи с возрастанием конкуренции и увеличением числа различных торговых марок, которые привлекательны для потенциальных клиентов. Одной из наиболее распространенных стратегий международного маркетинга является программа выхода на внешний рынок выбранной страны с определенным товаром. Для каждой фирмы, которая желает присоединиться к международным экономическим отношениям, первоочередной задачей будет успешный выход на внешний рынок. В связи с этим фирма обращается к методам международного маркетинга. В центре внимания находится потребитель, и вся работа предприятия связана с интересами потребителя. В связи с тем, что конкурентоспособность организации зависит от того, как эффективно происходит продвижение её продукции на рынке данная тема очень актуальна на сегодняшний день. Это обосновано тем, что в большинстве компаний стоит вопрос о продвижении товара. Оно зависит от конкуренции на рынках товаров и услуг, конкуренции с иностранными и отечественными производителями. Из-за поверхностного подхода к разработкам программ продвижения, решения могут быть сомнительными или ошибочными, и, в конечном итоге, это может привести к лишним затратам и, следовательно, уменьшению конкурентоспособности организации. Основная цель данной работы состоит в том, чтобы на предприятии АО «Компания «Сухой» исследовать стратегические альтернативы по выводу товара на внешний рынок.

В исследовании рассмотрены:

- Теоретическая проработка возможностей решения проблемы исследования
- Произведен анализ отечественного опыта вывода продукта высокотехнологичной промышленности на зарубежный рынок
- Разработаны мероприятия по продвижению продукции на зарубежный рынок, а именно: выбрана маркетинговая стратегия, сформированы направления вывода товара на зарубежный рынок
- Произведена оценка целесообразности продвижения товара
- Произведена социально-экономическая оценка эффективности проекта

Список использованных источников:

1. Учебные пособия по профильным дисциплинам преподавателей каф. 501 издательства «Доброе слово».
2. Программа CR-929 ШФДМС 4.1. <https://www.uacrussia.ru/aircraft/lineup/civil/cr929/4.2>
3. Интернет ресурсы: <https://aviation21.ru/shirokofyuzelyazhnyj-dalnemagistralnyj-samolyot-cr929/>
4. <https://e-migration.ru/business/leasing/lizing-samoletov-vidy-osobennosti-i-stoimost.html>

Разработка стратегических механизмов повышения эффективности организации

Нгуен Тхи Фьонг Ан

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Барсова Т.Н.
МАИ, Москва

В условиях цифровой экономики и постиндустриального общества у предприятий больше возможностей для роста и инноваций, но они также сталкиваются с проблемами. Перед лицом изменений во внешней и внутренней среде предприятия, если предприятие не предвидит и не меняет свою стратегию вовремя, очень трудно выжить и работать эффективно. Это требует от предприятий достижения высокой степени уверенности при формулировании стратегий и управлении эффективными стратегическими механизмами. Актуальность темы доклада работы заключается в том, что формулировка и реализация стратегии развития организации является единственным подходом к прогнозированию будущих проблем предприятия и его возможностей для предприятия. Эффективность деятельности организации определяется способом стратегического управления. Таким образом, этот доклад направлен на разработку системы стратегического управления в контексте экономики 4.0 и множества новых задач, стоящих перед бизнесом.

Сегодня люди живут в новой эре, где главенствуют современная промышленность и цифровая экономика. Четвертая промышленная революция, в основе которой лежит цифровая трансформация, существенно повлияла на жизнь людей, а также на деятельность организаций по всему миру.

Цифровая экономика включает в себя экономические рынки, основанные на цифровых технологиях, для облегчения обмена и обмена товарами и услугами посредством электронной коммерции. Расширение цифрового сектора было важной движущей силой экономического развития в последние годы, и переход к некоторым цифровым мирам вместо этого оказал большее влияние на расширенное общество, потому что только цифровые технологии.

Чтобы выжить и развиваться в условиях цифровой трансформации экономики, бизнесу необходимо выстроить собственную систему стратегического управления. Стратегия организации представляет собой обобщенную модель, требуемую для достижения поставленных целей компании. В данном случае цели являются ключевыми результатами, к которым стремится компания.

Существует множество факторов, влияющих на формирование стратегии в организации. Во-первых, стратегия должна удовлетворять потребности потенциальных клиентов на каждом конкретном этапе и соответствовать видению, миссии и целям лидера. Приведенная выше модель показывает, что организационная стратегия также зависит от внешних условий (вызовы, возможности, политические, экономические, технологические, экологические изменения и т. д.) и внутри организации (производственные процессы, финансы, персонал, инициативы).

Эволюция системы стратегического управления имеет важные последствия для каждой организации. В условиях современной экономики и цифровой трансформации каждый бизнес должен быстрее реагировать на изменения и вызовы рынка, активно отслеживать и соответствующим образом корректировать стратегии. Это основной фактор,

способствующий развитию бизнеса, достижению целей и созданию большей ценности для общества.

Подход к построению системы стратегического управления в организации необходимо исследовать и внедрять в соответствии с процессом. Начиная с понимания организационного портрета, постановки соответствующих целей, менеджерам необходимо анализировать внешнюю и внутреннюю среду бизнеса, планировать стратегии, реализовывать и корректировать.

Роль информационных технологий в повышении оздоровительного потенциала при занятиях физической культурой

Нестеренко Я.А., Гаврилина Е.А.

Научный руководитель — доцент, Боброва О.М.
МАИ, Москва

В наше время информационные технологии всё больше входят в повседневную жизнь. Так, например в физической культуре, а особенно в повышении оздоровительного потенциала учащихся без них не обойтись. С помощью анализа научной литературы и изучения роли информационных технологий в повышении оздоровительного потенциала при занятиях физической культурой можно сделать небольшой вывод по теме моего исследования.

Информационные технологии — это важная вспомогательная составляющая обучения и физической подготовки учеников высших учебных заведений. Информационные технологии — это в первую очередь работа с большими объёмами информации. К примеру, данные об учениках в электронном виде уже нигде не покажутся открытием, ведь без них не представляется жизни, не говоря о связи с преподавателями.

Если рассматривать практические составляющие информационных технологий в оздоровительной физической культуре, то можно с уверенностью сказать, что применение современных технологий стимулирует познавательный интерес к физической культуре и, следовательно, способствует повышению качеству образования в целом. Недостаток специалистов в сфере оздоровительной физической культуры компенсируется за счёт использования специальных информационных технологий, которые снабжены специальным программным обеспечением.

Если окунуться в сферу лабораторного тестирования и рассмотреть автоматическую регистрацию результатов двигательных тестов, то, как для учеников, собирающихся заниматься оздоровительной физической культурой, так и для преподавателей, важно знать в каком физическом состоянии находится занимающийся. Это можно осуществить, детально расспросив занимающегося. Автоматизация этого процесса — относительно несложная задача, при которой информационным технологиям получается задавать определённые вопросы и, исходя из ответов, составлять список рекомендаций. Автоматизированная регистрация двигательных тестов выводит преподавательскую организацию на более высокий уровень. Она так же может выдавать ответ с предварительным анализом данных и последующей выдачей рекомендаций.

Как итог, имеем, что информационные технологи — есть средство и посредник между преподавателем и студентами на этапах становления учебного курса и проведение занятий, зависит как от целей обучения, так и от имеющихся ограничений, что позволяет максимально использовать индивидуальный подход в обучении.

Управление маркетингом взаимоотношений в условиях цифровизации

Половков Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Губанова С.Е.
МАИ, Москва

Современное рыночное функционирование хозяйствующих субъектов различных отраслей и сфер деятельности происходит в условиях становления и развития цифровой экономики. Цифровая экономика стимулирует развитие рынков, отраслей, платформ,

технологий, институциональной и инфраструктурной среды и определяет направления трансформации традиционных подходов к стратегическому управлению.

Концепция маркетинга взаимоотношений получает в современных условиях интенсивное развитие и отражает философию и стратегическую ориентацию бизнеса, фокусируемая на удержании существующих основных клиентов компании с помощью управления лояльностью всех участников товаропроводящей сети.

В концепции маркетинга взаимоотношений акценты смещаются с экономических категорий на неэкономические: доверие, приверженность, коммуникации. В связи с интенсивным развитием цифровых технологий и стремительным использованием потенциала сети Интернет возникает необходимость адаптировать маркетинг взаимоотношений хозяйствующих субъектов к конъюнктурно-конкурентным условиям среды их функционирования. Хозяйствующие субъекты имеют доступ к созданию собственных представительств в сети Интернет, использованию поисковой оптимизации сайтов, разработке систем продвижения продуктов в социальных сетях и укреплению взаимоотношений с клиентами.

Активная российская интернет-аудитория способствует развитию концепции маркетинга взаимоотношений в компаниях. Организации внедряют в свою маркетинговую деятельность CRM-системы — специализированное прикладное программное обеспечение, в котором заложен комплекс инструментов, которые способствуют повышению качества маркетинговых коммуникаций.

В конъюнктуре цифровой экономики клиенты становятся более требовательными и используют многочисленные каналы, чтобы взаимодействовать с компанией. Отзывы о продуктах в различных блогах и форумах, независимые рейтинги являются для клиентов одними из ключевых информационными источниками для принятия решения о покупке продукции. У целевой аудитории появляются высокие ожидания относительно полноты и доступности информации о продукте. Вся необходимая информация должна быть доступна онлайн в любое время, в любом месте, на любом устройстве.

Компании стараются фокусироваться на каждом отдельном клиенте и предложить ему в течение наименьшего времени наибольшее число актуальных продуктов с учетом его индивидуальных потребностей. Учет индивидуальных потребностей клиентов компании реализуется с помощью кастомизации. В перспективе организациями рассматривается возможность включить потребителей в совместную разработку и производство продуктов.

В рамках развития маркетинга взаимоотношений компании не только модернизируют и оптимизируют сайты собственных торговых марок, но и используют новые каналы коммуникации. Они проводят исследования актуальных для клиентов социальных медиа, интернет-ресурсов и мессенджеров и предоставляют потребителям возможность взаимодействовать с торговой маркой через различные каналы с высоким уровнем качества обратной связи.

Инновации в эпоху цифровой трансформации в авиационной отрасли

Симакова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Прозоров Д.Е.

МАИ, Москва

В условиях цифровой трансформации современного высокотехнологического предприятия инновационная деятельность является основным вектором его стратегического развития. Создание и применение в работе новой инновационной техники, высоких технологий и эффективное использование интеллектуального потенциала позволяют в значительной степени повысить конкурентоспособность организации, сформировать новые рыночные ниши, и сократить издержки. Цифровая трансформация высокотехнологичной организации авиационного профиля требует радикальных инноваций как менеджерских, так и производственных. При этом проектное управление реализуется на базе цифровизации бизнес-процессов, обеспечивающих системный подход к стратегическому развитию. На сегодняшний день, для повышения конкурентоспособности и эффективности

производственной системы, компании создают условия, позволяющие внедрять различного рода инновации. К таким условиям относятся:

1. организация управления проектами путём цифровизации;
2. обеспечение соответствия инновационных идей целям компании;
3. организация высокоэффективной системы, позволяющая провести отбор и дать комплексную оценку наиболее подходящим инновационным проектам;
4. ориентация на новый рыночный сегмент[2].

Наиболее значимыми инновационными направлениями в авиаотрасли являются:

1. Проектирование, разработка и внедрение инновационных проектов при строительстве аэропортов.
2. Разработка и создание телекоммуникационной инфраструктуры.
3. Использование биометрической идентификации.

Начало глобальной модернизации аэропортов было положено в 2020 г. На её реализацию было выделено 26,4 млрд. рублей. Проект по реконструкции аэропортов входит в состав «Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры до 2024 года». Процесс инновационной модернизации протекает с применением технологий информационного моделирования (BIM), что позволяет значительно уменьшить сроки выполнения работ и облегчает управление цифровыми проектными данными. При строительстве аэропортов нового поколения стали использоваться нанотехнологии и наноматериалы. В проектах реконструкции аэродромных покрытий применяются материалы и технологии, способствующие повышению надёжности и долговечности компонентов авиационных комплексов [1]. Основными элементами инновационной цифровой телекоммуникационной инфраструктуры выступает оформление электронных билетов и онлайн-продажи. Это позволяет в значительной степени минимизировать затраты на оформление и дистрибуцию, сам процесс продаж становится прозрачным, что приводит к отслеживанию заполняемости рейсов в режиме реального времени. В результате цифровизация процесса позволяет максимизировать прибыль. Инновационным аспектом цифровизации является биометрическая идентификация, обеспечивающая возможность быстро и безопасно собирать и обрабатывать необходимые данные о пассажирах. Данная система идентифицирует пассажира и связывает биометрический образ с электронными документами и посадочным талоном. Цифровая трансформация процессов на основе применения биометрии позволяет минимизировать контакты в условиях пандемии, процесс обработки данных значительно ускоряется, пропускная способность аэропорта увеличивается за счёт сокращения времени обслуживания пассажиров в терминале. Внедрение инноваций при создании цифровой среды в значительной мере способствует появлению новых интеллектуальных рабочих мест, появлению новых профессий, повышению эффективного использования человеческого потенциала работников высокотехнологичных организаций.

Список использованных источников:

1. Главные тренды в авиационной отрасли: цифровая экономика и новые технологии [Электронный ресурс] — <https://cyberleninka.ru/>
2. Цифровая трансформация авиаотрасли [Электронный ресурс] — <https://news.myseldon.com/ru/>
3. Цифровые технологии в авиационной отрасли. Шаг в будущее. — [Электронный ресурс] — <http://ntp1.ru/files/digest1902>

Исследования деятельности российских авиакомпаний в условиях санкций

Стебакова П.А.

Научный руководитель — к.э.н. Смирнова Т.В.

РГАТУ им. П.А.Соловьёва, Рыбинск

На сегодняшний день экономика России переживает нелегкое время, как в целом, так и в разрезе отдельных отраслей, в том числе и авиапромышленной отрасли. Подобная ситуация вызвана серьезными изменениями с 2014 в связи с воссоединением Крыма с Россией.

С 2014 г. наблюдались правовые риски, которые привели к санкциям против российских авиапоставщиков. По данным Bloomberg, с начала 2014 года курс доллара по отношению к рублю вырос на 12%, курс евро — на 5%. Из-за этого расходы авиакомпаний на лизинг и техническое обслуживание воздушных судов выросли более чем на 20%.

По оценке Ассоциации эксплантатов воздушного транспорта (АЭВТ), совокупный убыток российских авиакомпаний по итогам 2014 года вырос более чем в шесть раз, достигнув около 30 млрд руб. В 2015 году расходы авиаперевозчиков выросли на 15%, что вызвало необходимость принимать решения об увеличении тарифов авиакомпаний.

В результате роста цен на билеты, снизился объем перевозок, уменьшился пассажиропоток. Это заставило авиакомпании, например, S7 Airlines, Трансаэро и UTair, ввести следующие меры: ввод безбагажного тарифа, использование автоматизированной системы планирования рабочего времени летного и кабинного экипажей, оптимизация флота и маршрутной сети, а также численности персонала, перенос сроков поставок новых воздушных судов.

Сокращение парка позволило S7 отказаться от низкоходных маршрутов и сократить более 30% персонала — только на выплаты компенсаций уволенным 3000 летчиков было потрачено \$20 млн. Также авиакомпания нашла еще один выгодный путь выхода из сложной кризисной ситуации: она стала брать за продажи на своем сайте агентский сбор в 100 руб., что позволило и агентам брать такой же сбор с билетов — и зарабатывать больше, чем на билетах других авиакомпаний.

С февраля 2022 года, в связи со сложившейся политической обстановкой, российским авиакомпаниям вновь придется ощутить на себе трудности, связанные с реализацией текущей деятельности: наложены санкции против экономики России в целом, европейские страны закрыли воздушное пространство и т.п.

Однако, основная проблема заключается даже не в закрытии воздушного пространства Европейского Союза для российских авиакомпаний, а в еще одном пакете санкций, направленных на деятельность российской авиационной отрасли. Это заключается в следующем: осуществляется отзыв европейских самолетов, новые поставки запрещены, возможно техническое обслуживание и страхование воздушных судов, самолеты, сданные в лизинг по старым контрактам, должны быть возвращены лизингодателю в течение месяца. Если США поддержат подобные санкции против России, то авиационная отрасль может лишиться половины авиапарка.

По результатам исследования можно констатировать следующее, что деятельность российских авиакомпаний будет продолжаться, но ситуация может ухудшиться.

Можно выделить ряд проблем, которые необходимо решить в ближайшее время российской авиации для продолжения нормального функционирования отрасли: страхование воздушных судов, обслуживание и ремонт самолетов, эффективные действия против требований лизингодателей о возврате воздушных судов.

Список использованных источников:

1. Под крылом кризиса: как авиакомпании проходят "зону турбулентности" [Электронный ресурс] ТАСС [сайт] [2014]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/1777267> (дата обращения: 28.02.2022).

2. Жесткая посадка: четыре причины кризиса в российских авиакомпаниях [Электронный ресурс] РБК [сайт] [2014]. URL: <https://www.rbc.ru/business/30/09/2014/54296e44cbb20f29b924749c> (дата обращения: 28.02.2022).

3. Авиаэксперт рассказал о последствиях закрытия воздушного пространства Евросоюза для России [Электронный ресурс] Деловая газета Взгляд [сайт] [2022]. URL: <https://vz.ru/turbopages.org/vz.ru/s/news/2022/2/28/1146147.html> (дата обращения: 01.03.2022).

4. Как авиакомпания «Сибирь» превратилась из полубанкрота в успешный бизнес [Электронный ресурс] Ведомости [сайт] [2016]. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2016/03/14/633341-kak-aviakompaniya-sibir-prevratilas-polubankrota-uspeshnii-biznes> (дата обращения: 028.02.2022).

5. Самолеты российских авиакомпаний через месяц должны быть возвращены их владельцам в Европу [Электронный ресурс] Аргументы недели [сайт] [2022]. URL: <https://argumenti-ru.turbopages.org/argumenti.ru/s/society/2022/03/761885> (дата обращения: 02.03.2022).

6. Что произойдет с самолетами в России из-за санкций и как будем летать? [Электронный ресурс] ВЕСЬМА [сайт] [2022].

7. URL: <https://vesma.today/news/post/36040-что-произойдет-с-самолетами-в-россии> (дата обращения: 02.03.2022).

8. Авиакомпании РФ готовятся к работе в условиях санкций [Электронный ресурс] ИЗВЕСТИЯ [сайт] [2022]. URL: <https://iz.ru/1298520/2022-03-01/aviakompanii-rf-gotoviatsia-k-rabote-v-usloviiahk-sankcii> (дата обращения: 01.03.2022).

Верификация данных в цифровой среде на примере документации, разрабатываемой в рамках проведения космических экспериментов на МКС

Ступникова В.А.

Научный руководитель — Жуков С.В.

АО «Организация «Агат», Москва

На сегодняшний день международная космическая станция (МКС) — крупнейший объект на орбите Земли, когда-либо созданный руками человека [1].

На данный момент на МКС проводятся эксперименты в рамках более 60 исследований по таким направлениям как космическая биология и физиология, исследование земли из космоса, солнечная система и т.д. Планируется к проведению еще более 90 [2].

Объем обрабатываемой специалистами информации стремительно увеличивается вследствие роста количества проводимых на станции экспериментов, а также вводимых корректировок в нормативы и порядок подготовки сопроводительной документации. При этом научные данные аккумулируются и обрабатываются должным образом, однако обновлению, систематизации и верификации административных, организационных и финансовых документов уделяется не так много внимания, при этом оптимизация обработки данного типа информации позволит сократить сроки и трудозатраты на подготовку отчетных документов, а также упростить контроль соблюдения основных сроков по договорам. Административные данные также используются при прогнозировании сроков и определении приоритетности исследований, в условиях реализации текущих задач и в качестве исходной информации для оперативного и стратегического планирования. Оптимизация процесса обработки этих данных позволит повысить качество и скорость принятия решений. И это одна из основных целей цифровизации. Внедрение цифровых технологий в устоявшиеся системы стимулирует процесс преобразования первичных данных в полезные знания, в дальнейшем используемые в рамках совершенствования данных систем, в том числе с точки зрения повышения продуктивности и снижения трудозатрат [3].

Системы с низкой степенью автоматизации и интеграции со смежными системами обеспечивают не достаточный уровень взаимодействия процессов внесения и обработки данных и коммуникации основных отраслевых субъектов. При этом процесс верификации данных востребован не только в контексте проведения экспертных мероприятий, но также, например, с целью систематизации баз данных.

В 2021 г. на базе автоматизированной системы, предназначенной для управления проектами создания космической техники, интегрирующей функционал базы данных, сбора и формирования отчетности по проектам, а также ряд аналитических инструментов, был разработан модуль организации процесса проведения экспертизы достоверности вносимых пользователями данных по космическим исследованиям. За период тестовой эксплуатации была внесена информация по порядку 200 проведенным и проводимым исследованиям, из них верифицировано более 80.

Процесс внесения данных и их верификации происходит следующим образом: пользователи вносят информацию в систему, включая данные по содержанию,

финансированию, работам и срокам исследования. Затем внесенные объекты или их отдельные элементы по защищенным цифровым каналам связи отправляются на верификацию. Эксперты при получении заявок на верификацию осуществляют проверку данных согласно заранее разработанной методике и либо одобряют объект, либо отправляют на корректировку пользователю со списком замечаний. Пользователь вносит соответствующие изменения и отправляет на повторную верификацию. В случае одобрения объекта экспертами он приобретает верифицированный статус.

Разработанный продукт обеспечивает:

- Возможность коммуникации экспертов с исполнителями в рамках диалоговых окон отправляемых на верификацию объектов;

- Простой и быстрый процесс внесения корректировок в верифицируемый объект;

- Электронный обмен информацией;

- Унифицированный сервис обработки данных различных форматов;

- Адаптируемый и настраиваемый под пользователя интерфейс.

Можно отметить следующие результаты апробации системы:

- Систематизирована документация, разрабатываемая в ходе организации и проведения исследований на МКС;

- Оптимизированы процессы цифровизации и верификации данных;

- Обеспечена оперативность и достоверность предоставления данных.

Направления дальнейшего развития модуля верификации данных:

- Коммуникация экспертов и исполнителей;

- Обучение пользователей;

- Автоматизация бизнес-процессов;

- Пользовательский интерфейс;

- Доработка методики проведения экспертизы.

Список использованных источников:

1. Статья «О МКС»// [tsniimash.ru](https://tsniimash.ru/science/scientific-and-technical-centers/flight-control-center-fcc/international-space-station/about-the-iss/): Официальный сайт АО «ЦНИИмаш». 2022. URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-and-technical-centers/flight-control-center-fcc/international-space-station/about-the-iss/> (дата обращения: 15.02.2022)

2. Программа исследований// [tsniimash.ru](https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/research-program/?year=2019): Официальный сайт АО «ЦНИИмаш». 2022. URL: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/research-program/?year=2019> (дата обращения: 08.02.2022)

3. Цифровизация и цифровое развитие// rosinfostat.ru: сайт Росинфостат. 2022. URL: <https://rosinfostat.ru/tsifrovizatsiya/> (дата обращения: 17.02.2022)

Повышение устойчивости предприятия как фактор ускорения восстановления его деятельности в посткризисный период

Сухинин А.М.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Путятина Л.М.

МАИ, Москва

Посткризисное положение экономики России вызвано многими внутренними и внешними факторами, влияющими на экономическую устойчивость страны и ее предприятий. В виду цикличности кризисов в экономике, возникла проблема устойчивости предприятий к возникающим проблемам во внешней среде.

В связи с этим появляется большое количество задач стратегического направления по восстановлению докризисного уровня, которые возникают по мере стабилизации деятельности предприятий в посткризисный период и обусловлены следующими моментами:

- вынужденное (частичное) изменение специализации (диверсификации);

- необходимость выработки стратегии на основе реальных возможностей в условиях высокого уровня неопределенности;

- необходимость сравнения конкурентных преимуществ предприятий в процессе изменения приоритетов развития отраслевых интересов;
- важность оценки эффективности и рациональности управления ресурсами предприятий в сложившихся условиях [1].

Существует ряд основных направлений, способных обеспечить предприятию устойчивое развитие в сложившихся условиях, среди которых надо выделить:

1. Развитие экономического потенциала предприятия оценивается на основе анализа изменения его во времени. Совокупный экономический потенциал предприятия рассматривается как его комплексная характеристика, определяющая накопленные ресурсы и возможности. В состав экономического потенциала входят следующие потенциалы: трудовой, технический, организационно-технологический, инновационный и финансовый [5].

Каждая из приведенных составляющих в той или иной степени влияет на состояние предприятия, возможности его развития.

2. Развитие специализации (инновационное развитие) предприятия оценивается на основе:

- анализа диверсификации производства,
- углубления его специализации,
- использования эффективной кооперации производства,
- внедряемых инноваций и реализации инновационных процессов и т.д. [3].

3. Развитие результативности деятельности оценивается на основе анализа роста основных характеристик финансово-хозяйственной деятельности предприятия. Основу повышения результативности в посткризисных условиях для предприятия служит определение производственных и конъюнктурных резервов увеличения реализации продукции и прибыли на основе выявления выявленных резервов.

4. Развитие эффективности деятельности определяется на основе анализа роста показателей рентабельности всей производственно-коммерческой деятельности предприятия, а также роста показателей эффективности использования различных его ресурсов [2].

5. Развитие конкурентных преимуществ предприятия определяется на основе анализа изменения его положения в отрасли и на рынках выпускаемой продукции [4].

Повышение устойчивости предприятий в посткризисных условиях по основным направлениям обеспечивает ему фундамент экономического роста в перспективе.

Список использованных источников:

1. Бабкин А.В., Байков Е.А. Стратегическое планирование развития диверсифицированных компаний в условиях нестабильности: понятие, сущность, особенности // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. — 2016. — №4 (246). — С. 123–134.
2. Плоткина А.Р. Реструктуризация и переструктуризация промышленных предприятий в системе антикризисного управления / А.Р. Плоткина // Проблемы антикризисного управления и экономического развития (ПАУЭР- 2016) материалы III Международной научно-практической конференции. – 2017.– С. 231–236.
3. Ткаченко, И. Н. Цифровая экономика: основные тренды и задачи развития / И. Н. Ткаченко, Е. Н. Стариков. — DOI 10.18500/1994-2540-2020-20-3-244-255 // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. — 2020. — Т. 20, № 3. — С. 244–255.
4. Туктарова П.А. Формирование системы показателей деятельности промышленного предприятия в процессе идентификации кризисных явлений / П.А. Туктарова, Ю.Т. Мансурова // Вопросы экономики и права. – 2018. – № 4 (118). – С. 97–101.
5. Черненко В.А. Финансовый анализ. Учебник и практикум / С.С. Гаврилова, В.А. Макарова, Н.Ю. Шведова, О.В. Панфилова, Р.И. Присяжная, О.Е. Сахновская. – Москва, 2017. — 337 с.

Проблемы кибербезопасности в авиационной сфере

Удовиченко Ю.Д.

Научный руководитель — профессор, к.и.н. Бадаева Н.Н.

МАИ, Москва

В последние годы мы стали свидетелями довольно серьезных кибератак на крупные корпорации, важнейшую инфраструктуру всех видов, правительственные учреждения, малые и средние предприятия, и т.д. Характер этих атак, а также степень опасности и уровня сложности различен.

Как и следовало ожидать, авиационное управление не является исключением. Однако есть существенная разница с такими отраслями, как, например, финансовые услуги, система страхования или, например, электронная коммерция.

На транспорте, особенно в авиационном, ключевой вопрос — безопасность жизнедеятельности. Кибератака в аэрокосмической сфере в случае успеха приведет не только к огромным экономическим потерям, но и к полной катастрофе — многочисленным человеческим жертвам. К тому же может полностью разрушит доверие потенциальных пассажиров к бренду.

Степень угрозы кибератак понимают не только участники рынка, но также правители многих стран, ибо катастрофа может иметь международный характер.

В целях борьбы с киберопасностью для предотвращения кибератак, внедряются правила и положения, о которых будет доложено в докладе.

Анализируя ситуацию, пришли к выводу, что внедрение SITA Security Operations Center (SOC) может стать решением проблемы. SOC действует как кибердиспетчерская в объединении процессов, людей и технологий для обнаружения и предотвращения проблем, касающихся кибербезопасности.

Интегрированный характер отрасли требует авиационно-ориентированного подхода к безопасности. Что включает в себя определение бизнес-процессов и активов аэропорта, а также их оценку для того, чтобы выяснить, что первостепенно и важно.

Следует учитывать, что в этом процессе важную роль играет обмен полученными результатами. Только в этом случае возможно достичь наиболее высокой точности и значительно повысить рентабельность инвестиций.

Концепция повышения эффективности корпоративных расходов

Цуканов И.Р., Рысева П.В.

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

ПАО «Туполев», Москва

Осознавая важность работы с молодежью — молодыми работниками и специалистами в возрасте до 35 лет, с целью сохранения и развития кадрового потенциала предприятия, эффективного участия молодежи в реализации производственных планов, в смете социальных расходов часто предусматривают увеличенные размеры ежемесячной материальной помощи на компенсацию оплаты содержания детей сотрудников в детских дошкольных учреждениях. При этом величина выплат достигает до 1500 рублей в месяц на каждого ребенка и может быть направлена на частичную оплату содержания ребенка в частном, государственном или муниципальном дошкольном образовательном учреждении.

Материальная помощь на компенсацию оплаты содержания детей сотрудников в детских дошкольных учреждениях от предприятия через работника создает прибыль стороннего детского дошкольного учреждения, тем самым не выполняя концепцию «внутренних расходов» для повышения эффективности корпоративных расходов, т.е. когда материальная помощь, социальные выплаты и заработная плата тратятся работником внутри предприятия, создавая прибыль этого предприятия. Яркими примерами данного принципа являются:

- Организация столовой на территории предприятия, что подталкивает работников не посещать частные предприятия общепита и не заниматься покупкой продуктов и приготовлением пищи дома;

- Мотивирование посещения работниками (не посещающими столовую) столовой на территории предприятия введением карточек для компенсации части стоимости питания;

- Организация кафетерия на территории предприятия на базе столовой, вместо установки частных вендинговых автоматов;

- Проведение внутренних спортивных соревнований, фестивалей и туристических мероприятий, вместо оплаты стартовых взносов и заявок для участия в излишнем количестве внешних соревнований;

- Создание молодежных научно-технических союзов с системой членских взносов в уставной капитал для формирования бюджета и стратегии развития перспективных разработок и идей;

- Формирование собственного парка пассажирских, грузовых и специальных автомобильных транспортных средств, а также технологического и энергетического оборудования, вместо лизинга и долгосрочной аренды;

- Организация внутрифирменных учебных центров (как по направлениям управленческой подготовки, так и по работе в прикладных программах) вместо приглашения или выезда в специальную внешнюю организацию, занимающуюся обучением персонала;

- И т.д.

Таким образом, одной из задач предприятия, обеспечивающих его стабильную работу и развитие, является создание условий, позволяющих сохранить материальные и социальные выплаты внутри предприятия, а также мотивировать работника производить расходы материальных и социальных выплат и заработной платы внутри предприятия. Поэтому целесообразно ежемесячную материальную помощь на компенсацию оплаты содержания детей сотрудников в детских дошкольных учреждениях направлять на покрытие части расходов на содержание детской комнаты или групп по присмотру и уходу за ребенком на территории предприятия, или в отдельно экономически-обоснованных случаях корпоративного детского сада полного или кратковременного пребывания.

Качество человеческого капитала является главным ресурсом любого предприятия, особенно, аэрокосмической отрасли. Ослабление человеческого капитала, в том числе из-за невозможности выхода на работу по причине отпуска по уходу за ребенком в возрасте до 3-х лет, снижает конкурентоспособность наукоемких и высокотехнологичных предприятий. В постановлении Правительства РФ № 303 от 15 апреля 2014 г. «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности» сформулирован один из факторов, сдерживающих развитие авиационной промышленности — недостаточное количество высококвалифицированного научного, инженерно-конструкторского и производственного персонала. С учетом этого, а также для повышения эффективности корпоративных расходов, организация детской комнаты, групп по присмотру и уходу за ребенком или корпоративного детского сада полного или кратковременного пребывания может являться выгодной как для предприятия, так и для работника.

Особенности реализации высокотехнологичной продукции в условиях COVID-19

Чугунов Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Арсеньева Н.В.

МАИ, Москва

Каждый человек, хотя-бы раз, слышал о высокотехнологичной продукции. Такая продукция применяется повсеместно: в военной технике и оружии, космических технологиях (двигатели и ракеты), авиации и автопромышленности, железнодорожных технологиях, судостроении, энергетике, атомных технологиях, медицине, промышленном оборудовании, в робототехнике и информационных технологиях. Для каждой сферы

требуются свои высокотехнологичные детали и изделия, которые изготавливаются предприятиями наукоемких отраслей с использованием новейших разработок и технологий квалифицированными специалистами.

В процессе реализации высокотехнологичной продукции появляется объективная необходимость в разработке такой товарной номенклатуры, чтобы она соответствовала ожиданиям и удовлетворяла требованиям потребителей. Сущность планирования, формирования, реализации и управления номенклатурой высокотехнологичной продукции заключается в том, что товаропроизводитель своевременно разрабатывает и предлагает определенную совокупность товаров, которые, соответствуя в целом профилю его производственной деятельности, наиболее полно удовлетворяют требованиям определенных категорий потребителей.

В период пандемии COVID-19 было введено множество ограничений, нововведений и стратегий в производстве и реализации высокотехнологичной продукции.

Что касается ограничений, то в связи с эпидемиологической обстановкой были применены:

- Перевод сотрудников на дистанционную работу с предприятия до 50% личного состава, чье присутствие на производстве необязательно;
- Ограничение производства и/или невыполнение целей на предприятии, из-за нехватки специалистов по причине болезни и/или карантинных норм;
- Нехватка основного материала и ресурсов, в связи с падением их добычи и производства.

Данные ограничения негативно влияют на выполнение заказов, как в качестве, так и в количестве, но выполняют важную миссию, спасают человеческие жизни. Материал, изделия и заказы можно будет добыть, создать и заказать в ближайшее время, а вот восполнить человеческие ресурсы с узкоспециализированными знаниями, богатым опытом практики найти будет очень трудно.

Что касается нововведений, то в связи с эпидемиологической обстановкой были применены:

- На производствах были успешно внедрены роботизированные и автоматические системы, заменяющие работников, в условиях производства высокой точности (для сотрудников были предложены новые рабочие места);
- Открыты новые порталы и инструменты для дистанционной работы, что способствовало ускорению трудовых процессов, информирования сотрудников и составление договоренностей с потенциальными потребителями;
- Появились дополнительные курсы по личностному развитию и переподготовки кадров, не только по профильному направлению, но и направлениям второстепенным и личным предпочтениям сотрудников.

Данные нововведения отрицательно влияют на рабочие места, но позитивная тенденция состоит в ускорении процесса информирования, обогащения личного состава новыми навыками и знаниями, а также ускорения процесса коммуникации с потенциальными покупателями, другими фирмами и составление договоров.

Что касается стратегий, то в связи с эпидемиологической обстановкой были применены:

- Многие производства решили перейти на дистанционный формат заключение сделок: интернет-сайты, интернет-магазины, поиск покупателей и заказчиков на специальных сайтах и предоставление всех характеристик и номенклатуры на одной странице;
- Стратегия продвижения товара в сети Интернет, стала более гибкой и агрессивной, появилось множество потенциальных заказчиков и покупателей, различные предложения и маркетинговые инструменты стали еще более востребованы.

С приходом такой страшной эпидемии, как COVID-19, мир столкнулся с множеством проблем в различных сферах и отраслях, с противоречием устоявшегося традиционного с новым и инновационным. Человечество быстро среагировало на все трудности и преграды, что способствовало в кратчайшее время адаптироваться к новым условиям, без особого

вреда для производства, реализации и предоставления услуг и товаров, в том числе и высокотехнологичной.

Список использованных источников:

1. Зайцев, Г.Г. Управление человеческими ресурсами: учебник / Г.Г. Зайцев. — М.: Academia, 2018. — 352 с.

Современные маркетинговые способы привлечения капиталов в космическую отрасль

Шакин А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

В современном мире средства массовой информации играют очень важную роль. Хотим мы или не хотим, но остаться в стороне от событий, происходящих вокруг просто невозможно.

За последние пару лет всё чаще можно встретить различную информацию, связанную с космической индустрией. Запуски ракет-носителей SpaceX, перспективы МКС, космический туризм и полёты миллиардеров в космос и около космическое пространство, съёмки первого в мире фильма в космосе, заявление о том, что в ближайшие 5-10 лет будет совершён первый полёт человека на Марс, а в дальнейшем и его колонизация.

Даже человек, который специально не следит за происходящим в этой области, знает кто такие Рогозин и Илон Маск, что есть Роскосмос и НАСА.

Активное развитие и частое упоминание в СМИ привлекают к отрасли не только внимание обывателей, но и капиталы инвесторов.

Инвестиций со стороны государств, частных инвесторов становится всё больше и больше. В свою очередь на полученные от инвесторов капиталы, компании космической отрасли воплощают в жизнь свои новые проекты и инновации, о которых затем напишет СМИ и привлечёт, тем самым, ещё большее количество капитала и не только материального.

В мире существует три вида капитала — материальный, физический и человеческий. И сегодня, становится абсолютно ясно, что самый ценный из них — человеческий. Инвестиции в человека дают отдачу в разы больше, чем вложения в недвижимость или технологии.

Современные дети живут в эпоху инноваций, они, как и взрослые, а порой и больше, в силу своей любознательности и доверчивости, подвержены влиянию СМИ. Когда в маленьком ребёнке зарождается интерес, а следом фантазия и идея, которые в дальнейшем задают вектор направленности всей его жизни — самое время для инвестиций. Инвестиций, которые бесценны. Эти инвестиции в дальнейшем позволяют воплотить в реальности то, что современному взрослому человеку даже невозможно представить.

Маленький ребёнок с мечтой внутри, идущий на встречу к ней, несмотря на преграды. За ним будущее!

Инновационные решения креативной экономики в авиации

Яблокова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калугина Г.А.

МАИ, Москва

Термин «креативная экономика» стал известен в 2000 году из британского журнала BusinessWeek. В России креативная экономика появилась и существует давно, но учитывать ее вклад в ВВП ученые стали недавно. В настоящее время в России ведется сырьевая политика, но это не мешает развитию креативных сфер экономики: создаются бизнес-инкубаторы, ИТ парки, благодаря которым развивается творческое мышление у людей. После 2020 года, отмеченного влиянием пандемии коронавируса на мировую экономику, на фоне существующих проблем в креативной экономике в России, многие заговорили о возникших проблемах связи с пандемией коронавируса.

Основные убытки от коронавируса понесли микропредприятия, а также самозанятые. Из-за отмены деловых, спортивных, культурных и развлекательных мероприятий был спровоцирован кризис в подсекторах и смежных сферах: реклама, мерчандайзинг, сувенирная отрасль, издательство и другие.

До появления коронавируса в креативной экономике уже существовал ряд серьезных проблем:

1 — Ориентация на сырьевой и индустриальный сектора экономики. На сегодняшний день в РФ можно наблюдать проблемы в творческом секторе: Раздробления в сфере творческой индустрии профессиональных сообществ; сбор информации по творческим секторам затруднен, необходимо обрабатывать значительный объем информации для получения нужных данных.

2 — В РФ отсутствует единая стратегия развития креативной экономики. В основном она исследуется учеными-экономистами, а их выдвигания не воплощаются в жизнь.

3 — Творческая индустрия и креативное предпринимательство (дизайн, разработка игр) мало инвестируется.

Чтобы повысить уровень развития креативной экономики в РФ, следует прибегать к следующим мерам:

1 — Создавать творческие бизнес-инкубаторы и креативные площадки.

2 — Инвестировать в креативное предпринимательство.

3 — Поддерживать и модернизировать образование в сфере творческих индустрий.

4 — Провести анализ возможностей и проблем местной креативной экономики методом картирования.

5 — Разработать стратегию креативного развития страны и ее регионов.

Пандемия не оставила в стороне и авиационную индустрию. Прекращение авиаперевозок и закрытые границы принесли колоссальный убытки авиакомпаниям. Ввиду длительного периода неиспользования авиатехники выросли расходы на наземное обслуживание самолетов, а также на подготовку персонала к восстановлению полетов. Еще один фактор — падение цен на нефть. Из-за резкого снижения цен на нефть и сокращения авиапарка: вопрос о новых самолетах с более экономичными двигателями стал менее актуален. Но несмотря на все убытки, пандемия коронавируса принесла цифровую трансформацию авиаотрасли:

1 — Переход к моделированию транспортных потоков в режиме реального времени.

2 — применения технологии прогнозной аналитики отказных состояний.

3 — Перевод перевозочных документов в электронный вид.

4 — Мобильная отчетность о задержке багажа, информация об отслеживании багажа в режиме реального времени.

Благодаря пандемии коронавируса на сегодняшний день наблюдается рост солидарности, а также появление новых форм кооперации участников креативной сферы. Коллективное обсуждение текущих проблем и разработка антикризисных решений стали поводом для активного сотрудничества, как на национальном, так и на международном уровне.

Секция №9.2 Управление качеством

Индексы воспроизводимости процессов по Тагути и влияние на них вариабельности систем измерения

Ахметова Е.А.

Научные руководители — к.т.н. Шпер В.Л., Смелов В.Ю.

НИТУ «МИСИС», Москва

1. Индексы воспроизводимости процессов.

Самым простым ИВП следует считать C_p . Данный индекс определяется по формуле:

$$C_p = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma} \quad (1)$$

где ВГД и НГД — верхняя и нижняя границы допуска, соответственно, а σ — это оценка внутригруппового стандартного отклонения, определяемая по формуле:

$$\sigma = \frac{R}{d_2} \quad (2)$$

где R — средний внутригрупповой размах, и d_2 — зависящая от объёма группы константа для оценки стандартного отклонения.

Индекс C_p применяют в тех случаях, когда процесс настроен точно на середину поля допуска. Если настройка процесса отклоняется от середины, нужно использовать другой индекс — C_{pk} :

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{ВГД - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - НГД}{3\sigma}\right\} \quad (3)$$

где \bar{X} — это среднее арифметическое по нашим данным.

Если величину стандартного отклонения в формулах (1) и (3) вычислять не по формуле (2), а по формуле (4):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

то вместо индексов C_p и C_{pk} получаем другую пару ИВП — P_p и P_{pk} . Стандарты рекомендуют применять индексы C_p и C_{pk} для стабильных процессов и коротких промежутков времени, а индексы P_p и P_{pk} — для нестабильных процессов и длительных времён.

Мы решили добавить к ним ИВП, тесно связанные с идеей функции потери качества, предложенной в работах Генити Тагути, так как эти индексы более информативны в тех случаях, когда процесс имеет заданную цель, важную для потребителя.

$$C_{pT} = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma T} \quad (5)$$

где

$$\sigma T = \sigma \sqrt{2 + (\frac{\bar{X} - T}{\sigma})^2} \quad (6)$$

где T (Target) — целевое значение процесса.

2. Работа с индексами Тагути.

Мы рассмотрим только изменение расчётной доли брака в зависимости от смещения среднего процесса (\bar{X}) к его цели (T). Если процесс стабилен и нормальность параметров имеет место, то доля брака (ДБ) при заданных НГД и ВГД описывается уравнением (7):

$$ДБ = 2 - \Phi(3 \cdot CPL) - \Phi(3 \cdot CPU) \quad (7)$$

где Φ обозначает кумулятивную функцию нормального закона, а индексы CPL и CPU равны:

$$CPL = \frac{\bar{X} - НГД}{3 \cdot \sigma} \quad (8.1)$$

$$CPU = \frac{ВГД - \bar{X}}{3 \cdot \sigma} \quad (8.2).$$

Из уравнения (6) имеем:

$$\sigma T = \sigma \cdot \sqrt{1 + (\frac{\bar{X} - T}{\sigma})^2} \quad (9)$$

Подставляя (10) в (8), получаем

$$ДБ(z) = 2 - \Phi(\bar{X} - НГД / \sigma \sqrt{1+z}) - \Phi(ВГД - \bar{X} / \sigma \sqrt{1+z}) \quad (10)$$

где σ — это обычное стандартное отклонение, определяемое формулой (2) или (4), а буквой z мы обозначили величину $\frac{\bar{X} - T}{\sigma}$.

3. Влияние класса системы измерений на ИВП по Тагути.

В работе [1] было предложено использовать подход Д. Уилера [2] по классификации систем измерения, но с другими границами. Из определения внутриклассового коэффициента корреляции (ICC) следует, что

$$\sigma M = \sigma P \sqrt{ICC} \quad (11)$$

где σM — это стандартное отклонение результатов измерений, а σP — это значение стандартного отклонения изделий, без учёта вариальности системы измерений. Подставляя (11) в (6) и заменив σ в (8.1) и (8.2) на (9) вместо формулы (8), получим

$$ДБТ = 2 - \Phi(\bar{X} - \text{нгД} \sqrt{\sigma P ICC}) / \sigma + (\bar{X} - T) / 2 - \Phi(\text{ВГД} - \bar{X} \sqrt{\sigma P ICC}) / \sigma + (\bar{X} - T) / 2 \quad (12)$$

ДБТ — доля брака для ИВП по Тагути с учётом вариальности системы измерения.

ДБТ₀ — доля брака для ИВП по Тагути без учёта вариальности системы измерения, то есть при ICC = 1.

Влияние вариальности системы измерения на оценочную долю брака можно оценить соотношением ДБТ/ДБТ₀.

Выводы.

Таким образом ИВП по Тагути имеют существенное преимущество с точки зрения оценки качества процесса при наличии целевого значения. Кроме того, существенное влияние на значение ИВП по Тагути оказывает вариальность системы измерения так, что для более качественных процессов влияние вариальности системы измерения выше. Более качественным в данном контексте мы называем такой процесс, у которого 1) отклонение настройки процесса от целевого значения меньше, а 2) требуемое значение ИВП по Тагути больше. При этом первый критерий более значимый, чем второй.

Список использованных источников:

1. Смелов В.Ю., Шпер В.Л. Методы SPC и MSA — проблемы и перспективы. — Контроль качества продукции, 2022, №1, с.32-39.
2. Wheeler D. (2006). EMP III (Evaluating the Measurement Process): Using Imperfect Data. — SPC Press, Knoxville, Tennessee. — 316 P.

Интегрированные системы менеджмента адаптированные к конкретным секторам промышленности

Ахрамович А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Интегрированные системы менеджмента как таковые включают требования нескольких международных и/или отраслевых стандартов в области менеджмента. Чаще всего объединяются требования следующих стандартов:

- ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования;
- ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению;
- ГОСТ Р ИСО 45001-2020 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению.

Классическое объединение требований к системе менеджмента качества, системе экологического менеджмента и системе менеджмента безопасности труда и охраны здоровья вызвано желанием организаций обеспечить наиболее стабильное положение на рынке и гарантировать устойчивое выполнение актуальных требований в области экологической и производственной безопасности.

Однако, на ряду с развитием тенденции в международной стандартизации, созданием стандартов общего характера для организаций различных отраслей, нельзя не обратить внимание на развитие отраслевых стандартов менеджмента, направленных на конкретные отрасли промышленности, регламентирующие дополнительные характерные для конкретной отрасли требования. Внедрение подобных отраслевых стандартов менеджмента существенно расширяет количество требований, которым должна соответствовать организация,

расширяет систему документации и усложняет процедуру проверки действующих систем менеджмента. Примерами таких стандартов могут служить:

- Для предприятий авиационной, космической и оборонной отраслей — AS/EN 9100. «Системы менеджмента качества. Требования к авиационным, космическим и оборонным организациям»;
- Для предприятий нефтегазовой отрасли — СТО Газпром 9001-2018 Система менеджмента качества. Требования;
- Для предприятий непосредственно или опосредованно занимающихся разработкой и постановкой на производство военной техники — ГОСТ РВ 0015-002-2020 Система менеджмента качества. Требования;
- Для предприятий пищевой промышленности — ГОСТ Р ИСО 22000-2019 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции.

Так или иначе отраслевые стандарты систем менеджмента базируются на требованиях и структуре стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, поэтому автоматически отвечают требованиям данного стандарта. Таким образом, в рамках интегрированных систем менеджмента следует выделять дополнительные требования отраслевых стандартов для их четкой идентификации относительно общих требований и своевременной актуализации в связи с выходом новых версий соответствующих стандартов.

СТО Газпром 9001-2018 существенно расширяет и дополняет требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Примерами подобных специфических требований служат следующие положения:

- Обязательное наличие руководства по качеству (п. 4.3.2);
- Обязательное наличие организационной структуры как документированной информации (п. 5.3.2);
- Обязательное наличие структурного подразделения, координирующего деятельность по разработке, внедрению и поддержанию, системы менеджмента качества организации (п. 5.3.2);
- Обязательное наличие представителя высшего руководства в области качества (п. 5.3.3);
- Обязательное наличие такого документа как бизнес-план (п. 6.2.4);
- Наличие требований к мотивации персонала (п. 7.1.2.2);
- Наличие требований к подтверждению квалификации для особо ответственных процессов (п. 7.2.3);
- Наличие требований к разработке и управлению планами качества (п. 8.1.3);
- Наличие требований к специальным характеристикам продукции и особо ответственным процессам (п. 8.2.2.2);
- Наличие требований к управлению процессом закупок (п. 8.4.1.2);
- Наличие требований к разрешению потребителя на отклонение (п. 8.7.4);
- Наличие требований к выявлению необходимости и способов применения статистических методов (п. 9.1.3.3);
- Наличие требований к частоте аудитов (п. 9.2.4) и их объектам (п. 9.2.3).

Характер реализации подобных дополнительных требований отраслевых стандартов так или иначе регламентируется в документированной информации интегрированной системы менеджмента, а результат выполнения таких требований чаще всего приводит к формированию дополнительного пакета документов (записей).

Гармонизация политики в области качества

Белоцерковский И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Организация в зависимости от рода своей деятельности, может внедрить у себя тот или иной стандарт на систему менеджмента качества (СМК). Выбор зависит и от того, какую цель перед собой ставит организация, реализуя требования стандартов. Зачастую может потребоваться реализовывать более одного стандарта на систему менеджмента, но будет ли

это означать, что в организации будут одновременно функционировать две и более политики? Чтобы решить данную задачу, необходимо разработать одну политику, в которой будут гармонизированы требования различных применяемых стандартов.

В качестве объекта в работе будет использована политика Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

У каждого университета имеются 2 основных направления:

- Образовательная деятельность;
- Научно-исследовательская деятельность.

Образовательная деятельность попадает под требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Научно-исследовательская — под требования стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015, AS/EN 9100:2018 и ГОСТ РВ 0015-002-2020.

В данном случае целесообразно будет внедрить национальный стандарт — ГОСТ Р ИСО 9001-2015, так как он несет в себе общие принципы и его могут внедрить организации с любым видом деятельности; далее AS/EN 9100 — отраслевой стандарт, имеющий международное признание, требования к системе менеджмента качества для авиакосмической промышленности; а далее с учетом того, что организация предоставляет услуги/продукцию военного назначения, то нужно внедрить ГОСТ РВ 0015-002-2020 «Система разработки и постановление на производство военной техники. СМК требования».

В каждом из приведенных стандартов есть требования, которые необходимо выполнять. Но неужели придется разрабатывать 3 политики в области качества для каждой сферы деятельности, а если пересекаются интересы, как в случае предоставления документации по созданию авиационной техники для военного предприятия? Ответ прост — нет! Достаточно создать одну политику в области качества, в которой будут указаны принципы и обязательства, основанные на всех выбранных стандартах.

Для успешного создания политики необходимо проанализировать требования стандартов. Для этого был разработан план:

1. изучить требования, относящиеся к политике в области качества в трёх стандартах;

2. произвести анализ требований, сравнить, где они пересекаются, где дополняют друг друга;

3. определить, что необходимо указывать организации в политике.

Выполнение пунктов плана и будет являться гармонизацией политики в области качества.

В ходе анализа требований трех стандарта были выявлены общие и дополняющие черты в формулировках. Стандарт AS/EN 9100 идентичен ГОСТ Р ИСО 9001-2015, а военный стандарт включает в себя ссылки на формулировки национального стандарта. Поэтому при внедрении именно этих трех стандартов будет достаточно уточнить только требования стандарта ГОСТ РВ 0015-002-2020. Данный вывод был сделан на основе сравнительной таблицы, которая была создана, используя дословное цитирование стандартов.

В разработке политики обязательно должно принимать участие высшее руководство, а также оно должно реализовывать и поддерживать политику в актуальном состоянии, принять на себя обязательства в области обеспечения качества создаваемой продукции с учетом требований заказчика. Политика должна поддерживать стратегические направления организации, намерения и подходы, на основании которых будет происходить развитие организации, соответствовать среде и намерениям организации, создавать основу для установки целей в области качества, иметь обязательство соответствовать применимым требованиям. Должна быть предусмотрена результативность проводимых мер, направленных на обеспечение качества продукции (работ, услуг) на всех стадиях жизненного цикла.

Политика разрабатывается не просто так, она должна быть оформленной как документированная информация, в обязательном порядке быть доведенной до персонала и всех заинтересованных лиц, понятной и принимаемой. Для выполнения доведения необходимо установить его порядок, к тому же порядок должен быть установлен и для

разработки, оценки актуализации, определён период и критерии оценки политики на предмет реализуемости и актуальности политики в целом. Помимо самой политики, результаты её оценки должны быть документированы, доведены до заинтересованных подразделений организации. Цели и задачи, при необходимости, следует корректировать — если это повысит эффективность реализации принятой политики в области качества.

Анализ процесса формирования комплекта средств метрологического обеспечения, предназначенного для ресурсных испытаний изделий авиационной техники

Волков М.И.

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

МАИ, Москва

В связи со стремительно развивающимся уровнем научно-технического прогресса и ужесточением международных правил и норм предъявляющихся к ресурсным характеристикам изделий авиационной техники, приоритетным направлением в современном авиастроении является повышение уровня безопасности полетов, которое невозможно представить без проведения ресурсных испытаний изделий авиационной техники. Ресурсные испытания являются сложной технической задачей, требующие множество времени, ресурсов и постоянного совершенствования методов и средств исследования.

Целью данной работы является совершенствование метрологического обеспечения уже существующих испытательных стендов, путем анализа процесса формирования комплекта средств метрологического обеспечения, предназначенного для ресурсных испытаний изделий авиационной техники. Современные системы управления в совокупности с новыми методами и средствами измерений помогут сократить время испытаний, повысить их точность, безопасность, повторяемость тестов.

В докладе приведен анализ необходимого и достаточного набора критериев выбора СИ при проведении работ по метрологической экспертизе технической документации на авиационную технику на этапах ее разработки и сертификации. Проведена оценка погрешностей методов и средств измерений, применяемых при аттестации испытательного оборудования. Предложена система метрологического обеспечения стенда ресурсных испытаний изделий авиационной техники.

Результаты исследований в виде разработанных теоретических и методологических основ могут быть в дальнейшем использованы и применены на предприятиях отечественной авиационной отрасли.

Стандартизация как один из инструментов менеджмента качеством

Воробьева Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день качество является одним из основных критериев оценки продукции, услуги или работы. Благодаря ему определяется уровень жизни человека в обществе или же общества в целом, за счет чего можно сделать вывод, что качество в своем роде является неким индикатором. Обеспечение качества можно добиться лишь, объединив знания и опыт многих заинтересованных сторон, начиная с государства, заканчивая обычным рабочим [2].

Одним из наиболее значимых для учета инструментов менеджмента качества является стандартизация — необходимый инструмент, гарантирующий порядок и единообразие на всех стадиях жизненного цикла продукции и документации в целом. Другими словами, стандартизация — эффективный рычаг давления государства на производителей, который обеспечивает выполнение всех требований к надежности, безопасности, защите потребителей и т.д.

Важнейшей характеристикой стандартизации является то, что она имеет широкий диапазон применения. Область стандартизации с каждым годом растет, благодаря колоссальному прогрессу во всех сферах научной деятельности [4]. Главная задача стандартизации применительно к процессу изготовления — разработка системы документов, устанавливающих требования к выпускаемой продукции на предприятии или к системе менеджмента предприятия.

Результатом правильно разработанных и реализованных на предприятии стандартов является сертификация. Данная процедура проводится органом по сертификации для подтверждения соответствия продукции (услуги) документированным/стандартизированным требованиям, к примеру, по Аэрокосмическому стандарту EN 9100:2018. Для получения сертификата соответствия, предприятия, как правило, сначала разрабатывают систему менеджмента качества на основе ISO 9001:2015, далее при необходимости, система дорабатывается с учетом дополнительных требований Аэрокосмического стандарта, таких как управление попаданием контрафактной продукции.

Чтобы достичь удовлетворенность качеством продукции, предприятия должны на постоянной основе повышать безопасность и надежность продукции, которая должна соответствовать или превышать требования потребителей и нормативных документов. Предприятия, производящие конечную продукцию, сталкиваются с проблемой обеспечения качества и интеграции закупаемой продукции еще на уровне цепочки поставок. Контрафактная/фальсифицированная продукция (продукция, для которой подтверждено, что она является копией, имитацией или заменой и которая была представлена, идентифицирована и маркирована, как подлинное изделие [3]) не соответствует понятию «качественная продукция». Некоторые технические характеристики нелегальной продукции могут отвечать либо даже превзойти характеристики оригинальной продукции. Но тем не менее, наличие даже одной незначительной недостоверной части от общего изделия делает все изделие фальсифицированным/контрафактным. EN 9100:2018 требует от предприятий действий, направленных на сокращение риска получения фальсифицированной/контрафактной продукции и документирование данного требования [1].

Каждое предприятие вправе само решить, в каком виде будет документировать данное требование, будь то отдельный стандарт предприятия, либо же совмещенная с другими требованиями документированная процедура, включающая управление попаданием контрафактной продукции.

Выполнив все требования Международных стандартов, предприятия могут получить сертификат международного образца и выйти на новый уровень, что впоследствии приведет к увеличению дохода.

Список использованных источников:

1. AS/EN 9100:2018 «Системы менеджмента качества. Требования к авиационным, космическим и оборонным организациям». М.: Круг-консалтинг, 2016.
2. Селиверстов А. С., Постнов В. В., Уткин Д. Ю., Семидотченко А. Р., Николаева К. А. Стандартизация системы управления качеством // Молодой ученый. — 2018. — №. — С. 24–27.
3. Погребняк С. И. Предотвращение использования контрафактной продукции (частей). Методические рекомендации по разработке документированной процедуры. М.: Круг-консалтинг, 2019.
4. [Электронный ресурс] <https://www.vesti.ru/nauka/article/2653611>

Взаимосвязь стиля управления и трудовыми конфликтами в организации

Головкина О.В.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Одной из важнейших функций современного менеджера является управление трудовыми конфликтами. Существование конфликтов в организации обусловлено сложным строением социальной организации, где функционируют различные по интересам, уровню

доходов, ответственности и образованию группы. Поэтому конфликты — это вполне закономерное явление. Эффективное управление конфликтами в организации способствует росту производительности, рентабельности. И может рассматриваться как один из факторов, влияющих на рост значимых показателей в деятельности фирмы. На современном этапе развития конфликт не рассматривается только как негативное явление. Сейчас доминирует более прагматичный подход к оценке роли конфликта в организации: конфликт является неотъемлемой частью любой организации. Поэтому выявление причины конфликта одна из первоочередных задач и функций руководителя. Безусловно, конфликты в первую очередь ослабляют внутреннюю среду организации, и значит снижают ее конкурентоспособность. Причины конфликтов очень часто связаны с использованием неэффективных методов управления организацией. Традиционно выделяют три стиля управления: авторитарный, либеральный, демократический. Согласно результатам исследования авторитарный и либеральный стили являются малоэффективными, когда идет речь об управлении конфликтами. Более целесообразным является изучение влияния демократического стиля на протекание конфликтов в организации. Руководителя демократического стиля стимулируют активность своих подчиненных. Они твердо убеждены, что через обсуждение можно найти оптимальное решение в конфликтной ситуации. Руководители такого стиля стремятся разбираться в достоинствах и недостатках своих подчиненных. Конфликты рассматривают как закономерное явление и стараются извлечь из них пользу, разобраться в первопричине. Данный стиль является наиболее эффективным безотносительно к конфликтам, поэтому, выбирая его в качестве стиля управления организацией и всеми ее составляющими, можно достичь значительных результатов, а именно: учитывая интересы работников, руководители организации смогут достигать высокого уровня эффективности и обеспечивать конкурентные преимущества организации, усиливая ее внутреннюю среду. Эффективное управление трудовыми конфликтами в организации будет способствовать обеспечению необходимого уровня эффективности, усиливать слабые и сильные стороны организации, повышая уровень ее конкурентоспособности.

Применение метода QFD для совершенствования электротехнических изделий

Даниелян А.С.

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

НИТУ «МИСиС», Москва

Структурирование функции качества (СФК), Quality Function Deployment (QFD) — это метод обеспечения качества, реализующий элементы системного мышления. Метод позволяет перевести предъявляемые потребителями требования к продукции на язык технических характеристик на ранних стадиях жизненного цикла продукции: планирования, проектирования и разработки продукции, а также планирования технологического процесса и производства. Метод успешно реализует принципы менеджмента качества, описанные в стандартах ИСО серии 9000 выпуска 2015 года. Применение метода позволяет организациям изучить потребительские требования и разработать новую усовершенствованную модификацию производимой продукции, способной не только удовлетворить требования потребителей, но и превзойти их ожидания.

В современных рыночных условиях все организации работают в конкурентной среде, и со временем конкуренция увеличивается, также меняются требования потребителей к качеству производимой продукции или предоставляемой услуги. Для успешной адаптации к таким условиям организациям следует постоянно совершенствовать свою продукцию, учитывая требования, пожелания и потребности потребителей, параллельно совершенствуя процессы планирования, проектирования и производства этой продукции.

Структурирование функции качества трудоемкий метод, требующий усилия и ресурсы большей части сотрудников, но его внедрение даёт организации существенные конкурентные преимущества на рынке.

1. Ориентация на потребителя: основное внимание уделяется пожеланиям и потребностям потребителей. Голос потребителя управляет процессом разработки продукции.

2. Сокращение времени и затрат на разработку: СФК фокусирует внимание разработчиков на совершенствованиях, необходимых для удовлетворения ключевых требований потребителей, что снижает вероятность изменений на последних стадиях жизненного цикла продукции. Сокращаются затраты на ресурсы для разработки функций, не добавляющих ценности для потребителей. Также снижаются затраты на гарантийное обслуживание продукции.

3. Структура и документация: СФК предоставляет инструменты для регистрации решений, принятых в процессе разработки продукта. Эта база знаний может быть использована повторно для содействия будущим проектам.

4. Конкурентный анализ: в результате оценки конкурентоспособности продукции выявляются важнейшие аспекты для совершенствования.

Метод достаточно перспективный, однако не пользуется большой популярностью среди российских компаний. Проведено исследование с целью выявления возможности и демонстрации применения метода QFD к электротехническим изделиям, в частности, к вводу «масло-элегаз» производства Компании «Изолятор».

Компания «Изолятор» — лидер производства и реализации высоковольтных вводов в России и странах СНГ. Производительность компании составляет 12000 вводов в год. Компания занимается как серийным производством вводов, так и разработкой вводов по индивидуальным заказам.

В ходе исследования проведено сравнение классического и современного подходов метода СФК. С учетом специфики продукции выбран классический подход метода СФК. Ниже представлены факторы, которые повлияли на выбор подхода.

1. Высокий уровень ответственности: надежность и безопасность процессов производства, передачи и доставки электроэнергии до конечных потребителей неразрывно связано с качеством ввода.

2. Необходимость дальнейшей детализации до уровня компонентов, процессов и средств производства.

3. Отсутствие необходимости в проведении смыслового анализа требований, предъявляемых потребителями.

4. Низкая изменчивость требований потребителей.

Описан и визуализирован процесс построения Дома качества. Составленные блок-схемы описывают порядок выполнения процесса построения Дома качества, определяют документированную информацию, которая сопровождает данный процесс, что значительно упрощает применение метода СФК.

Изучена конструкция ввода «масло-элегаз» для подключения комплектного элегазового распределительного устройства (КРУЭ) производства Компании «Изолятор». Построен Дом качества для ввода «масло-элегаз», с помощью которого определены инженерные характеристики, играющие ключевую роль при разработке новой модификации вводов «масло-элегаз», и направления изменения их значений, с целью формирования параметров конструкции модифицированного изделия, удовлетворяющего требования потребителя.

Теоретической основой исследования явились труды отечественных, и зарубежных учёных, изучающих менеджмент качества и, в частности, метод «Структурирование функции качества», таких как: Ю.П. Адлер, Ю.В. Брагин, В.Ф. Корольков, Сигэру Мизуно, Ёдзи Акао, Гленн Мазур, Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс, а также материалы периодических печатных изданий.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная инструкция по применению классического подхода метода СФК в дальнейшем может быть использована в процессе разработки новых модификаций продукции как ООО «Масса», так и другими организациями, внедряющими метод.

Анализ документов, регламентирующих методику поверки нивелира

Денисова В.Я.

Научный руководитель — Бурова А.Ю.

МАИ, Москва

Анализ документов, регламентирующих методику поверки нивелира Leica LS10.

Цель работы — проанализировать и дать качественную оценку методике поверки и, необходимой для её проведения, пакету нормативной документации.

Поверка средств измерений — совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим характеристикам.

Измерительный прибор — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

Средство измерения (СИ) — это техническое средство или совокупность средств, применяющееся для осуществления измерений и обладающее нормированными метрологическими характеристиками.

В качестве примера для анализа выбран нивелир марки Leica LS10.

Нивелир — это прибор для измерений, который показывает разницу в расположении различных точек в пространстве. Основной задачей нивелира является нивелирование, то есть построение горизонтальных и вертикальных линий, на фоне которых становятся видны отклонения.

Существует 3 вида нивелиров (оптический, цифровой, лазерный), рассматриваем — цифровой нивелир.

Поверка включает в себя:

- 1) Внешний осмотр
- 2) Опробование
- 3) Контроль метрологических характеристик
- 4) Оформление результатов поверки

Актуальность работы заключается в оценке уровня качества проведения поверки, с целью снижения в дальнейшем работ по устранению выявления дефектов в работе поверенного оборудования. От качественной поверки зависит эффективность работы этого оборудования, то есть точность получаемых значений, снятых этим измерительным оборудованием.

К вопросу внедрения концепции TQM на предприятии

Жигалова М.В.

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

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

На современном этапе развития концепция TQM рассматривается как метод ведения бизнеса. Внедрение TQM повышает эффективность работы каждого сотрудника и предприятия в целом, повышает качество планирования и протекания процессов. В итоге это приводит устойчивому успеху в деятельности. Всеобщий менеджмент качества — это совокупность инструментов качественного и количественного анализа информации о протекании процессов, систему научных принципов. Концепция TQM рассматривается как стратегия управления, основанная на реальных данных о потребностях клиентов. Исследования показывают, что многие успешные компании внедряли принципы TQM. Базовые принципы всеобщего управления качеством были сформулированы на основе результатов исследований Э. Деминга, К. Исикавы, Дж. Джурана и т. д. Внедрение концепции TQM в деятельность предприятия неизбежно приводит к изменениям в системе управления. Прежде всего инициировать и заниматься внедрением принципов TQM должно высшее руководство. Используя необходимые компетенции, опираясь на принцип всеобщей ответственности преодолеть сопротивление персонала, которое неизбежно проявляется. Когда речь идет об изменениях. Также топ-менеджеры должны много внимания уделять

мотивации персонала, поддержке видов деятельности, связанных с непрерывным совершенствованием.

Концепция TQM предполагает хорошо скоординированное управление по всем направлениям деятельности. К разработке стратегии управления необходимо привлекать весь персонал, также использовать современные информационные технологии, проектировать эффективные организационные структуры. В качестве основных результатов внедрения TQM на предприятии следует отметить: повышение уровня доверия потребителей, увеличение степени удовлетворенности качеством продукции/услуг, повышение конкурентных преимуществ, улучшение имиджа предприятия, повышение результативности труда, прибыли, повышение экономической устойчивости, рациональности в распределении ресурсов. Также можно выделить и ряд проблем при внедрении TQM: отсутствие заинтересованности персонала и руководства, высокий уровень текучести кадров, отсутствие соответствующей корпоративной культуры и т.п. Следует отдельно остановиться на важной роли новой корпоративной культуре. Она должна базироваться на следующих положениях: сотрудники — это основной ресурс организации; внедрение принципа PDCA; мотивация к обучению и работе в команде; учет реальных рисков при принятии решений.

В целом следует отметить, что внедрение концепции TQM улучшит взаимоотношения предприятия с заинтересованными сторонами.

Цифровое взаимодействие управленческих решений в системе менеджмента качества на предприятиях авиационно-космической отрасли

Козырева У.Р., Волошин А.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9000-2015 устанавливает принципы менеджмента качества, которые предоставляют возможность предприятию отвечать на вызовы окружающей среды [1]. Реализация принципов «Лидерство», «Взаимодействие работников», «Процессный подход» и «Принятие решений, основанных на свидетельствах» осуществляется на предприятиях долго из-за отсутствия системы взаимодействия, которая в настоящее время осуществляется в аналоговом режиме (принести документ, подписать документ, назначить задачу при личной встрече). Принятие управленческих решений сказывается на результате работы предприятия, выражающемся по итогу увеличением времени изготовления продукции и предоставления услуг.

Достижение нового уровня качества взаимодействия элементов системы менеджмента на предприятиях авиационно-космической отрасли возможно в условиях изменения формы принятия управленческих решений на основе цифрового представления информации, использования сквозных цифровых технологий и единых цифровых информационных систем. Для повышения эффективности принятия управленческих решений на предприятии в работе предлагается рассмотреть вариант внедрения модуля для оперативного взаимодействия работников и высшего руководства.

Функционал предлагаемого модуля может быть настроен, как минимум, на:

- Сбор и регистрацию показателей процессов предприятия (каждому документу присваивается статус и маршрут движения);
- Обеспечение передачи запросов, документов и иных сведений, необходимых для получения штатными сотрудниками или высшим руководством;
- Обеспечение электронного документооборота и ведения деловой переписки между отделами и предприятиями;
- Обеспечение передачи запросов, документов и иных сведений, обработанных в информационных системах в отделах, а также передачи своевременной информации о ходе и результатах выполнения запросов и о состоянии процессов в электронном виде (каждый

документ имеет срок, в течение которого он должен быть обработан исполняющей стороной).

Механизм работы системы заключается в обеспечении своевременного и ускоренного нахождения актуальной версии необходимой информации на рабочем месте. Стоит отметить, что принятие решения все равно остается за исполнителем. При помощи модуля автоматизируется и аккумулируется работа сотрудников предприятия, что поможет сократить время на определенные виды деятельности.

Следующими шагами развития модуля, могут быть: создание платформы, позволяющей вносить данные аудиторских проверок и проводить мониторинг корректирующих мероприятий; применение электронной подписи; формирование унифицированной системы трансграничных электронных межкорпоративных документов.

Подводя итог, отметим, что решение проблем, связанных с затратами времени на регистрацию данных о процессах и обработке результатов, а также передачей запросов и сведений от подразделений, возможно с помощью модуля управления качеством на предприятии, который позволит автоматизировать процессы обмена информацией. В рамках повышения производительности труда и управляемости, снижения издержек, роста конкурентоспособности и эффективности деятельности предприятия, особую значимость приобретают вопросы цифровизации процессов управления. Подчеркнута значимость цифровизации принятия управленческих решений и взаимодействия структурных элементов предприятия. Развитие цифровой экономики повышает вероятность выхода на новый уровень систем автоматизации процессов предприятия.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» М.: Стандартинформ, 2015.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» М.: Стандартинформ, 2015.
3. Башкатова, Ю.И. Управленческие решения/ Ю.И. Башкатова. — Москва: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003.

Внедрение информационных и цифровых технологий в статистический анализ

Корнюшина А.С.

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

МАИ, Москва

Статистический анализ является одним из основных элементов обеспечения качества продукта и его производственного цикла. В настоящее время в Российской Федерации активно внедряются информационные и цифровые технологии для сбора статистической информации в электронном формате. Крайне важной задачей улучшения функционирования информационной системы считается автоматизация работы. Она даёт возможность приобрести нужные сведения для управления, помогает значительно уменьшить расходы сбора исходных сведений в органах статистики.

Для проведения обработки данных в электронной форме необходимо выполнить следующее: собрать, ввести и провести контроль данных; создать перечень нормативных данных, необходимых для обработки; провести расчёты по имеющимся формулам и сформировать результаты; развить этот объём информации для последующей передачи между слоями системы.

Статистический анализ информации включает в себя обработку текстовых и количественных данных. Для этого анализа используют различные программы. Используются различные программы, которые специализированы для решения большего спектра профессиональных задач. Разработкой специализированных программ занимаются соответствующие организации. Помимо этого, предприятие самостоятельно может заняться разработкой такой программы. Максимальное распространение получила программа с

применением стандартного программного обеспечения Microsoft Excel, которая предназначена для работы с электронными таблицами. Существует также советская и российская универсальная статистическая программа STADIA, вышедшая в 1988 году. Она включает в себя перечень эффективных методов для анализа, представляет данные наглядно с помощью графиков, карт, диаграмм. Кроме того, существуют другие пакеты для анализа данных: SPSS, Statistica.

За счёт перехода на электронный сбор статистической информации сократятся сроки сбора первичной информации и обработки статической отчётности. Улучшение системы статистического учёта обеспечит абсолютно всем участникам рынка понимание о размерах производства и использования продукта, объёмах вывоза и ввоза на территорию страны, текущем состоянии рынка и развитии информационных и цифровых технологий.

Список использованных источников:

1. Распоряжение Правительства РФ от 17 декабря 2019 г. № 3074-р Об утверждении Концепции создания цифровой аналитической платформы предоставления статистических данных. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73224985/>.

2. В.П.Божко. Информационные технологии в статистике. URL: http://shporal.do.am/_ld/3/350____.pdf.

3. Стратегия развития Росстата и системы государственной статистики Российской Федерации до 2024 года. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Strategy.pdf>.

Управление качеством процесса диспетчеризации в вузе

Лизунова О.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Барменков Е.Ю.

МАИ, Москва

Одной из наиболее актуальных проблем в сфере обеспечения учебного процесса является качество его планирования. В свою очередь планирование считается сложной системой, требующей централизованного управления.

Система диспетчеризации и управления сегодня включает в себя компьютерное оборудование, позволяющее осуществлять контроль и планирование учебного процесса. Оборудование оснащается необходимым программным комплексом для сбора и анализа информации, который позволяет контролировать рабочие области диспетчера, что облегчает управление планирования учебного процесса.

Работу диспетчера необходимо планировать так, чтобы у работника была равномерная нагрузка. В зависимости от масштаба проекта определяется время его реализации. При увеличенном объёме поставленной задачи необходимо обеспечить подразделение соответствующими ресурсами. Важным и необходимым требованием являются наличие качественных и количественных показателей. Контроль качества реализации проекта осуществляется по контрольным точкам.

Если система диспетчеризации организована правильно, то она даёт возможность оценки качества процессов. При оценке качества процессов в первую очередь необходимо отталкиваться от функций диспетчера, которые включают в себя:

1. Разработку рабочего графика преподавателя.
2. Оценку занятости аудиторий.
3. Проверку соответствия расписания с учебным планом.
4. Корректировку расписания в системе.

Можно сделать вывод, что при качественной работе системы предоставляется возможность ежедневного мониторинга учебного и рабочего процессов, что является залогом стабильного функционирования института.

Стандартизация в области менеджмента качества продукции со встроенным программным обеспечением, применяемой в автомобилестроении

Логвиненко А.С.

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

НИТУ «МИСиС», Москва

В последние два десятилетия стремление предоставить потребителям увеличенное количество функций безопасности и развлечений превратило автомобили из простых средств передвижения в настоящие мобильные вычислительные системы, которые постепенно начинают использовать искусственный интеллект [1].

Актуальность исследования обосновывают два важных аспекта, представленных на законодательном уровне:

1. Распоряжение Правительства РФ от 28 апреля 2018 г. N 831-р «Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года». В Стратегии четко определены приоритетные задачи отрасли: увеличение выпуска собственных моделей автомобилей и качественных автокомпонентов, а также налаживание связей между производителями автокомпонентов. Кроме этого, особо отмечена гармонизация требований технических регламентов, стандартов и правил с международной практикой.

2. В соответствии с Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», основным направлением разработки и развития программного обеспечения (ПО), в котором используются технологии искусственного интеллекта, является разработка единых стандартов в области безопасности (в том числе отказоустойчивости) и совместимости ПО, эталонных архитектур вычислительных систем и ПО, а также определение критериев сопоставления ПО и критериев эталонных открытых тестовых сред (условий) в целях определения качества и эффективности ПО.

Основными нормативными документами в области системы менеджмента качества организаций-поставщиков автомобильной промышленности, которые применяются на территории Российской Федерации являются: национальный стандарт ГОСТ Р 58139-2018 «Системы менеджмента качества. Требования к организациям автомобильной промышленности» и международный стандарт AIAG IATF 16949-2016 «Фундаментальные требования к системе менеджмента качества для производств автомобильной промышленности и организаций, производящих соответствующие сервисные части».

Ранее требования к ПО или компонентам со встроенным ПО были лишь в дополнительной спецификации к IATF 16949 или специальных требованиях. После пересмотра в 2016 году, важность ПО официально признается в международном стандарте автомобильной промышленности: появился ряд требований к менеджменту качества ПО и продуктам со встроенным ПО при разработке (включая изменения и валидацию), оценке и анализе отказов, однако, требования по интеграции ПО и механической части автомобиля отсутствуют. Также следует отметить, что стандарт не указывает конкретных требований, а лишь ссылается на общепринятые в автомобильной промышленности практики ASpice или CMMI, и при этом не требует их обязательного применения.

В тексте национального стандарта ГОСТ Р 58139 отсутствуют конкретные требования к ПО. Следует отметить, что стандарт рассматривает программные средства, только как отдельную часть автомобиля, но не как встроенную.

Анализ стандартов привел к выводу о том, что в РФ отсутствует национальный нормативный документ, который бы определял требования к управлению качеством продукции со встроенным ПО в автомобильной промышленности. Следует понимать, что требования к управлению качеством данного вида продукции будут включать в себя требования к управлению качеством механической части и ПО.

Так как современное ПО в автомобилях становится доминирующим фактором в автомобильной промышленности и решающим в конкуренции производителей [2], создание нормативных документов, описывающих требования к управлению качеством встроенного

ПО (требования к продукции) и СМК производителя продукции со встроенным ПО (требования к системе) становится необходимостью. Для создания можно основываться на международных стандартах, например, IATF 16949, ASpice, CMMI и др., а также на мировой практике, но при этом следует помнить об основной проблеме, требующей дополнительного анализа — это интеграция ПО в мехатронное устройство без потери данных о качестве.

Предлагается пересмотреть стандарт ГОСТ Р 58139-2018 в отношении включения требований к управлению встроенным ПО, а также создать нормативные документы, содержащие требования к системе менеджмента качества организаций-производителей продукции со встроенным ПО описывающие все уровни: система организации/процесс/продукция, а именно: разработать единый подход к обеспечению качества автомобильной продукции со встроенным ПО как «единой продукции» для исключения рисков на этапе интеграции мехатронной части и ПО.

Список использованных источников:

1. How Software Is Eating the Car The trend toward self-driving and electric vehicles will add hundreds of millions of lines of code to cars. Can the auto industry cope?. — URL: <https://spectrum.ieee.org/software-eating-car> (дата обращения 22.01.2022).

2. Семенова Е.Г., Фролова Е.А., Дмитриенков К.С. Управление качеством продукции автопромышленного комплекса при проектировании производственных процессов// Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. — 2020. — С. 162–167.

Реализация концепции «Бережливое производство» как фактора повышения конкурентоспособности предприятия

Маслова Е.С.

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

РГАТУ им. П.А.Соловьёва, Рыбинск

Необходимость обеспечения высокого уровня конкурентоспособности современных предприятий, усиления конкуренции на традиционных рынках привело к реализации проектов в области бережливого производства. Вследствие осуществления идей Деминга, Джурана, Каори Ишикавы и других ученых сложился менеджмент качества в его современном понимании. Внедрение новых идей управления постепенно устранило противоречие между повышением качества и ростом производства и снижением затрат на производство продукции. Концепция «Бережливое производство» рассматривает качество как часть производственной системы. Инструменты бережливого производства на данном этапе эффективно применяются для снижения затрат на качество, улучшения морального климата, уменьшения длительности производственного цикла. Под «Бережливым производством» понимается система управления, которая основана на реальных потребностях заказчиков, выявлении и снижении потерь, постоянном совершенствовании. Результаты исследования деятельности российских предприятий позволяют выделить ряд параметров, по наличию которых можно судить о внедрении бережливого производства:

- Изменение структуры управления, выделение в отдельные направления виды деятельности по внедрению инструментов бережливого производства;
- Вовлечение всех сотрудников в деятельность по внедрению бережливого производства;
- Целенаправленная подготовка специалистов по внедрению принципов и инструментов бережливого производства;
- Использование подхода «иди и смотри» в процессе вовлечения сотрудников;
- Применение стандартизации как способа закрепления достигнутого[1].

Эти принципы обеспечивают эффективность внедрения концепции бережливого производства на предприятии. Также необходимо в организации разработать модель управления внедрением системы «Бережливого производства», основной частью которой будет развитие философии «бережливого производства». В итоге, это приведет к значительному повышению эффективности работы и сокращению потерь.

Выпуск качественного продукта обеспечивает компании преимущество в виде роста объемов реализации и рентабельности, улучшения имиджа, получения большей доли рынка.

Программирование умной панели для визуализации данных об удовлетворенности студентов и качестве преподавания

Матюхова А.А.

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

МАИ, Москва

В настоящее время специалисты все чаще приходят к выводу, что качество и результат образования студентов зависят от того, в какие формы деятельности и каким образом студент был включен во время обучения в университете, насколько он заинтересован в различных видах университетской деятельности в процессе обучения.

В настоящее время исследование вовлеченности студентов, обучающихся в вузах, колледжах и других учебных заведениях, является популярным среди общественности, как и исследованием факторов отчисления. Помимо этого, многие теоретики, работающие в сфере изучения высшего образования, рассматривают студенческие отчисления и вовлеченность как взаимосвязанные феномены. Отчисление студента представляет собой результат его обучения, так же как успеваемость и успешное завершение учебного процесса. При этом в некоторых теориях результаты учебы являются индикатором уровня развития студентов и эффективности программ образовательных политик вузов. Высокие показатели по отчислениям свидетельствуют о неэффективности института высшего образования. Но чтобы избежать этого, необходимо изменить систему образования и ввести в нее новые практики, которые бы способствовали вовлечению студентов.

Для исследования необходимо использовать большой набор собираемых показателей, среди которых: посещаемость студентов на различных занятиях, успеваемость студентов, желание участвовать в научной деятельности. Кроме того, чтобы эффективно управлять учебным процессом студентов и контролировать их интерес к учебе, важно иметь постоянный доступ к наиболее важной информации, необходимой для достижения поставленных целей, а в частности это повышение заинтересованности обучающихся к жизни Университета. В связи с этим возникает необходимость в представлении данных с помощью визуализации или дашбордов, которые позволяют компактно отобразить информацию и значительно сократить время на ее анализ.

Что такое «Дашборд»? В прямом переводе с английского «дашборд» — это «приборная панель». Ее можно сравнить с приборной панелью в кабине пилота самолёта, которая показывает всю необходимую информацию в реальном времени. Этот термин в digital-сфере обозначает инструмент, который выполняет аналогичную функцию: представляет информацию о состоянии ситуации, эффективности методов решения проблемы или успешном внедрении новых технологий. Важно отметить, что операционные дашборды для управления процессами не являются аналитическими инструментами поиска новых знаний или формирования и проверки гипотез, но создание дашбордов экономит денежные средства на автоматизации создания отчётов и сокращении времени реагирования на проблемы. Это хорошо иллюстрирует уже приведенная выше аналогия с панелью самолета, которая говорит о состоянии самолета на данный момент времени, но никак не может предсказать, что может выйти из строя.

На практике создание дашбордов поможет преподавателям в решении следующих проблем:

- Как сохранить вовлеченность и повысить сознательность студентов?
- Как организовать дистанционный образовательный процесс и как им эффективно управлять?
- Как не потерять связь со студентом?

На основании анализа цифровых данных по измерению студенческой вовлеченности по Пейсу, таких как: возможности и условия, предоставляемые университетом на территории всех корпусов; посещаемости студентов; заинтересованности студентов на занятиях, а также и во внеучебной деятельности — преподаватели смогут дополнять и изменять образовательное пространство, управлять образовательным процессом. Например,

преподаватель сможет увидеть статистику посещаемости студентов на программах дополнительного профессионального образования, таких как: Школа сервиса МАИ, Школа управления МАИ и т.д. Сами дашборды позволят оценить спрос на образовательные мероприятия по различным областям знаний и инструментам преподавания, так же основываясь на визуализированных данных, можно сделать выводы о необходимости дополнительной мотивации студентов или же нового метода преподавания.

Список использованных источников:

1. Колоколов А. Как делать управленческие отчеты красивыми и понятными // Дашброд для директора. 2019. 71 с.
2. Малошонок Н.Г. Студенческая вовлеченность: почему важно изучать процесс обучения, а не только его результат? // Мониторинг университета. № 6. 2011. С.11-21.
3. Малошонок Н.Г. Студенческая вовлеченность: почему важно изучать процесс: методология исследования и процедура измерения // Социологические исследования. № 3. 2014. С. 141–147.
4. Михаэлис С.И. Крупина В.В. Информационные технологии в управления техническими и социально-экономическими объектами // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2019. С. 41–52.

Управление качеством учебных процессов на основе современных цифровых технологий

Смирнова Е.А.

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

МАИ, Москва

Система менеджмента качества (СМК) — это основа конкурентоспособности современной организации. В основе функционирования СМК лежит получение и использование определенной документированной информации, необходимой для управления работами и процессами, достижения заданных результатов, улучшения деятельности и т.д. Эта также необходимо и в осуществлении образовательной деятельности и должно быть обязательно реализовано на практике.

Построение СМК, как правило, основывается на требованиях стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, которые являются обязательными и на которых разработчик системы делает акцент. Но при построении системы следует помнить и о выполнении принципов менеджмента качества, к которым относятся: ориентация на потребителя, лидерство, взаимодействие работников, процессный подход и др. В данной работе особое место занимает принцип менеджмента качества — принятие решений на основе свидетельств, который мы применяем для управления качеством учебных процессов.

Применение данного принципа предполагает осуществление сбора данных, их хранение, обработку и анализ, а также принятие управленческих решений на их основе. В работе института (факультета) встречается большое количество разрозненных данных, которые следует учитывать в текущей деятельности. Например, нам необходима оценка успеваемости студентов по результатам зачетно-экзаменационных сессий, итоги промежуточных аттестаций, сведения о посещаемости студентов, данные по переменному составу (зачисление, отчисление, уход в академический отпуск, выход из академического отпуска, перевод на другой факультет или в другую организацию, смена ФИО и т.д.), наличие государственной академической стипендии и повышенных стипендий за достижения в учебной, спортивной, научно-исследовательской, культурно-творческой и общественной деятельности, персональные данные и многое другое. Работа с такими данными требует применения цифровых технологий, таких как: облачные вычисления, big data, IoT (интернет вещей), ИИ (искусственный интеллект). Цифровые технологии позволяют создать надежную и эффективную инфраструктуру, внедрение различных способов доступа к данным и использование их для повышения качества учебных процессов.

Например, рассмотрим внедрение цифровых технологий в учебный процесс на примере посещаемости студентов. Во многих учебных заведениях старостами групп ведется журнал посещаемости в бумажном виде. Соответственно, доступ к этим данным есть только у старост. А порой руководству института (факультета) срочно требуются данные по посещаемости группы, либо какого-то определенного студента. И чтобы ускорить этот процесс, целесообразно создать электронный журнал, доступ к которому будет не только у старосты, а и у преподавателей, а также у сотрудников дирекции. В электронном журнале можно сделать не только ввод и учет посещаемости, а также электронное расписание занятий и сессии, отметки и задания, переписку с преподавателем, промежуточные аттестации. С помощью данной информации, включая промежуточные аттестации и уровень посещаемости, можно спрогнозировать результаты, например, какова вероятность успешной сдачи студентом зачетно-экзаменационной сессии.

Таким образом, введение современных цифровых технологий способствует самосовершенствованию будущего специалиста, позволяет сформировать его профессиональную культуру и стремление к росту, а не только является стандартом для обеспечения качественных учебных процессов.

Статистическая гипотеза как метод управления в СМК

Тришина С.А.

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

МАИ, Москва

Для повышения конкурентоспособности в современном мире организации создают и внедряют системы менеджмента качества (СМК). Международные стандарты ИСО серии 9000 предполагают широкое использование статистических методов, в том числе для контроля, анализа и повышения качества процессов. Применение стандартизации выводит организацию на новый, более высокий уровень, что также является плюсом.

Статистический анализ часто требует проведения сравнения данных, которое невозможно осуществить без проверки статистических гипотез. Его применение решает ряд важнейших задач, описанных в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015, например:

1. Контроль и управление производством: выявление тенденций и закономерностей;
2. Оценка характеристик процесса, в том числе его стабильности;
3. Оценка эффективности нововведений и изменений;
4. Сравнение поставщиков на основе анализа выборочных партий материалов;
5. Оценка удовлетворенности потребителя.

Существуют различные варианты критериев проверки статистических гипотез в зависимости от цели и исходных данных. Например, при необходимости сравнения эмпирических и теоретических наборов данных для оценки значимости различий, отклонения от желаемого результата хорошо подходит критерий Пирсона или Романовского. Для выявления общего закона распределения при анализе двух схожих наборов данных (например, результаты двух проверок) можно применить критерий Колмогорова-Смирнова.

Кроме того, проверка гипотезы используется не только в чистом виде, а также во многих иных статистических методах: контрольные карты, выборочный контроль.

Целью работы является разработка и описание процедуры применения метода проверки статистических гипотез в системе менеджмента качества для перечисленных выше задач.

Актуальность темы заключается в том, что вопрос качества и его улучшения стоит довольно остро, так как это путь к снижению расходов, повышению эффективности, росту числа довольных клиентов и др. Связь метода проверки статистической гипотезы и СМК, а также применение их на практике позволит повысить результаты деятельности, а создание процедур упростит процесс его реализации.

Список использованных источников:

1. В.В. Ефимов, Т.В. Барт. Статистические методы в управлении качеством продукции / Учебное пособие. 2006. 172 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». М.: Стандартинформ, 2015.

3. ГОСТ Р ИСО/ТО 10017-2005 «Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001». М.: Стандартинформ, 2005.

Разработка методики оценки публикационной активности научных организаций аэрокосмического комплекса

Фадеев Д.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Краев В.М.

МАИ, Москва

Публикационная активность является одним из определяющих показателей используемым для оценки результатов научной деятельности, которая может оцениваться как для отдельных авторов, так и для научных подразделений и организаций в целом.

Методологическим проблемам выбора показателей оценки результативности и качества научных работ в последнее время уделяется большое внимание. Так в целом наработан обширный аппарат математических методов в области наукометрии для анализа публикационной активности (ПА) [1].

Наряду с этим отсутствие научно обоснованных критериев для оценки эффективности деятельности в отдельности каждого ученого и научных организаций в целом давно является проблемой научного менеджмента. Исследователи отмечают отсутствие универсальных методик оценки ПА и построения публикационного рейтинга в зависимости от управленческих задач [1]. Кроме этого, разработка таких универсальных критериев носит ярко проявляемый и междисциплинарный характер, так как находится на стыке наукометрии, классической статистики, информатики и управления.

Таким образом, можно сказать, что задача оценки ПА и определения рейтинга автора или организации авторов с точки зрения уровня научной деятельности является сегодня актуальной задачей.

Целью работы является разработка методического инструментария в сфере менеджмента научных исследований. Теоретической основой работы является общая теории предельных состояний в структурных системах [2].

В работе приводится концепция модели «нормировки» показателя ПА, которая позволяет осуществить содержательную трактовку уровня научной деятельности.

Разработка концепции велась на основе метода, использующего свойства инвариантности математических и физических закономерностей. Одним из таких методов является общая теория предельных состояний в структурных системах [2]. Согласно этому подходу различные природные объекты объединяет единство их инвариантов предельных состояний как некий физический принцип гармонии развития структурных систем.

В качестве метода анализа научной ПА авторов была использована методика геометрического отображения предельных состояний в структурных системах [2]. Данная методика позволяет путем сравнения модельных классификационных кривых с фактическими (экспериментальными) оценить состояние, в котором находится система и дать прогнозную оценку ее дальнейшего поведения.

Для проведения исследования были взяты статистические данные по количеству публикаций учеными и преподавателями Московского авиационного института из наукометрической базы НЭБ eLibrary. Построенное на основе этих данных информационное поле зависимости количества публикаций ученого от периода его научной деятельности показало, что он тяготеет к некоторому статистическому центру, положение которого можно описать некоторой кривой, в качестве инварианта которой может быть использована кривая Ленгмюра [2]. Модельные кривые, построенные на ее основе, позволили предложить «теоретическую конструкцию предельных уровней» оценки ПА ученого, установив своеобразную качественную классификацию областей его деления в каждый рассматриваемый период научного стажа: высокая, достаточная, средняя, низкая и

критическая. А в качестве критерия ее оценки впервые на основе предельных уровней напряженно-деформированных состояний (НДС) [2] предложен показатель ПА к, как некоторый обобщенный интегральный показатель, позволяющий осуществить ее оценку и рост в системе вероятностно-прогностической трактовке.

На основе предлагаемого критерия к, была разработана методика оценки уровня ПА как для отдельного автора, так и для научных коллективов и организаций в целом. Проведена ее апробация на примере выборочной оценки работы некоторых кафедр МАИ, как для отдельных преподавателей, так и кафедры в целом. Кроме того была произведена сравнительная оценка ПА вуза в целом в сравнении с входящими в ТОП-20 лучшими Российскими вузами.

Таким образом, проведенные исследования доказывают возможность описания оценки уровня ПА авторов и организаций на основе нового подхода с позиции НДС структурных систем, а разработанная методика оценки показателей публикационной активности Российских исследователей, может быть полезны администрации организации для анализа и управления научной деятельностью.

Список использованных источников:

1. Валько Д.В. О методике систематической оценки формирования рейтинга публикационной активности исследователей / Д.В. Валько. — Текст: непосредственный // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2017. — №3(23). — С. 17–30.
2. Миронов В.А. Дистортность в природных системах: монография /В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, А.А. Терентьев, В.Н. Лотов. — Минск: Беларуская навука, 1997. — 415 с. — Текст: непосредственный.

Особенности внутреннего аудита системы менеджмента качества

Шашкина А.А.

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

РГТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Система менеджмента качества — это комплекс мер по управлению качеством продукта, который осуществляется предприятием на основе изучения потребностей потребителей. Аудит СМК — это независимый анализ, который позволяет определить соответствие деятельности в области качества запланированным показателям. Впервые аудит СМК был проведен в США. Для наших предприятий и организаций этот вид деятельности является относительно новым. Как известно, аудит бывает внешним и внутренним. Внутренний аудит дает возможность подробно изучить собственную деятельность, получить подробную информацию об эффективности СМК. Эффективность внутреннего аудита зависит от качества составления программы аудитов, от качества его проведения, сбора информации. В ходе аудита СМК проверяется и СМК и работники — участники процесса. Для этого используется несколько методов сбора информации: изучение документов, опрос персонала, наблюдение. От продуманности и четкости использования данных методов зависит качество результатов аудита. Важное внимание требуется уделить подбору внутренних аудиторов. Внутренним аудитором должен быть специалист, не связанный с работой проверяемого подразделения.

Аудит системы менеджмента качества — это обязательная процедура требуемая стандартам ИСО 9001, позволяющая оптимизировать, выявлять несоответствия в ходе протекания конкретных процессов. Внутренний аудит системы качества строится на ряде организационных принципов, основными из которых следует считать единообразие, системность, документированность, открытость, регулярность и независимость [1].

Встречаются случаи, когда аудит превращают в проверку, хотя на самом деле необходимо оценивать качество организации деятельности, протекание процессов, рациональность в распределении ресурсов. Процесс аудита приносит пользу, когда по его результатам обнаружены системные проблемы в управлении организации, причина которых лежит за пределами сферы ответственности, проверяемого персонала и когда эти проблемы устраняются. Главной целью аудита выступают не поиск несоответствий, а поиск

потенциалов для улучшения. В результате действительно происходит улучшение функционирования системы менеджмента, которое выражается в увеличении производительности труда, в уменьшении ошибок персонала. В отчетном документе аудиторской проверки считаются сами несоответствия, если они обнаружены, и определяется статус плана аудита — «выполнен в полном объеме» или «не выполнен в полном объеме» [2].

Ценность внутреннего аудита заключается также в том, что его результаты используются независимыми экспертами для оценивания того, насколько само предприятие способно выявлять проблемы в деятельности, организовывать корректирующие мероприятия, находить возможности для улучшения. Также наличие системы внутреннего аудита повышает доверие со стороны потребителей и партнеров организации.

Аудит СМК — это ключевой процесс СМК. Он позволяет выявить проблему, глубинные причины проблемы и донести информацию до высшего руководства. И таким образом, способствовать принятию эффективных корректирующих решений.

Цифровизация в менеджменте качества

Шипилева А.Д., Коноплева П.С.

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

МАИ, Москва

Сегодня мы живем в век информационных технологий и благодаря им оптимизируем и упрощаем свою жизнь. Цифровизация является одним из лучших способов повышения эффективности деятельности человека. Именно поэтому, мы можем использовать искусственный интеллект, дополненную реальность и другие технологии для ускорения производственных этапов и минимизирования ошибок.

Цифровизация проникла везде, без нее компании не смогут работать и быть конкурентоспособными на рынке. Менеджмент качества не исключение. Самой главной целью является производство качественного товара, постоянное улучшение его характеристик, устранение ошибок, брака и дефектов, соответствие всем требованиям, указанных в нормативных документах, минимизирование рисков и т.д.

Менеджмент качества подвергается постоянным улучшениям. Его цель стоит в том, чтобы отказаться от механической работы и перейти на цифровые операции. Однако все еще остаются задачи, где необходимо человеческое вмешательство.

Различают основные направления цифровизации СМК:

- Регистрация и анализ данных

Реализация этого направления самая сложная, так как происходит это все вручную под влиянием человеческого фактора. Измерять, собирать и анализировать данные, которые воздействуют на качество будет проще и легче, если произойдет повышение скорости работ всех систем, включая быструю обработку и точность данных, и надежность их хранения. Были разработаны различные виды сенсоров, которые используются сейчас почти во всех областях, но с их появлением начало быстро расти количество собранных данных. Человек не сможет осилить такой большой поток информации, поэтому необходима система, которая сможет быстро проанализировать ее.

- Подтверждение соответствия требованиям

В авиации, машиностроении и в других сферах существует необходимость подтверждать информацию о процессе производства, транспортировки и хранения с теми требованиями, которые прописаны в нормативных документах. Чем больше производство, тем больше деталей, заготовок и готовой продукции нужно проверить на соответствие. Цифровые системы справятся с этой задачей намного быстрее. Они проанализируют требования в нормативных документах, а также сам объект исследования с помощью сенсоров.

- Анализ желаний потребителя

Для того, чтобы удовлетворить потребителя, необходимо не только предоставить то, что он хочет, но и предугадать, что он захочет в будущем. Никто не знал, пользуясь

кнопочным телефоном, что ему требуется смартфон. Сегодня с помощью искусственного интеллекта можно предугадывать направления и перемены в потребностях покупателей. Например, отслеживание их покупок, запросы в поисковиках и оставленных отзывов. И на основе перечисленного предположить, что требуется покупателю. Однако, в этой сфере необходим профессионал в области программирования, так как только он может создавать и разрабатывать новые программные продукты.

- Принятие решений в неоднозначных ситуациях

На каждом предприятии возникают неоднозначные ситуации, где нужно учесть все аспекты и все случаи, которые могут произойти или произойдут в будущем. Процессы могут быть достаточно сложными и разветвленными, а дальнейшие действия зависят от влияющих на них отдельных параметров. Из-за этого, человеку необходимо прописывать и предугадывать все варианты, которые могут произойти в процессе работы. Цифровая трансформация сможет решить такую проблему за счет применения прогнозной аналитики.

Таким образом, можно сказать, что с развитием IT технологий, мы расширяем и упрощаем работу человека. А в управлении качеством расширяется возможность на предприятиях различных сфер деятельности за счет сокращения «человеческого фактора». Но всегда надо помнить, что программы создают, контролируют и редактируют люди, поэтому нельзя полностью отказаться от человека в цифровизации.

Совершенствование системы электронного документооборота как одно из направлений улучшения системы менеджмента качества

Юдин М.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Система электронного документооборота (СЭД) — организационно-техническая система, которая обеспечивает процессы создания, утверждения, управления доступом и распространения электронных документов в компьютерных сетях. Также, благодаря этой системе, можно обеспечить контроль над потоками всех документов в организации.

Системы электронного документооборота начали широко использоваться в России с 2009 года. На сегодня рынок СЭД в России оценивается в 860-884 млн. долларов. Основным потребителем СЭД услуг в России является государство — 35% рынка. По итогам 2022 года прогнозируется увеличение рынка СЭД в России на 16,2%.

Внедрение СЭД в отечественных организациях соответствует концепции «Индустрия 4.0». Использование электронного документооборота позволяет уменьшить период создания и утверждения документов, упростить обмен документами внутри организации, за счет снижения потребления бумаги снизить воздействие на окружающую среду, а также контролировать доступ к документам тех или иных сотрудников организации.

Классификация систем электронного документооборота:

- 1) Универсальные СЭД;
- 2) Индивидуально разрабатываемые СЭД;
- 3) Комбинированные СЭД.

СЭД-системы более распространены на постсоветском пространстве, в остальной части мира используют более совершенную систему — ECM (Enterprise Content Management). ECM — это комплекс приложений, позволяющий управлять всем корпоративным контентом (письма, новости, документы, извещения о совещаниях и т.д.).

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (далее — МАИ) — это ведущий российский вуз, подготавливающий специалистов как для компаний авиационной отрасли, так и для технологических предприятий других направлений экономической деятельности. МАИ всегда стремится к развитию. Пандемия коронавируса подтолкнула уже созданную систему электронного обучения и другие электронные ресурсы МАИ к дальнейшему развитию. В дополнение к

ранее существовавшему личному кабинету абитуриента специалисты МАИ создали личный кабинет студента, личный кабинет сотрудника.

Система электронного документооборота может стать хорошим дополнением к действующим системам, внедренным в МАИ. При помощи СЭД сотрудники и студенты МАИ могли бы ознакомиться с действующими документами, правилами охраны труда, положениями, распоряжениями и приказами, действующими в организации. СЭД позволит сотрудникам МАИ контактировать между собой в реальном времени, появится возможность оперативного согласования документов. Также внедрение СЭД позволит создать единую базу документов МАИ, позволит грамотно управлять документированной информацией, что в дальнейшем может упростить прохождение сертификационных аудитов СМК МАИ.

Ежегодно все подразделения МАИ, на которые распространяется область действия СМК, проходят внутренний аудит. Одним из этапов проведения внутреннего аудита является анализ документации. СЭД позволяет выполнять функции регистрации, ознакомления, контроля исполнения, согласования документов. Также в СЭД можно отследить, кто из персонала и в какой части задействован в процессах управления документами и т. д. СЭД ускоряет и облегчает проведение внутреннего аудита. Вся документация, оформленная в ходе и по результатам проведения аудита может и должна заноситься в СЭД. Это в дальнейшем позволит обеспечить быстрый доступ к этой информации, как со стороны проверяемых подразделений, так и со стороны УКСиС надо расшифровать, сторонние читатели не поймут что этоУправления качества, стандартизации и сертификации МАИ, организаций, проводящих внешние аудиты.

Внедрение СЭД может уменьшить накладные расходы, связанные с закупкой бумаги, а также картриджами для принтеров. СЭД поможет увеличить производительность каждого сотрудника в частности, и МАИ в целом!

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Система менеджмента качества. Основные положения и словарь». М.: Стандартиформ, 2015.
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». М.: Стандартиформ, 2015.
3. Цифровая индустрия 4.0 [Электронный ресурс]. — <https://www.forbes.ru/brandvoice/sap/345779-chetyre-nol-v-nashu-polzu> (Дата обращения: 20.01.2022)
4. ЕСМ [Электронный ресурс]. — <https://www.doc-online.ru/tags/ECM/> (Дата обращения: 20.01.2022)
5. Системы управления корпоративной информацией (ЕСМ-системы) и системы электронного документооборота (СЭД) [Электронный ресурс]. — <https://webcreator.ru/articles/ecm> (Дата обращения: 24.01.2022)
6. СЭД (рынок России) [Электронный ресурс]. — [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A1%D0%AD%D0%94_\(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A1%D0%AD%D0%94_(%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8)) (Дата обращения: 28.01.2022)
7. Рынок СЭД в России в 2021 году [Электронный ресурс]. — <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/216656/2021-09-29/2021-w39/rynok-sed-rossii-vyrastet-12-15-2021-godu> (Дата обращения: 24.01.2022)

Секция №9.3 Управление персоналом аэрокосмической отрасли

Формирование модели для выявления конфликтных ситуаций

Алексеева П.А.

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

МАИ, Москва

В настоящее время актуальной задачей для специалистов по кадрам становится построение такой модели по выявлению конфликтов, которая обладала бы высокой чувствительностью к конфликтным ситуациям. Конфликтная чувствительность основана на предположении, что любая инициатива, которая выполняется в зонах, затронутых конфликтом, будет иметь последствия, которые позитивно или негативно отразятся на конфликте [3]. Конфликтная чувствительность включает в себя планирование, определение приоритетов, методов выполнения работы, методов мониторинга и оценки, и общую оценку влияния присутствия/работы специалиста по кадрам.

Известно, что данные по модели выявления скрытых конфликтов формируются исходя из результатов проведенных опросов сотрудников [1]. Стоит отметить, что традиционный подход, не сможет выявить такой конфликт, т.к. средние значения оценок по каждому внутреннему контрагенту не будут заметно отличаться.

В 1980-х годах Томас Саати (Thomas L. Saaty) разработал процесс аналитической иерархии (АНП) — новый научный метод принятия решений, основанный на иерархических структурах и вынесении суждений. Принятие решений включает в себя множество критериев и подкритериев, используемых для ранжирования данных. Используемые критерии могут быть безразмерными, однако, определение весов и приоритетов критериев для формирования итогового рейтинга является сложной задачей. Для принятия адекватного управленческого решения Томас Саати предлагает разложить решение на следующие шаги: 1. постановка задачи и определение вид требуемых данных; 2. формирование иерархии решений и цели через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие элементы) до самого низкого уровня; 3 построение набора матриц попарного сравнения, когда каждый элемент в верхнем уровне используется для сравнения элементов на уровне непосредственно ниже по отношению к нему; 4 расчет весов, полученных в результате сравнений для каждого элемента. В своей работе Томас Саати при выявлении выигрыша/проигрыша с использованием модели АНП показал необходимость учета взаимосвязи между событиями. Было применено попарное сравнение событий. Таким образом, авторы [2] показывают важность корреляционных зависимостей в модели АНП. При сравнении результатов расчетов с реальными историческими данными показано достаточно высокое — 85.10% — совпадение [2]. Несмотря на то, что в модели авторов [2] уже используется корреляционные зависимости, тем не менее такой подход не удовлетворяет требованиям поставленной нами задачи по выявлению конфликтной пары субъектов опроса.

Еще одной интересной работой в рассматриваемой области является исследование Казутомо Нишизава (Kazutomo Nishizawa), в котором автор рассматривает взаимную оценку и метод ее решения путем расширения попарных сравнений процесса аналитической иерархии АНП. Автор поясняет, что в традиционном АНП существуют ограничения. Например, элементы матрицы попарного сравнения обладают свойством взаимности. Основываясь на матрице невязимой оценки путем взаимной оценки, Казутомо Нишизава предлагает метод решения матрицы оценки для получения идеально согласованного собственного вектора. В предлагаемом способе, в качестве примера рассмотрены взаимные оценки работы студентов. Оценка проводилась по 10 критериям, и общий максимальный балл составил 50 баллов. Оценка каждого студента проводилась его коллегами – студентами. В этой работе рассмотрен метод взаимной оценки со сравнением в АНП. Предлагаемый метод был построен на основе предыдущих исследований автора.

Как видно, тенденция применения корреляционных и взаимных оценок является современным и перспективным решением для повышения объективности и точности обработки результатов исследований. Однако, в рассмотренных работах ведущих ученых не приводятся решения по выявлению именно конфликтных пар субъектов опроса. Т.е. поставленная нами задача и ее решение обладает определенной научной новизной и имеет перспективы для дальнейшего развития.

Список использованных источников:

1. Алексеева, П. А. Современные модели снижения конфликтности персонала предприятий аэрокосмического комплекса / П. А. Алексеева, В. М. Краев // Московский экономический журнал. — 2021. — № 1. — С. 28. — DOI 10.24411/2413-046X-2021-10004.

2. Коляда Михаил Георгиевич, Бугаева Татьяна Ивановна Принятие педагогических решений на основе анализа иерархий по методу Саати // ОГО. 2015. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prinyatie-pedagogicheskikh-resheniy-na-osnove-analiza-ierarhiy-po-metodu-saati> (дата обращения: 26.02.2022).

3. Кузнецова, Л. Э. Социально-психологические факторы формирования преобладающих стратегий поведения в конфликте / Л. Э. Кузнецова, А. А. Любченко. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 10 (144). — С. 372-374. — URL: <https://moluch.ru/archive/144/40310/> (дата обращения: 26.02.2022).

Важность этики в деятельности HR-менеджера

Барсегян Л.Б.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Истратий А.Ю.

МГОУ, Москва

Вопросы этики и морали зачастую остаются на периферии как в деловой практике, так и в исследованиях в сфере менеджмента. Тем не менее, несмотря на часто встречаемую декларативную позицию работодателя о том, что он принимает во внимание исключительно практические аспекты взаимоотношений с сотрудниками компании, на практике это также является определенной ценностной системой, характеризующей конкретную организацию, в которой благосостояние работников просто оказывается ниже в иерархии в сравнении с количественными показателями прибыльности деятельности фирмы. Соответственно, и кадровая сфера также является элементом организационной культуры компании, что накладывает определенные обязательства по этичности функционирования HR-специалистов. Можно выделить ряд причин, обуславливающих данный аспект.

Первой причиной является то, что деятельность специалистов в кадровой сфере связана с взаимодействием с людьми [3, с.57]. Являясь по сути первым сотрудником компании, с которыми взаимодействует очередной соискатель, HR-специалист транслирует внутрифирменные установки и ценности, в том числе в этической сфере. Вторая причина состоит в том, что у профессии HR-менеджера есть определенная общественная репутация, которая формирует определенный набор императивов, следовать которым предписывает общественное и профессиональное мнение. Третья причина касается этических систем, которые являются не только запретами и предписаниями. Они указывают, в той доле и на социальную значимость профессии. Познание социальной роли специальности существенно самому профессионалу.

Возможно отметить немного этических систем, какие соблюдают профессионалы по управлению персоналом в реальное время [1, с. 186].

Первая этическая система — это капиталистически-манипулятивная. Изнутри данной системы ценностей находятся только потребности организации: отлично все то, что повышает прибыль. Подобная этическая установка предполагает, что от работников спрашивают давать всегда более времени, сил и знаний. Однако организация пытается поменьше дать. Рекрутеры в согласовании с капиталистически-манипулятивной моделью отыскивают кандидатов, которые склонны трудиться за наименьшую зарплату.

На собеседованиях претендентов обманывают, например, не рассказывают, что оплата будет по «серой схеме».

Вторая этическая система — это карьерно-клановая. Эта этическая модификация устанавливает во главу угла потребности компании как социально-иерархической системы. HR-менеджер действует на какой-либо «клан» (производственный, рекламный). На этапе выбора он подбирает кандидатов, которые поддержат потребности этих или иных подразделений.

Третьей этической системой представляется эгоистическая. В компаниях со слабой координационной структурой HR-специалисты даны сами себе. Рабочая команда для них — так называемая социальная сеть. Менеджеры подобной этической модификации наставлены не безоговорочно исключительно на карьеру, они сумеют разрешить и свои собственные вопросы. При подборе HR-специалист устремляется зачислить в организацию знакомых, родственников, друзей, какие будут важны непосредственно ему. Это же затрагивает и обучение, и мотивацию.

Четвёртая этическая система именуется альтруистической. Существуют HR-специалисты, которые отталкиваются от того, что в компании обязаны трудиться люди, владеющие нужными компетенциями. Рекрутеры защищают своих претендентов, если видят, что их опыт и знания подходят объявленным требованиям. Они борются за то, чтобы своевременно увеличивали зарплату, напротив значимые профессионалы могут уволиться, выбивают надобное обучение.

Какая же из этических моделей представляется наилучшей? На первый взор кажется, что альтруистическая, но это не часто так. HR-ы, сознательно или неосознанно делящие ценности данной модели, конечно, активизируют расположение и неподдельное уважение, но часто становятся жертвами. На наш взгляд, нравственный кодекс HR-профессионала обязан быть иным.

Этическая культура менеджера по персоналу является системной характеристикой личности специалиста, которая включает в себя: [2, с. 93]

- 1) культуру тактичного профессионально-речевого действия (адекватный ситуации делового общения тон, динамика звучания голоса, темп)
- 2) перцептивно-коммуникативную культуру (самоуправление своим психоэмоциональным состоянием в процессе делового общения)

Таким образом, ориентируясь в кадровой работе на основные продуктивные цели организации, специалист по персоналу не должен упускать из виду этические ценности организации, высшие принципы её деятельности.

Список использованных источников:

1. Зуб, А. Т. Психология управления. Учебник и практикум / А.Т. Зуб. — М.: Юрайт, 2019. — 384 с.
2. Кибанов, А. Я. Основы управления персоналом. Учебник / А.Я. Кибанов. — М.: ИН-ФРА-М, 2018. — 213 с.
3. Шапиро, С. А. Основы управления персоналом в современных организациях. Экс-пресс-курс / С.А. Шапиро, О.В. Шатаева. — М.: ГроссМедиа, РОСБУХ, 2019. — 400 с.

Использование инновационных средств контроля для предотвращения кадровых рисков

Гасанова П.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Коновалова О.В.

Финуниверситет, Москва

Актуальность изучения кадровых рисков связана с переводом сотрудников на удаленную работу, который затронул разные секторы рынка занятости. В связи с этим проблема возможных утечек информации усугубляется. По данным InfoWatch в России объем утечек умышленного характера по вине внутренних нарушителей вырос с 38,7% до

79,3%, (общий объем — 2,2%), хотя в мире прослеживались обратные тенденции (снижение на 4,5%).

Самыми уязвимыми сферами являются финансы и высокие технологии, к которым можно отнести аэрокосмическую отрасль. Например, бразильский авиастроительный комбинат Embraer в 2020 году столкнулся с атакой кибер-мошенников через вирусную программу и с утечкой данных. Умышленно передавал информацию инженер американской компании, в которой он занимался созданием суперкомпьютера с аэрокосмическими приложениями. Сотрудник компании копировал информацию на личную почту и передавал их третьему лицу.

Для того, чтобы обезопасить себя от кражи или передачи информации третьим лицам, компании должны повышать информационную грамотность сотрудников, искать уязвимости в системе, установить программы, которые блокировали бы копирование, передачу информации на носители. Использование таких программ, например DLP-систем, минимизирует вероятность утечки информации и решает вторую проблему, связанную с мотивацией работника. Также можно предложить использование технологии Big Data для анализа больших массивов информации и применение новых технологий (SOC-центр, SIEM- и UMA-системы). Эти технологии применяются в Федеральном управлении гражданской авиации США.

Второй кадровый риск связан с проблемой мотивации работников, продуктивность которых снижается, тех, кто не заинтересован в успехах организации. Для этого можно также использовать DLP-систему, благодаря которой можно отследить, сколько времени работник использует рабочие программы, какие интерне-сайты он посещает, как использует мессенджеры, просматривать видеозаписи экрана. Однако есть опасность попытки обойти систему, установив программы-обманки, которые могут оказаться вирусными. К тому же может снизиться мотивация сотрудника работать и приносить пользу компании. Для этого можно предпринять ряд мер, таких как отслеживание индивидуальных ключевых показателей эффективности для каждого сотрудника, установить денежные и неденежные вознаграждения и т. д.

В итоге можно сделать вывод, что для снижения кадровых рисков компаниям необходимо держать под контролем информационную безопасность и поддерживать должный уровень производительности труда без снижения лояльности работников.

Инструмент по карьерному развитию персонала на предприятиях аэрокосмической отрасли

Гладкая К.В.

Научный руководитель — Семина А.П.

МАИ, Москва

Развитие и конкурентоспособность предприятий аэрокосмической отрасли зависит от наличия квалифицированного персонала. Важнейшей задачей специалистов управления персоналом является удержание и развитие сотрудников с высоким потенциалом. Одним из способов является предоставление возможностей карьерного развития сотрудников на предприятии [1].

Деловая карьера персонала — поступательное совершенствование человека в какой-либо сфере деятельности, развитие навыков, улучшение способностей, квалификационных возможностей и изменение размеров вознаграждения, связанных с деятельностью.

Существует множество способов развития сотрудников, их вовлечения и увеличения вероятности того, что они останутся в компании:

- Составление индивидуальных планов развития;
- Предоставление возможностей развития в других функциях и подразделениях;
- Определение ключевых показателей эффективности и формирование функциональных компетенций;
- Проведение обучения сотрудников, развивающего их потенциал и навыки [2].

Все описанные способы должны быть использованы в рамках единой системы развития персонала. Для этого был разработан инструмент по карьерному развитию сотрудников «Карьерный навигатор», который является связующим элементом процессов развития сотрудников.

«Карьерный навигатор» представляет собой онлайн инструмент, в котором собрано систематизированное описание основных маршрутов карьерного развития сотрудников. Сотрудник изначально ознакомливается с алгоритмом действий в рамках карьерного развития, далее выбирает свою позицию и подразделение для просмотра потенциальных путей своего развития. Для каждой позиции сформирован профиль, который содержит функциональные компетенции и целевые уровни, описание, требования и цели позиции, формы для самооценки и оценки компетенций совместно с руководителем.

Данный инструмент помогает сотруднику в процессе постановки приоритетов и составления индивидуальных планов развития, а именно оценить свой уровень функциональных компетенций, определить цель и план своего развития. Кроме того, сотрудник может изучить особенности потенциальной позиции, необходимые экспертизы, навыки, компетенции и сложности, с которыми можно столкнуться, работая на данной должности.

Таким образом, составление плана будущей карьеры работников организации дает возможность целиком обеспечить организацию руководящими кадрами, улучшить мотивацию сотрудников и достичь взаимосвязи между стратегическими целями, которые стоят перед компанией, и теми целями, которые ставит себе каждый сотрудник.

Список использованных источников:

1. Тихонов, А.И., 2020. Основные факторы удержания сотрудников в российских компаниях. Московский экономический журнал, 7.
2. Королева, Е.А., А.П. Семина, 2019. Управление деловой карьерой как метод развития персонала в организации аэрокосмической отрасли. Московский экономический журнал, 3.

Особенности подготовки инженерных кадров в вузах для аэрокосмической отрасли

Жиженкова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шкарубо С.Н.
МАИ, Москва

Очевидным фактом является важность роли аэрокосмического комплекса в структуре стратегического развития России. Темпы роста аэрокосмической промышленности с каждым годом увеличиваются, так как сама отрасль является основой для обеспечения военно-экономической безопасности страны. Для поддержания ее стабильного и непрерывного развития необходимы не только научно-технические достижения и различные модернизации производства, но и соответствующие этим условиям высококвалифицированные специалисты.

Ключевую роль в подготовке инженерных кадров аэрокосмоса играет система образования, в первую очередь — высшие учебные заведения, ориентированные на выпуск специалистов, соответствующих растущим требованиям отрасли. Очевидно, что в странах-лидерах аэрокосмического производства им уделяется особое место. На базе вузов выполняется значительная часть основополагающих исследований, необходимых для развития инновационного и экономического потенциала отрасли.

Одним из важных направлений реализации системы «образование-наука-производство» является научно-исследовательская работа студентов, аспирантов и молодых ученых.

Именно качественно-ориентированная на запросы аэрокосмической отрасли и корпорации НИРС вузов позволяет реализовать особенности подготовки будущих специалистов области.

НИРС — это комплекс теоретических и экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей модернизации продукции (согласно ГОСТ 15.101-98).

Профессиональная социализация НИРС аэрокосмических вузов осуществляется через систему студенческих научных конференций, семинаров, олимпиад и конкурсов, направленных на реализацию научно-исследовательских и практико-технологических запросов отраслевых корпораций. Такая деятельность стимулирует студентов, повышает уровень их компетенции, способствует мотивации к дальнейшей работе. Особым образом следует отметить значение групповой работы студентов в рамках государственных, межвузовских или внутри вузовских грантов, деятельность в студенческих и научно-технических объединениях.

Данный подход позволяет реализовать цель-расширение участия университетов в научных исследованиях и ОКР заказчиков отрасли. Включение НИРСа в учебный процесс вуза, его осуществление в не учебное время — это путь повышения качества подготовки молодых специалистов, их уровня научных достижений и результатов.

Совместная деятельность обучающихся в НИРСах способствует психологическим процессам командообразования, повышает конкурентоспособность будущих выпускников благодаря формирующимся навыкам работы в мультикультурной научно-технической среде, а вместе с тем позволяет самим вузам эффективно участвовать во всех крупнейших проектах своих партнеров, взаимодействуя с ведущими профильными корпорациями.

Сравнительный анализ технологий рекрутмента в компаниях «Арофлот», «S7», «Уральские авиалинии», «ЮТэйр»

Ким В.В.

Научный руководитель — Конкина В.А.
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Челябинск

Актуальность рекрутмента в сфере авиаперевозок обусловлена стремительным развитием туризма.

Гончаров А.И. определяет рекрутмент как «сфера деятельности, основной задачей которой является поиск и подбор специалистов» [1].

Компании стремятся набирать сотрудников молодого возраста. Благодаря эпохе Digital основные бизнес-процессы стали совершенствоваться, стали выделять новый метод: Digital-рекрутинг. Поиск сотрудника осуществляется через электронные ресурсы [7]. Молодые сотрудники гораздо легче и быстрее адаптируются к таким изменениям, что упрощает и удешевляет процесс поиска, отбора и планирования развития персонала [3]. Поэтому задача сводится к привлечению молодых сотрудников поколения Z, обладающих навыками: коммуникабельностью, творческими навыками, работе в команде, лидерскими качествами.

Процесс рекрутмента состоит из этапов: составление портрета будущего кандидата (профессиональные и личностные качества) и заявки на подбор, определение источника поиска (внутренние и внешние), размещение вакансии: job-порталы, соц.сети, Telegram-каналы, сайты компаний, просмотр и анализ откликов на вакансию, отбор, подбор (собеседование с отобранными кандидатами, прием на работу (оформление документов).

Каждый из этапов можно автоматизировать благодаря, цифровым технологиям, которые существенно снижают затраты времени и освобождают работников от рутинных операций, что соответствует принципам управления заинтересованными сторонами [4].

По данным опроса «Международные тенденции в сфере управления персоналом компании», проведенного компанией Deloitte, в 2020 году [5], 60% компаний уже стандартизировали ключевые процессы рекрутмента на 63%, более сложные процессы — на 25%.

Одним из средств привлечения кандидатов является SMM. В качестве средства привлечения персонала, которое относится к поколению Y и Z, используется формы

цифровых технологий как работа в социальных сетях (Facebook, VKontakte, Twitter, OK, и др.). Это направление является перспективным не только по отношению к привлечению персонала, но и с точки зрения создания положительного образа, бренда компании [2].

Проанализируем используемые технологии компаний: «Аэрофлот», «S7», «Уральские авиалинии», «ЮТэйр».

В компании «Аэрофлот» используют технологию «Staff selection», основным методом отбора в данной системе является отбор по откликам и структурированное собеседование, так же применяется деловая игра, при массовом отборе. В компании «S7» используется технология Graduate recruitment. Данная технология используется для привлечения лучших специалистов высшего звена. В авиакомпании «Уральские авиалинии» используется технология Executive Search, при ее применении подбор персонала происходит в проектных группах. В авиакомпании «ЮТэйр» используется технология Headhunting, то есть «переманивание» сотрудника из компаний конкурентов, сотрудники как правило высоко специализированы и с достаточно большим опытом работы.

Основные проблемы в процессе рекрутмента следующие [5]: поиск квалифицированного персонала с опытом работы; отбор штатных сотрудников с необходимыми навыками; поиск квалифицированного персонала на начальные позиции; позиционирование бренда работодателя; неэффективные технологии подбора и найма сотрудников.

Для решения проблемы улучшения позиционирования бренда работодателя можно использовать: социальные сети и сайт компании (наполнять страницы актуальным контентом, видеороликами, фотографиями и другим медиаконтентом), а также поддерживать обратную связь с посетителями данной страницы, в том числе потенциальными кандидатами на вакансии компании, путем ответов на отклики и мониторингом отзывов. Такую работу могут выполнять чат-боты. По оценкам журнала «Компетенция», только 6% работодателей использует чат-боты для автоматизации процесса рекрутмента [6].

Список использованных источников:

1. Гончаров А.И. Особенности управления персоналом в условиях информационно-коммуникационного пространства / Информационное общество: актуальные проблемы современности: Сб. трудов II Национальной научно-практической конференции (14 ноября 2019). — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. — С.352-358.
2. Семин А. П. Цифровизация процессов управления персоналом: SMM в HR// Дискуссия. — 2020, 1(98), — с.62-68
3. Скитёва Е.И. Влияние кадрового потенциала компании на стратегическое управление персоналом // Инновации и инвестиции, 2020. — № 11.- С. 431-435.
4. Скитёва Е.И., Гончаров А.И. Корпоративная социальная ответственность: Учеб. пособие. — СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. — 64 с.
5. Тенденции в сфере управления персоналом в России - 2021 // <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/human-capital/russian/HC-Trends-2020-Russia-General-Report.pdf>
6. Цифровая трансформация HR. Опыт российских компаний // https://obzory.hr-media.ru/cifrovaya_transformaciya_hr_russia/References
7. Рекрутмент: понятия, виды и методы // <https://severstalssc.com/mediacenter/articles/rekrutment-ponyatie-vidy-i-metody/>

Повышение безопасности авиaperезонок путем снижения ошибок персонала при обслуживании и эксплуатации гражданских самолетов

Кузнецов А.С.

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

МАИ, Москва

Для разработки сложной наукоёмкой продукции (летательный аппарат, авиационный комплекс) первоначально создаются определенные абстрактные системы, которые преобразуются в готовые изделия определенных технических систем и систем человеческой деятельности предназначенных для выполнения своих функций [1].

Летательный аппарат — это сложная техническая система, от правильного функционирования которой зависит жизнь людей. Поэтому в работе специалистов авиационной отрасли ошибки недопустимы. К сожалению, они имеют место, что приводит к аварийным ситуациям и к достаточно большому материальному ущербу.

Во многих авиакомпаниях мира используются самолеты, которые по сроку эксплуатации, требуют более тщательного контроля при обслуживании. Молодой персонал зачастую совершает ошибки, которые ведут к поломке и задержке вылетов, возрастает количество авиаперевозок, следовательно, возрастает вероятность повреждения самолета обслуживающим персоналом [2]. Изменения в системе образования, в результате чего теоретическая подготовка молодых специалистов отдалается все больше от практики и отсутствие мотивации у сотрудников ведет к снижению концентрации при выполнении работ. Неправильная организация работы персонала, чрезмерная загруженность, а так же другие факторы влияют на качество обслуживания и авиаперевозок [3].

В данной работе рассматриваются вопросы увеличения безопасности воздушных перевозок и снижения экономической нагрузки на авиакомпании, отмечается важность высококвалифицированных специалистов в авиационной отрасли. Предлагаются эффективные меры по предотвращению ошибок персонала при обслуживании и эксплуатации авиационной техники.

Проведен сравнительный анализ статистических данных по авиапроисшествиям, подробно рассмотрены отчеты о авиапроисшествиях.

Из всех встречающихся случаев, было решено выделить и классифицировать определенные происшествия, а именно: повреждение самолета при столкновении с машинами обслуживания; повреждение при рулении или буксировке, ошибка при капитальном ремонте, ошибка технического обслуживания, управления полетами, причина связана с топливом, повреждение самолета перевозимым грузом или багажом. Эти позиции выбраны не просто так. Во-первых, это связано с тем, что причины данных происшествий примерно одинаковы, во-вторых, можно предпринять общий комплекс мер по их предотвращению

В результате анализа выявлены основные причины авиапроисшествий, связанные с ошибками персонала, возникающими при обслуживании и эксплуатации авиатехники. Предложен комплекс мер по их предотвращению.

Список использованных источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентно-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. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал с приложением. — 2019. — № 12(273). — С. 32-39.

3. Зубков, Б. В. Безопасность полётов: учебник / Б. В. Зубков, С. Е. Прозоров; под ред. Б.В. Зубкова. — Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2012. — 451 с.

Использование VR-технологий в обучении авиационного персонала

Лисина А.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Суков Д.Н.

РТУ МИРЭА, Москва

На сегодняшний день обучение персонала становится одной из наиболее важных задач, стоящих перед компаниями. Стандартные методы хоть и эффективны, но устаревают и имеют свои недостатки, поэтому в последнее время всё больше практикуется использование VR-технологий. По данным Financial News, мировой рынок VR растёт на 50% в год, таким образом, к 2026 он достигнет 180 млрд долларов. Одной из наиболее перспективных сфер использования VR— авиация, где по большей части VR используется в обучении.

Безусловно, если в целом сопоставлять с рынком VR, доля данного сектора будет мала: по прогнозам к 2025 году рынок составит 1,4 млрд долларов, но и растёт быстрее — на 61%. В настоящий момент авиационная отрасль разделилась во мнениях по поводу эффективности обучения персонала с применением виртуальной реальности. Одни говорят, что никакие другие технологии на рынке не смогут заменить привычный всем и испытанный летный тренажёр, полагая, что для персонала необходимо тренироваться в реальной кабине, однако нельзя отрицать того факта, что данные технологии стремительно развиваются, и почти на каждой большой авиационной и аэрокосмической выставке представляется большое количество VR-технологий.

Один из наиболее распространённых способов использования VR в обучении авиационного персонала — инспектирование самолётов. Перед тем, как борт будет отправлен в небо, весь экипаж и наземные службы обязаны проверить машину по множествам факторов. Согласно особенностям модели самолёта данный осмотр может несколько отличаться. VR-технологии помогают повысить эффективность процедуры предполётного досмотра на любом воздушном судне, независимо от его типа, а также сократить на этом время. Ещё одно важное направление использования VR — обучение бортпроводников технике соблюдения безопасности. В виртуальной реальности экипажу показывают, что делать в ситуациях, где необходима быстрая реакция и особые навыки. Более того, некоторую часть обучения пилотов переносят в виртуальную реальность. В основном это используется с «новичками», кто ещё не знаком с кабиной пилотов. Однако, и профессиональные пилоты тоже могут воспользоваться данным оборудованием, так как в VR есть возможность установить различные условия полёта для усовершенствования навыков (давление, ветер, высоту и т.д.).

Кроме этого, этот метод применяется как альтернатива видеоурокам в частных летных школах. Студенты могут изучить базу полёта с помощью смартфона и мобильной VR-гарнитуры.

Несмотря на то, что данные технологии в основном используются на западе, российские компании не отстают от прогресса внедрения VR-платформ. Так, компания NordStar работает в сотрудничестве с Tingo Interactive: в виртуальной среде был смоделирован настоящий салон самолёта Boeing 737-800.

Таким образом, в современных реалиях VR всё больше и больше актуален в качестве средства для обучения, особенно для авиационного персонала. Данные технологии способны привести авиацию к мощному прогрессу во всём мире. В России же использование VR-платформ предполагает множество сценариев, и их количество будет только расти.

Список использованных источников:

1. Е.А. Даниленко, С.А. Ярушева. Экономика труда и управление персоналом. VR-технологии: их потенциал и внедрение в систему обучения и развития персонала компаний, Том 3, №4, 2018. С 51-53.

2. Есть ли будущее у лётных VR-тренажеров для подготовки пилотов? — [Электронный ресурс]-Режим доступа: <https://www.aircharter.ru/about-us/news-features/blog/are-vr-flight-simulators-the-future-of-pilot-training/> (дата обращения 26.02.2022.)

3. Безопасная реальность: как авиакомпании используют VR-технологии — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://sber.pro/publication/bezopasnaia-realnost-kak-aviakompanii-ispolzuiut-vr-tehnologii> (дата обращения 26.02.2022)

Применение полиграфа как метода оценки персонала на предприятиях авиационной отрасли

Мартынишин И.Е.

Научный руководитель — профессор, к.э.н. Краев В.М.

МАИ, Москва

Отличительной чертой авиационной и ракетно-космической отрасли является высокая концентрация ответственности на многих должностях, и, как следствие, высокая цена ошибки, которая может привести к большим потерям.

Как показывает практика, самые дорогостоящие для предприятия ошибки совершает человек. Чтобы избежать огромных финансовых и репутационных потерь, компании авиационной отрасли должны вкладывать дополнительные средства в безопасность — стоит более качественно оценивать сотрудников, занимающих должности с высокой концентрацией ответственности.

Применение полиграфа может стать эффективным методом оценки личностных качеств потенциального сотрудника. Полиграф — это техническое средство, используемое при проведении психофизиологических исследований. Суть полиграфа заключается в синхронной регистрации параметров дыхания, сердечно-сосудистой активности, электрического сопротивления кожи, а также, при наличии необходимости и возможности, других физиологических параметров с последующим представлением результатов регистрации этих параметров в аналоговом или цифровом виде. Полиграф необходим для оценки достоверности сообщённой информации. Предпосылкой для создания полиграфа стала идея, что ложь человека вызывает его эмоциональную реакцию, следовательно, сопровождается измеримыми психофизиологическими проявлениями.

Несмотря на то, что оценка полиграфом для компании может быть одной из самых дорогостоящих методов оценки персонала, но еще дороже для компании обходятся последствия ошибок, совершенных сотрудниками, которые по своим личностным качествам не должны были занимать определенные должности.

Наиболее оптимальным данный метод оценки будет применим для категорий персонала с высокой концентрацией ответственности.

Формирование кадровой политики на предприятии аэрокосмической промышленности

Минаева К.А., Климова Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.ф.н. Сидорова И.М.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Космическая промышленность в нашей стране является важнейшим элементом экономики России, разрабатывающая космические аппараты и создающая их. По причине сложности организации предприятий этой области управление персоналом является важным элементом развития менеджмента.

Важными составляющими в кадровой политике любого предприятия играют следующие показатели: удовлетворенность сотрудников условиями труда, социально-психологический климат в коллективе и как следствие уровень текучести персонала.

Текучесть кадров является важной проблемой любого предприятия, так как любой новый сотрудник нуждается в обучении, адаптации, а в такой области как аэрокосмический комплекс еще и в стажировке. Поэтому увольнение сотрудника может привести к сильнейшим экономическим потерям. В этой области экономики работают высокообразованные специалисты и любой из них является ценным ресурсом компании. Именно поэтому закрепление персонала является приоритетной задачей в кадровой политике предприятия.

К сожалению, часто молодых специалистов разочаровывают условия работы и профессия в целом из-за несоответствия уровня ответственности и оплаты труда. Важно

привлекать будущих специалистов к работе ещё в период обучения в ВУЗе и поднимать планку высококвалифицированного работника.

Одной из основных составляющих любой кадровой политики является мотивация сотрудников. Мотивирование может быть: материальное — денежное вознаграждение (премии), корпоративные скидки, оплаченный отпуск в санатории, путевки в лагеря для детей и т.д.; нематериальное — временные вознаграждения, например, дополнительные дни отпуска; психологические — победивший в конкурсе на лучшего сотрудника вознаграждается своей фотографией на доске почета.

Необходимо комбинирование материальных и нематериальных поощрений. Для высококвалифицированного специалиста с большим стажем работы надбавка в виде премии в три тысячи рублей будет менее важна, чем психологическое поощрение, например, похвала или место на доске почета. Тем не менее материальные поощрения все еще остаются в приоритете у большинства сотрудников.

На уровень качества труда большое влияние оказывает благоприятный климат в коллективе. Высокое психоэмоциональное напряжение сотрудников не может благотворно сказаться на их работе. Но с другой стороны, чрезмерное равнодушие приведет к безответственному отношению к работе. Поэтому везде нужно искать компромиссы. Важную роль играет культура, которая сложилась на предприятии. Она существует неформально, но во многом определяет отношение к работе. Высокая культура предприятия возможна только тогда, когда оно характеризуется внимательным отношением к собственным сотрудникам.

Менеджер должен заметить, когда заинтересованность в работе у подчиненного начнет снижаться, тогда он должен постараться решить эту ситуацию всеми доступными способами. Иногда сотрудник теряет заинтересованность к работе на уже освоенном месте, возможно, его следует перевести в смежную область, чтобы, тем самым, стимулировать его профессиональный рост и решить проблему рутинности работы. Поощрение за хорошую работу должно сочетаться с высоким уровнем качества условий труда, обучением и адаптацией сотрудников на рабочем месте.

Успешная деятельность предприятия предполагает инновационную деятельность сотрудников, их мотивацию и своевременное поощрение.

Необходимо грамотно разрабатывать мотивационную систему, которая имеет свои особенности в зависимости от характера выполняемой работы сотрудником и от уровня его квалификации.

Мотивация выхода на работу сотрудников, находящихся в отпуске по уходу за ребёнком от 1,5 до 3 лет

Рысева П.В., Галанова А.П.

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

ПАО «Туполев», Москва

Создание системы организационно-трудовых отношений на предприятиях аэрокосмического комплекса, способствующее повышению эффективности работы сотрудников, а также улучшению социально-правовой защиты и уровня их жизни и жизни членов их семей, является основной целью заключения коллективного договора между предприятием и работниками.

Обе стороны строя свои взаимоотношения на принципах партнерства при создании и совершенствовании необходимых условий, обеспечивающих стабильную работу и развитие предприятия, повышение уровня жизни работников и их социально-правовую защиту. Успех действенного управления персоналом лежит через понимание его мотивации.

Согласно Федеральному закону «Об образовании в Российской Федерации» в детский сад допускается приём детей с двух месяцев. Однако места в государственном или муниципальном детском саду распределяют по очереди, поэтому на практике приём ребенка происходит в возрасте около 3-3,5 лет. В связи с чем, в большинстве случаев, при возрасте

ребенка от 1,5 до 3 лет родители выбирают либо частные детские сады, либо самостоятельные занятия дома с оформлением отпуска по уходу за ребенком. При этом родители несут значительные расходы:

- В связи с оплатой частного детского сада, в среднем от 20000 до 40000 рублей на полный день;
- Из-за невозможности выхода на работу, в среднем от 39000 до 50000 рублей на полный день для оклада (без учета премий и надбавок) должностей большинства молодых специалистов аэрокосмической отрасли.

В соответствии с Федеральным законом «Об обязательном социальном страховании на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством» ежемесячное пособие:

- По уходу за ребенком до 1,5 лет выплачивается в размере 40% от среднего заработка работника, но не менее минимального размера этого пособия, установленного Федеральным законом «О государственных пособиях гражданам, имеющим детей»;
- По уходу за ребенком от 1,5 до 3 лет ежемесячное пособие не предусмотрено.

При этом, согласно Федеральному закону «О ежемесячных выплатах семьям, имеющим детей», семьям с ребенком до 3 лет, среднедушевой доход которых составляет не более двух региональных прожиточных минимумов, полагается ежемесячная выплата в размере одного прожиточного минимума в регионе (20589 рублей для трудоспособного населения в г. Москве). Однако анализ информации на сайтах по поиску работы показывает, что оклад инженера-конструктора без категории в ПАО «Туполев» в частности и в аэрокосмической отрасли в целом составляет не менее 43000 рублей, что, с учётом премий и надбавок, больше чем сумма двух региональных прожиточных минимумов.

Вышеописанное указывает на наличие у работника, находящегося в отпуске по уходу за ребенком от 1,5 до 3 лет, материальной мотивации к выходу на работу с постоянной или частичной занятостью.

Однако одним из сдерживающих факторов выхода на работу является неготовность работника доверить на несколько часов своего ребенка воспитателям в детском саду, а стресс от разлуки с родителями может негативно повлиять на эмоциональное состояние ребенка.

И здесь компании могут предоставить благоприятные условия для работников-родителей: корпоративный детский сад или детская комната, гибкие часы работы, комната для кормления.

Однако нужно понимать, что никто не повезёт своего ребёнка по пробкам, если живёт более чем в полутора часах езды от предприятия. Поэтому при создании корпоративного детского сада важно, чтобы было достаточно родителей, чьё время в пути до работы составляет от 30 до 50 минут.

Корпоративный детский сад — это инструмент создания престижа, лояльности и удержания молодёжи на предприятии на долгие годы, он позволит избежать текучки ценных кадров и даст весомые преимущества при найме новых сотрудников. Молодые мамы — одни из самых эффективных и мотивированных сотрудников: после долгого отпуска у них появляется огромное желание работать, они отлично справляются со своим временем, и это желание усиливается, когда ребенок находится рядом, под контролем. Им не приходится постоянно отлучаться и переживать, они становятся более мобильными и поддерживают баланс между личной жизнью и работой. К тому же нет значительного перерыва в работе из-за длительного отпуска, профессиональные навыки не ослабевают, не теряется темп, динамика выполнения рабочих задач, не требуется время на адаптацию и дополнительное обучение.

Корпоративный сад открывает больше возможностей: можно с ребенком пообедать, провести его в перерыве, а вечером по дороге что-то обсудить, нет необходимости вечером после работы срочно ехать в муниципальный детский сад, чтобы забрать ребенка.

Организация дошкольного учреждения для пребывания детей работников предприятия в возрасте от 1,5 лет, как инструмент создания престижа, лояльности и удержания молодёжи на предприятии, является целесообразной и логически обоснованной. Однако для выявления среди работников потребности в организации корпоративного детского сада необходимо проводить дополнительное анкетирование.

Формирование и внедрение программы благополучия в компании для повышения эффективности деятельности команд

Семина А.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

Концепция Well-being — комплексная программа, направленная на поддержание физического и психологического здоровья человека, главная цель которой — привлечение и удержание кадров, снижение уровня текучести, а также повышение эффективности команды и вовлеченность в бизнес-процессы.

Согласно исследованию Baker McKenzie: 79% страдают от синдрома профессионального выгорания, 90% россиян испытывают истощение время от времени, 80% — перегрузки на работе негативно влияют на здоровье, 33% — испытывают стресс 2-3 раза в неделю, а 13% живут в нем постоянно.

В начале 2001 года агентство Health Pulse провело исследование программы wellbeing среди 73 тыс. пользователей, работающих в 460 компаниях в 190 странах мира. Результат исследования: 47% опрошенных из-за пандемии работают не в офисе. Это повлияло на спрос на онлайн-тренировки и приложения для соблюдения распорядка дня. Согласно исследованию Garmin в среднем на 175 сократилось количество шагов в день. На 40% возник спрос на wellbeing программы и на 80% — индивидуальный коучинг. Согласно данным исследовательского института Gallup, 87 % работников в мире не испытывают интереса к своей профессиональной деятельности. Согласно исследованию HeadHunter, 60 % россиян недовольны своей работой. Из них 56 % назвали причиной низкого уровня удовлетворённости работой ежедневный дискомфорт на рабочем месте.

В ходе опроса 80% из примерно 9 тыс. респондентов в исследовании Deloitte обозначили, что забота о физическом и психологическом состоянии работника, снижение его уровня стресса, соблюдение баланса между работой и личной жизнью, охрана труда и безопасность сотрудника являются самыми важными факторами успеха деятельности организации.

Программы благополучия — это тренд 2021 и 2022 годов. Многие исследования устанавливают, что от того, насколько комфортно психологически и физически чувствуют себя человек в организации зависит и успешность компании в целом. В нашей работе мы рассматриваем различные исследования, связанные с программами благополучия, и анализируем влияния внедрения этих программ на эффективность команд организаций. Результаты моей аналитической работы показывают, что забота о сотруднике является важной составляющей успеха организации в последнее время. Часть компаний уже внедрила программы благополучия, часть находится на этапах формирования и внедрения. Компании, которые не уделяют внимания вопросам благополучия показывают низкую эффективность. Кроме того они не являются привлекательными для кандидатов на рынке труда.

Список использованных источников:

1. Семина, АП., 2021. Влияние командной формы организации труда на эффективность организации. Формирование "суперкоманды". Московский экономический журнал, 11.
2. Семина, АП., 2020. Анализ моделей и подходов в формировании команды компании. Вестник алтайской академии экономики и права, 12-2.
3. Семина, АП., Федотова, МА., 2020. Обзор практики компаний в работе с командами. Экономика, предпринимательство и право, 2.
4. Международное исследование тенденций в управлении персоналом — 2021. Date Views 06.03.2022 www2.deloitte.com/ru/ru/pages/human-capital/articles/human-capital-trends-2021.html.

Особенности адаптации студентов первого курса к обучению в вузе

Сизикова А.А.

Научный руководитель — Семина А.П.

МАИ, Москва

Жизнь человека представляет собой череду важных, интересных и волнующих встреч, ему приходится постоянно привыкать к новым условиям. Ресурсы человека безграничны, мы можем приспосабливаться к любым условиям, что предлагает нам наша жизнь, эта способность называется адаптацией. Она представляет собой процесс, в котором формируется способность личности к самостоятельному, активному построению собственной жизнедеятельности в постоянно меняющихся условиях.

В процессе адаптации человек осознает и воспринимает себя, с одной стороны, как часть общества, с другой стороны, как уникальную и неповторимую личность [1]. Дезадаптация проявляется в поведенческих, эмоциональных, даже психосоматических реакциях, нарушении социализации в целом. В рамках данного исследования необходимо обратить внимание на все эти составляющие адаптации.

Первокурсники вузов, попадают в новые для себя условия с целью реализовать свои способности, достичь положительных результатов деятельности, установив гармоничные отношения с новым окружением. В идеале адаптация должна представлять собой целостный, непрерывный, динамический, относительно устойчивый процесс установления соответствия между уровнем актуальных потребностей и уровнем их реальных способностей.

Известно, что приспособление к новой среде не безразлично для человека. Оно влечет за собой переживания, часто приводящие к стрессам. «Новички» сталкиваются с множеством причин, вызывающих эмоциональный и/или когнитивный и/или ценностный диссонанс. При этом большое значение имеют исходная неопределенность своей роли в новом окружении и возникающие в связи с этим разнообразные конфликты. Играют значительную роль также и несоответствие имеющихся личностных установок традициям, существующим в коллективе, незнакомые и потому сложные виды деятельности [3].

Успешно адаптировавшийся человек динамично вливается в социокультурное окружение, усваивая его традиции и нормы, а также развивает свои индивидуальные свойства и даже дает новые способности для развития той среде, в которой находится. При этом может формироваться собственное мировоззрение, он самоопределяется, становясь полноценным членом общества и удерживая собственную неповторимость. Взаимодействуя с социокультурной средой, человек познает общество, расширяет социальные связи, реорганизует среду.

Результатом адаптации выступает кластер приобретенных знаний, умений, опыта, профессиональных и личностных качеств достаточный для полноценного выполнения будущих социальных ролей [3].

Список использованных источников:

1. Жиркова, Л.Н., В.С. Прохорова, 2019. Адаптация к профессиональной среде на этапе обучения в вузе. Актуальные вопросы управления персоналом, 378.1: 71-78.
2. Просвирина, Н.В., 2020. Особенности автоматизации процесса адаптации персонала в организации. Вестник академии знаний, 2 (37): 273-279.
3. Сизикова, АА., 2021. Исследование системы адаптации предприятий ракетно-космической промышленности. Экономика труда и управление персоналом, Издательство «Знание-М», pp: 257-259.

Непрерывное обучение, как инструмент повышения конкурентоспособности предприятия

Соколова И.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Суров Д.Н.
РТУ МИРЭА, Москва

Качество продукта согласно п.2.2.1 «ГОСТ Р ИСО 9000-2015» обусловлено наличием его адаптивности к изменчивым потребностям клиента, формируемой за счет воздействия на заинтересованные стороны. Согласно концепции управления человеческими ресурсами один из стейкхолдеров, работник,—ключевой создатель ценности [1, с. 576], поэтому изменение структуры персонала для приведения ее в соответствие со стратегическими целями организации является фактором повышения эффективности ее хозяйственной деятельности. Это подтверждает Гарвардская модель П.Боксалла. Также ученый отмечает, что все процессы УЧР должны проходить циклично, что делает их непрерывными [1, с. 602]. Такой подход к развитию в условиях неопределенного рынка позволяет говорить о непрерывном формировании на базе повышения квалификации персонала «обучающейся организации» Питера Сенге.

Развитие авиации в России определяется приоритетным направлением развития экономики. Гуманизация управления персоналом этой отрасли ориентирует компании на активизацию человеческого фактора. Более полное раскрытие потенциала работников авиастроения благодаря их обучению позволит повысить качество российской продукции из-за влияния 2 факторов:

- 1) повышение компетентности персонала
- 2) обучение является стимулом—компетентный работник действует проактивно

Целенаправленное воздействие на процесс обучения дает достичь его цели. Управление обучением на предприятиях имеет свою специфику. ПАО «ОДК-Сатурн» реализует данный процесс по этапам цикла Деминга-Шухарта. Следование принципу непрерывного улучшения позволяет учесть теоретические основы при использовании практикоориентированных средств, что повышает эффективность применения последних.

Цикл включает 4 этапа.

На этапе планирования определяются временные горизонты обучения. Краткосрочное повышение квалификации предполагает обучение навыкам в Учебном центре. Обучение проводят на станке с ЧПУ специалисты компании и приглашенные из ЯрГУ — университета с открытым исходным кодом, преподаватели. Долгосрочное обучение реализуется в проекте «Крылья Ростеха», набор методик которого позволяет интегрировать приобретаемые студентом общие знания в практическую трудовую деятельность. Это происходит при трудоустройстве целевика на предприятиях ОДК, приоритет определен в развитии у него цифровых компетенций.

Реализация обучения актуализирует проблемы мотивации. Лекции проводят в LMS. Занятие строится по принципам педагогики социального конструкционизма — в формате конструктивных дискуссий. Руководители преодолели отчужденность обучаемого посредством запрета на просмотр записей занятия. Синхронный формат обучения, сопровождающийся конструктивными дискуссиями без возможности просмотра занятия, несравним по вовлеченности с обычным просмотром лекций, что повышает степень усвоения материала.

Учебные программы—платформы проектирования, их формирование—инструмент создания вовлеченности работника в обучение. Работник сам идентифицирует нехватку компетенций и записывается на курсы. Нужные компетенции определяет и руководитель. Но обострение конкуренции требует учета приоритетов конкурентов для повышения конкурентоспособности работников. Контент-хаусы как поставщики образовательных услуг обязывают подготовить уникальный человеческий капитал за счет адаптации программ требованиям рынка. Итоговый «дизайн обучения» проприетарен рынку и желаниям руководителя, его релевантность информационным нуждам работника создаст тенденцию персонализации.

«ОДК-Сатурн» — часть корпорации «Ростех», расположенной по всей России. CRM-система компании дает возможность получить от коллег компетентную консультацию в любое время. Так работники расширяют круг знакомств и могут начать общаться неформально. Социально-психологические группы позволяют разделить с коллегами интересы, не относящиеся к труду. Личный интерес к друзьям мотивирует работников стремиться улучшить обучение для них и себя. Так удаленный формат обучения привел к актуализации делегирования работникам функции его координации.

Контроль результатов обучения персонализируется из-за уникальности индивидуальных программ. Используются относительные оценки, позволяющие определить конкурентоспособность работника. Это позволяет проведение чемпионата АО «ОДК» по стандартам WorldSkills, где рабочие демонстрируют навыки в 11 конкурсах. Соревновательный характер заставляет сотрудника задуматься, чего ему не хватает, чтобы стать лучшим. Если работник не смог восполнить нехватку знаний сам-руководитель запускает новый цикл обучения.

Обучение затратно, но важна организационная эффективность-обеспечение кадрами. Повышение качества продукции «ОДК Сатурн» значимо для РФ, так как позволит участить практику оснащения самолетов качественными отечественными двигателями. Значит, за счет повышения профессионализма и наращивания новых компетенций работников предприятий авиаотрасли расширяется объем импортозамещения, а также увеличивается их экспорт.

Список использованных источников:

1. Кибанов А.Я. — Управление персоналом организации. — М.: Изд-во ИНФРА-М, 2005. — 638 с.

Набор персонала на предприятия аэрокосмической отрасли.

Особенности кадровой политики

Старостина Я.П., Грязцова М.П.

Научный руководитель — Еременская Л.И.

СФ МАИ, Ступино

Правильно выбранные стратегия и тактика набора персонала являются одними из основополагающих факторов успеха во время функционирования организации. Качественный и рациональный подход к кадрам — ключ к эффективности и стабильности на любом предприятии, в том числе аэрокосмической отрасли. Итак, кадровой политикой называется совокупность правил и мероприятий, направленных на организацию человеческих ресурсов в соответствии с тактикой и стратегией развития предприятия. Основная задача кадровой политики — обеспечить организацию персоналом в нужном количестве в нужное время и в нужном месте, при этом принимая во внимание, что и дефицит, и избыток работников на авиапредприятии отрицательно скажутся на его функционировании и поведении персонала.

Для того чтобы достигнуть поставленных целей, предприятие воздействует на персонал, используя различные специальные методы, например, методы принуждения, похвалы, поощрения, убеждения и другие. Тем не менее, для достижения данных целей организации необходимо понять, каким образом персонал должен себя вести и что следует предпринять для реализации подобного поведения людей. Процесс обеспечения человеческими ресурсами предприятий аэрокосмической сферы довольно сложен, т.к. предполагает, что персонал будет обладать такими чертами, как высококвалифицированность, способность в кратчайшие сроки адаптироваться к изменениям во время решения поставленных задач, при этом, не теряя эффективности и достигая финальной цели работы.

К тому же, не стоит забывать о современном уровне развития технологий, что также оказывает определенное влияние на кадровую политику аэрокосмических предприятий, из-за чего работникам необходимо иметь весомый объем навыков и умений для того, чтобы грамотно разбираться в технологических процессах. Во время укомплектования штаба

сотрудников перед аэрокосмическим предприятием стоит непростая задача, которая подразумевает под собой не только организовать психологически совместимый коллектив, умеющий сплотиться и продуктивно работать, но и вовлечь в трудовые процессы новых людей без ущерба для текущей деятельности предприятия. Кроме того, к потенциальным сотрудникам аэрокосмической отрасли предъявляются повышенные требования, т.к. данная отрасль напрямую связана с опасностью, риском причинения высокого морального и материального вреда, а также доступом к закрытой информации предприятия. Поэтому персонал по эксплуатации и обслуживанию аэрокосмических объектов должен быть профессионально компетентен, психологически устойчив и совместим, обладать широкими знаниями в сфере авиабезопасности, а также соответствовать параметрам физической подготовки и иметь хорошее здоровье. В итоге у потенциального кандидата должно быть максимальное соответствие требуемым параметрам на предполагаемую должность и минимальный набор нежелательных характеристик для избрания на нее. Помимо этого, аэрокосмические предприятия во время формирования штаба контактируют со специальными службами, которые держат под контролем данную деятельность для обеспечения безопасной аэрокосмической деятельности.

Таким образом, грамотно осуществленный подбор персонала улучшит экономические показатели предприятия аэрокосмической сферы и повысит его конкурентоспособность. Однако существует немало особенностей кадрового набора персонала в организации такой сферы.

Список использованных источников:

1. Степаненко Е.В. Особенности технологии подбора персонала на авиапредприятии в современных условиях [Статья] // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации, — 2009.
2. Красникова Я.В. Подбор персонала: современные технологии поиска и отбора персонала [Статья] // Профессиональная ориентация, — 2018.
3. Коргова М. А. Кадровый менеджмент: учебное пособие для вузов — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 216 с.
4. Исаева О. М., Припорова Е.А. Управление человеческими ресурсами — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 178 с.

Формирование навыков технологического предпринимательства у молодежи как механизм подготовки кадров для цифровой трансформации в авиационной отрасли

Стоянов Н.Э.

Научный руководитель — профессор, к.и.н. Тарасова В.Н.
РУТ (МИИТ), Москва

Цифровая трансформация в авиационной отрасли позволит оптимизировать использование ресурсов, повысить качество обслуживания пассажиров, организовать новые бизнес-процессы в грузовых авиаперевозках [1, 2]. В настоящее время наблюдается дефицит высококвалифицированных специалистов, необходимых для осуществления цифровой трансформации, в том числе на транспорте [3]. Для решения данной проблемы реализуется ряд государственных проектов и инициатив [4, 5].

Система подготовки в МФТИ, нацеленная на поиск и внешкольное обучение учащихся, склонных к научной работе [6], «треугольник Лаврентьева» — в части организации физико-математических школ и школьных олимпиад [7] — это успешные примеры взаимодействия школьного дополнительного образования и высшего образования в СССР.

В рамках взаимодействия между учреждениями высшего образования, промышленными предприятиями и государством М.А. Лаврентьев развивал Сибирское отделение АН СССР в соответствии с принципом «наука-кадры-производство». Г. Ицкович в разработанной им модели инновационного развития «тройная спираль» [8] обращает внимание на необходимость стимулирования технологического предпринимательства в университетской

среде. Центром создания инноваций в модели тройной спирали является пересечение государства, современного университета и отраслевого предприятия. Университет, согласно модели «тройной спирали», должен мотивировать к предпринимательской деятельности своих студентов. Программы развития навыков технологического предпринимательства работают в ведущих зарубежных [9, 10] и российских университетах [11].

Дополнительное техническое образование учащихся в России функционирует по аналогии с моделью «тройной спирали» в центрах молодёжного инженерного творчества, в детских технопарках, в том числе при университетах, например, в МАИ; центрах цифрового образования детей «IT-Куб» для обучения программированию, частных организациях дополнительного образования учащихся в области IT- и робототехники: «Алгоритмика», «Московская Школа Программистов», «Лига Роботов», а также образовательных проектах крупных IT-компаний «Лицей Академии Яндекса», «Tinkoff Fintech», «1С:Клуб программистов» и др.

Перспективным направлением развития системы подготовки высококвалифицированных специалистов для цифровой трансформации в авиационной отрасли является обучение и стимулирование учащихся к технологическому предпринимательству в рамках проектов, реализуемых ими в образовательных программах дополнительного инженерного и IT-образования. Увеличение количества абитуриентов, имеющих навыки технологического предпринимательства, поступающих на инженерные и IT- специальности в МАИ и другие вузы аэрокосмического комплекса, потенциально позволит повысить качество подготовки специалистов, необходимых для цифровой трансформации в авиационной отрасли и в будущем может снизить дефицит кадров в этой области.

Список использованных источников:

1. Новиков С. В., Калимуллина Э. Р. Цифровые технологии и их использование в сфере обслуживания пассажиров авиакомпании // Московский экономический журнал. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-i-ih-ispolzovanie-v-sfere-obsluzhivaniya-passazhirov-aviakompanii> (дата обращения: 06.03.2022).
2. Зубаков Г. В., Лев О. Р. Цифровая трансформация международного авиационного грузового терминала // Управление цепями поставок. 2020. №3.
3. С 2021 года кадры для цифровой экономики будут готовить по-новому // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://ac.gov.ru/news/page/c-2021-goda-kadry-dla-cifrovoj-ekonomiki-budut-gotovit-po-novomu-26785> (дата обращения: 05.03.2022).
4. Кружковое движение НТИ // Национальная технологическая инициатива URL: <https://nti2035.ru/talents/circles> (дата обращения: 05.03.2022)
5. Федеральный проект "Кадры для цифровой экономики" // Цифровая экономика 2024. URL: <https://digital.ac.gov.ru/about/26/> (дата обращения: 05.03.2022).
6. Петренко А. К., Петренко О. Л., Кулямин В. В. Роль научных организаций в подготовке IT-специалистов // Труды Института системного программирования РАН. 2008. №15. стр. 41-49. URL: https://www.ispras.ru/proceedings/docs/2008/15/isp_15_2008_41.pdf
7. Добрецов Н. Л. Принципы М. А. Лаврентьева по организации науки и образования и их реализация в Сибири // Наука в Сибири. 2000. №47(2283).
8. Ицковиц Г. Модель тройной спирали // Инновации. 2011. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-troynoy-spirali> (дата обращения: 05.03.2022).
9. MIT E-Lab // MIT Sloan URL: <https://mitsloan.mit.edu/action-learning/e-lab> (дата обращения: 05.03.2022).
10. MAYFIELD FELLOWS PROGRAM // Stanford Technology Ventures Program URL: <https://stvp.stanford.edu/mayfield-fellows-program> (дата обращения: 05.03.2022).
11. Межвузовский учебный курс «Инновационная экономика и технологическое предпринимательство» // Российская Венчурная Компания URL: https://www.rvc.ru/eco/education/innovative_economy/ (дата обращения: 05.03.2022).

Секция №9.4 Философские, историко-политические и социально-гуманитарные проблемы аэрокосмической деятельности

Структурная модель языка Ноама Хомского как философская проблема техники

Альмов М.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Как известно, язык рассматривается и изучается в различных аспектах. Лингвистика же, поскольку она является наукой, ставит вопрос конкретно: «Как возможно, что язык работает?». Из этого же, это же неявно следует из заголовка, ясно, что язык рассматривается как механизм или модель, создающая предложения языка. Или же, если поставить вопрос более точным образом: «Всякое ли предложение, а если нет, то какое предложение является грамматически верным?». Естественным было бы сначала правильнее изучить некоторую часть процесса формирования языка, и на том делать уже некоторые выводы о его работе. Это представляется разумным ещё и потому, что, несмотря на всё кажущееся многообразие языка, в конце концов, мы — люди, вопреки знанию всей его полноты, успешно им овладеваем и затем, пользуемся им. Итак, вкратце расскажем о модели Ноама Хомского, известнейшего современного философа, лингвиста, автора теории «порождающей грамматики» или «генеративизма». Во взглядах на язык, его природу Хомски опирался на концепцию врожденных идей Декарта, считая, что язык изначально врожден человеку и никак не обусловлен культурой. Тем самым разрыв языка с социальным контекстом становится еще более радикальным. Поэтому Хомски вводил оппозицию категорий компетенция / перформанс, где первая категория означает врожденное знание языка, а вторая — умение говорить, что является приобретаемым навыком. Согласно тому, как я понял его теорию, имеются несколько уровней формирования конечных предложений, иначе — этапов. Перед нами (допустим ограниченное число) слов-элементов, которые подразделены на классы по типу:

Если таким образом задействован естественный язык, то имеются также правила перехода от записи к звукам (фонемам), которая ставит слову в соответствие транскрипцию. Таким образом, по результатам этих исследований мы получаем формализованную и относительно простую модель. Последнее сказывается в том, что при достаточно небольшом числе правил, можно сформировать длинный список грамматически правильных предложений. Естественно предположить, что такая теория должна способствовать изучению языков, в первую очередь естественных; так оно и есть, но не всё, что мы называем языком, поддается описанию такого рода[2]. Например, очевидно, язык математики к этому вопросу отношения не имеет. Для технических целей, как нам представляется, такая теория даёт формальный и простой способ описания и анализа построений языка. В заключение остановимся на вопросе относительно того, что касается философии. Если верно предположение, что мышление происходит посредством языка, то есть мысль находит своё место в образованиях языка [1, с. 282-292], то стоит спросить: «Даёт ли такая теория хоть какое-то ясное представление о способе формирования мыслей?» (Боюсь, не этот вопрос интересовал лингвистов, но, всё же, обсудим и это). Ответ положительный, если верно предположение (можно попробовать позаниматься перестановкой слов в предложениях, будет ли понятным неверно построенное предложение?). Как бы там ни было, но если предположение построено по правилам, то неоднозначность в нём частично устраняется. Таким образом, исследование структур

языка и речи было ориентировано на объяснение явлений языка и речи у Хомского, т. е. на философское их осмысление. В этом же направлении можно назвать работы по коммуникативному взаимодействию как топологии Хабермаса и Хомского [3, с. 222].

Список использованных источников:

1. Косилова Е. В. Математика — это язык? // Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / Под ред. В. А. Бажанова, А. Н. Кричевца, В. А. Шапошникова. — М.: Издательство Московского университета, 2014.

2. Луман Н. Социальные системы. Очерк общей теории. — СПб., 2007.

3. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: Инфра-М, 2020.

Отношение студентов МАИ к искусственному интеллекту

Борисов А.И., Мокшин И.Н.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

В настоящее время в мире наблюдается активное развитие искусственного интеллекта [1]. Он применяется уже не только в науке, но и во многих других областях. В общем случае под «искусственным интеллектом» (ИИ) понимается свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека, а также наука и технология создания интеллектуальных машин и компьютерных систем, обладающих возможностью понимать язык, обучаться, способностью рассуждать, решать проблемы. Однако это не единственное определение данного термина, из-за чего с каждым годом растёт непонимание места искусственного интеллекта в жизни людей, отношение к нему всё чаще зависит от сферы применения [2].

В России искусственный интеллект используется для решения самых разных задач, причём как на государственном уровне, так и в рамках деятельности частных компаний [3]. Ввиду этого, а также стремительного развития технологий, за период пандемии COVID-19 описанная выше проблема в нашей стране актуальна как никогда.

В декабре 2021 года посредством сервиса «Google Формы» был проведен анкетный опрос студентов МАИ в количестве 100 человек, позволивший узнать их отношение к искусственному интеллекту и то, в каких сферах нашей жизни, по мнению респондентов, он применяется или может быть использован.

Одним из главных вопросов был следующий: «Насколько, по-вашему, важно развитие науки в области искусственного интеллекта?» Он позволил нам определить, насколько перспективна эта область в глазах молодёжи. Большинство опрошенных (63%) выразили сильную заинтересованность в этой области технологического развития. Около трети респондентов считают, что это направление так же важно, как и многие другие.

В дальнейшем рассмотрении мы решили сравнивать эти две группы (названные «центристы» и «сторонники» для краткости), как самые выраженные из опрошенных.

Было обнаружено, что «центристам» закономерно гораздо менее интересно узнавать о новых открытиях в данном направлении: лишь 9% очень заинтересованы, в то время как в группе, поддерживающей ИИ, таковых 41%.

Опрос показал, что студенты видят от развития ИИ больше пользы, чем вреда. Однако есть часть респондентов, которые считают, что вред и польза равны (29% среди «центристов» и 14% среди «сторонников»).

В ходе исследования также было выявлено мнение респондентов по поводу фактического применения ИИ, так как эти технологии уже давно применяются в различных областях, даже полностью заменяя человека.

Вопросы были выстроены по принципу возрастания опасности для жизни человека ошибки искусственного интеллекта. Такая структура была выбрана, чтобы обнаружить, в какой степени респонденты доверяют ИИ.

Применение ИИ в распознавании и оцифровке текстов поддержали подавляющее большинство опрошенных — 89% и лишь 11% отнеслись нейтрально. Замена водителей искусственным интеллектом нашла одобрение среди 69% респондентов, 19% относятся нейтрально и 11% не поддерживают это.

Большинство респондентов (75%) также доверили бы ИИ управлять общественным транспортом, 25% придерживаются противоположной точки зрения (среди них больше «сторонников», чем «центристов»).

Далее виден явный спад поддержки. 65% доверили бы ИИ-хирургу проводить операцию над человеком. Среди тех, кто не доверил бы, 54% были центристами, а остальные — сторонниками.

Как ни странно, несмотря на риск большого числа человеческих жертв, атомной электростанцией доверили бы управлять ИИ столько же, сколько и хирургу.

На основе вышеизложенных данных мы можем сделать вывод, что опасения в применении ИИ характерны для всех респондентов. Студенты, более заинтересованные в ИИ, выразили в среднем даже чуть более скептическую позицию. Описанное мы объясняем тем, что эта группа лиц знает больше о несчастных случаях, связанных с искусственным интеллектом. Скепсис в сторону ИИ вызван не сомнениями в потенциале его развития или полезности, а личными предпочтениями респондентов. Практически каждый уверен, что ИИ полезен в той или иной отрасли и большинство хотели бы, чтобы он сделал их жизнь лучше.

Список использованных источников:

1. Ефимова С.А. Развитие искусственного интеллекта // Цифровая наука. 2020. №6. С.49-58.
2. Бегитшев И.Р. Технология искусственного интеллекта: мировой опыт развития// Baikal Research Journal. 2020. Т.11. №3.
3. Альянс в сфере искусственного интеллекта. Режим доступа: <https://a-ai.ru>. (Дата обращения: 12.11.2021)

Концепция «Метавселенной»: Платон и Фейсбук

Васильев В.С.

Научный руководитель — к.ф.н. Сухно А.А.

МАИ, Москва

На сегодняшний день человечество уже два года переживает эпоху пандемии, которая кардинально изменила жизнь. Сферы работы и образования перешли в дистанционный формат, что стало вызовом для всех — от работодателей до сотрудников, от преподавателей до учеников. Однако сейчас мы с уверенностью можем сказать, что не смогли бы преодолеть все эти испытания без современных технологий, которые нивелируют расстояния между людьми.

Всё это время мы можем наблюдать зарождение новой реальности, где люди обитают в сети больше, чем в привычной нам жизни. В конце прошлого года компания Фейсбук переименовалась в Мета, что отсылает к метавселенной — новой разработке компании, где пользователи управляют своими аватарами и взаимодействуют друг с другом. Мысль о том, что идея — это действительно существующая сущность, была введена Платоном. Данная концепция содержится в его книге «Государство», где был впервые описан «Мир идей» — первый прототип метафизической реальности. Метафизика античного мира представляла из себя пристанище для идей, с которых копировали реальные объекты.

Сама по себе же технология метавселенной является концепцией для понимания интернета и современных технологий в нашей жизни. Место, где человек выбирает себе виртуального аватара под стать своим вкусам и представлениям, где люди не ограничены реалиями физических правил, а могут создавать себя сами, чтобы точно выразить свою сущность, которая в повседневной жизни остается скрытой, не реализованной.

Однако здесь начинают возникать проблемы идентификации человека как личности: где она находится и что в конечном счёте реальнее?

Для начала стоит понять насколько «Мир идей» Платона сам по себе пересекается с концепцией метавселенной. Для этого необходимо вспомнить знаменитый мыслительный эксперимент Платона о пещере: пещера является материальным миром, дальние уголки которой покрыты мраком и едва различимы. В этой пещере проживают люди, которые не могут наблюдать события за пределами этой пещеры, однако в эту пещеру пробивается свет через дыру в потолке этой пещеры. Люди, могут наблюдать только лишь тени вещей и объектов, которые отбрасывают в эту пещеру, из-за чего они могут познать только эти тени, однако за пределами стен пещеры кроется великий мир, который и является источником всех теней в «реальности» людей. Весь этот мир вне пещеры и является иллюстрацией «Мира идей» Платона, который содержит в себе все первоначальные, оригиналы объектов, по которым уже создаётся экземпляр в людской реальности.

Концепция Метавселенной как раз открывает грандиозные возможности для воплощения различных идей. Это проявляется через то, что люди, общаясь в метавселенной, могут создавать окружение, аватары и сообщества с определёнными правилами и законами.

Стоит обратить внимание на аватары — идейные заменители сущности и внешности человека, который за ними стоит. Этот концепт лучшим образом отражает попытку реализовать «Мир идей» Платона, так как позволяет каждому человеку презентовать себя именно так, как представляет человек у себя в голове, что параллельно решает одну из фундаментальных проблем человека — менять свою внешность. В реальном мире мы можем привносить так или иначе минорные изменения в нашу внешность, через физические нагрузки, косметику и пластические операции, однако они не могут выходить за рамки, данные нам. Метавселенная же позволяет воплотить себя именно таким образом, который будет отражать нашу идею о себе.

Список использованных источников:

1. М.: Академический проект, 2015. — 398 с.
2. Рассел Б. Р24 История западной философии. В 3 кн.: 3-е изд., испр. / Подгот. текста В.В. Целищева. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во; Изд-во Новосиб. ун-та, 2001. — 992 с.
3. Хабр [Электронный ресурс] // Хайп-проект или будущее интернета? Кому и зачем нужна метавселенная Цукерберга gms & g-mate: [сайт]. [2004]. URL: <https://habr.com/ru/company/gms/blog/573168/> (дата обращения: 01.03.2022).

Космическая тематика в творчестве Стивена Спилберга

Волошин А.И., Воробьева Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Космос и в прошлом и по сей день завораживает человека, а после колоссального развития космических исследований в XX веке, кинопроизводители начали активно выпускать на экраны фильмы на данную тему. В этой нише нашлось место, как фантастическим лентам, так и основанным на реальных событиях историям.

Очень существен тот факт, что в отличие от традиционных видов искусства кино не только отражает действительность, но и создаёт свой не существующий в действительности гиперреальный мир со своими специфическими характеристиками [4].

Когда спрашивают, какого режиссера знает тот или иной человек, то, скорее всего, он назовет вам Стивена Спилберга. Для многих людей это имя стало нарицательным, что касается вопросов кинематографа, качественного кинопроизводства, гениальной режиссуры. И во многом это заслуга самого Спилберга.

Сложно спорить с тем, что космическая тема получается у Спилберга великолепно. Отметим его умение играть на тяге человека к неизведанному, моделировать и фантазировать, заставляя людей видеть лучшее в себе и окружающем мире. Очевидно и то, что «фильмы о космосе и инопланетных цивилизациях, космических монстрах и аномальных явлениях воспроизводят некоторый социальный порядок и культурную логику на Земле» [3].

В число самых известных кинофильмов Стивена Спилберга космического жанра входит знаменитый «Инопланетянин», а также «Бликие контакты 3-й степени», все части «Трансформеров», серия фильмов о «Людах в черном», «Столкновение с бездной» и др.

Уже в ранних фильмах Спилберга прослеживается его любимый объект внимания и жизненная философия. Несмотря на отсутствие доказательств существования внеземного разума и каких-либо следов его деятельности, человеческая фантазия в различных мифологических и художественных формах живописно представляет картины встречи с ним, грозящие опасности, последствия контакта, а также внешний облик и модели поведения внеземного существа [2].

Размышляя о том, что же хотел донести до своих зрителей величайший режиссер своими лентами, можно прийти к идее противопоставления обычного человека чему-то нереальному, большому, сильному. В своих фильмах он преподносит нам мысль о том, что человечество не готово к вторжению не-земных существ. Людям хоть и интересны данные инопланетные сущности, но они не хотят делить власть с ними.

Спилберг отмечает, что он бы давно ушел на пенсию и перестал нас радовать своими фильмами, если бы не бескрайность космоса и неизведанные существа, и места, ожидающие нас там [1]. У него и по сей день рождаются идеи фильмов, которые можно воплотить на экране.

Космическая тематика привлекательна сейчас и будет такой же актуальной и через сто лет. Мы можем жить на нашей планете и постепенно «разрушать» ее, но рано или поздно настанет день, когда нам нужно будет переселяться и искать новое место для существования и развития и в этом нам помогут космос и те возможные сценарии будущего, которые мы находим в творчестве Стивена Спилберга.

Список использованных источников:

1. [Электронный ресурс] <https://www.film.ru/articles/stiven-spielberg-otvechaet-na-voprosy-kolleg>
2. Верещагина Н.В. Антропологическая размерность «внеземного»: опыт построения модели инога в кинофантастике 70–90-х гг. // Социальные и гуманитарные науки: теория и практика. 2017 — с. 44.
3. Сивков Д.Ю. Коммуникации технауки и фантастики: освоение Луны в кинематографе до реализации программы «Апполон». // Визуальная культура. 2017. №2(27) — 121.
4. Фуртай Франциска. Кино XXI века: сумеречная зона // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2011. т.2, вып.3 — с. 226

Теория Рихарда Авенариуса — основоположника эмпириокритицизма, как освобождение философии от идеализма

Герасимова К.В., Мохначева А.А.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Согласно концепции Авенариуса, организмы обладают ограниченными ресурсами, по этой причине они стремятся выполнять мыслительные процессы оптимальным образом, затрачивая как можно меньше сил на это и получая, достигая наибольших результатов. Предрасположенность к целесообразным растратам энергии подтверждают следующие суждения: Возникает реакция неудовольствия всякий раз, когда в разворачивающемся ряду представлений его элементы расположены не по их внутренней связи. Читателю или слушателю во всяком таком «разрыве» приходится создавать новую группу представлений, а потом все равно возвращаться к предыдущей составленной группе. Другая реакция возникает, когда в сознании появляется противоречие. Расточение силы выражается в тщетных попытках это противоречие устранить. В том смысле, что на предыдущую конфигурацию действий при их повторе затрачивается уже меньше энергии, чем если это будет или была бы конфигурация, складывающаяся впервые. Поэтому привычные действия

организма дают экономенную энергию для последующих «как бы новых» поступков или действий. Например, в другом случае, во время ожидания вести о несчастье, наш разум терзается больше, чем при знании его. В подобном состоянии два противоположных представления (подтверждение и отрицание) колеблются между собой, из-за чего у организма нет опорной точки для сосредоточения сил и он их теряет. Что касается, пожалуй, самого известного понятия философской системы Авенариуса, благодаря которому ему удалось построить в свое время одну из влиятельнейших теорий позитивизма, заложив в его основание систему знаний, то это — принцип наименьшей меры силы в умственной деятельности. Но, при обязательном допущении, что здесь речь идет не о трансцендентной душе (это понятие старой философии), а о жизнедеятельности организма. В чем-то аналогичная этой позитивистской установке Авенариуса, практически одновременно с ней, тогда же, в конце XIX – начале XX вв., развивалась концепция имманентной философии Вильгельма Шуппе (1836-1913). Идеи имманентной философии Шуппе, можно считать вполне соответствовавшим программе позитивной философии, как было показано здесь [3], что нашло своих сторонников и в русской философии и даже примененной на практике [2]. Считается, что при умственной деятельности большое количество сил, вкладываемых в изучение, не соразмерно количеству полученных истин, многое пропадает даром из-за склонности человека к систематизации. Однако, в конечном итоге, с точки зрения общих условий, каждая созданная система достигает значительного сбережения сил, благодаря своему порядку, организованности и законченности (мнимой или действительной). Другим, более ярким

моментом экономии силы, является склонность души действовать по привычке, выбирать уже «знакомые» действия, а не «новые» действия, уже известные, которые уже как бы «апробированы», знакомы. Такие привычные, уже знакомые вещи и действия позволяют организму высвободить неоприходованную, нерастраченную энергию и «потратить» ее на шаг в новое. Точно так же и при теоретическом мышлении организм действует подобным образом: превращает непривычное в привычное при помощи ассоциаций и сберегает силы. Из двух действий, требующих одинаковое количество ресурсов, мы выбираем то, которое дает больший результат, что соответствует принципу целесообразности. Разные представления вызывают у нас неодинаковое напряжение. Сознание — это конечная величина, оно не может расходоваться постоянно, а по этой причине оно стремится уделять освоению пространства вокруг себя как можно меньшую степень напряженности. Поэтому получается, что, чем ниже эта степень, тем большее количество представлений можно обработать. Отсюда следует, что принцип экономии мышления или наименьшей меры сил, он заключается в получении максимума знаний, используя минимальный запас познавательных средств. Авенариус писал о том, что на какое-либо мыслительное действие душа затрачивает лишь столько сил, сколько ей необходимо, если будет многообразие действий, то душа выберет то, которое совершает работу с меньшей затратой сил, но приводит к тому же результату. Принцип экономии мышления обусловлен природой мышления как адаптацией к среде, то есть «мышление есть получение максимального результата при наименьшей мере затраченных сил». Очевидно по этой причине Авенариус и назвал свою «позитивную» практическую философию «Критикой чистого опыта», в отличие от «Критики чистого разума» И. Канта.

Список использованных источников:

1. Зотов А. Ф. Современная западная философия. — М.: Высшая школа, 2001.
2. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. Критические заметки об одной реакционной философии / Он же. ПСС, т. 18. М.: Изд-во политической литературы, 1976.
3. 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.

Специфика современной гонки вооружений и геополитическая стабильность

Голанов И.А., Ткачев А.Е.

Научный руководитель — Григорьев А.В.

МАИ, Москва

В начале 21 века стало очевидно, что РФ собирается претендовать на новый геополитический статус. Она сохранила у себя научный и производственный потенциал для производства новых систем вооружения. В это же время стало понятно, что Китай бросает вызов США. Поэтому сверхдержавы стали уделять еще большее внимание работе на укрепление военного аспекта своих стран. После того как Россия разместила в достаточном количестве комплексы С-400 и С-500, баллистические ракеты США перестают для нее быть опасными. США также подошли к решению проблемы защиты от баллистических ракет. Поэтому стало необходимым создание гиперзвукового оружия, такого оружия которое противник перехватить не может.

Есть две разновидности подобного оружия. Это глайдеры, которые являются управляемыми блоками межконтинентальных баллистических ракет либо ракет средней дальности, и сами гиперзвуковые ракеты. Гиперзвуковое оружие это оружие которое летит со скоростью выше 6 Махов и которое может управляться. Боевые части межконтинентальных ракет легко перехватываются. Это связано с тем, что когда ракета стартует, то она разгоняет эти блоки и дальше блоки летят по инерции, то есть, по абсолютно предсказуемой траектории. А гиперзвуковые глайдеры после отделения от ракеты могут маневрировать и предсказать где они окажутся довольно сложно и современные системы ПРО против них бессильны. Глайдеры являются продолжением гонки баллистических ракет. Блоки новых баллистических ракет получили возможность маневрировать не только в космосе, но и в стратосфере и таким образом та страна которая смогла бы получить на вооружении подобные технологии получила бы конкурентные преимущества в гонке вооружений. И первой такой страной стала Россия, поставившая на вооружение своих вооруженных сил гиперзвуковую ракету «Циркон». США, Китай и другие страны пытаются Россию в этом догнать.

Можно ожидать, что в середине двадцатых годов американцы смогут создать ракету аналогичную российскому Циркону. Но очевидно, что в критические двадцатые годы США рискуют остаться без контрмер против подобного оружия и если РФ оснастит свои вооруженные силы гиперзвуковым оружием, то это резко усилит РФ и она сможет диктовать другим странам свои условия в любой потенциально возможной войне. В том числе и потому что РФ получила лидерство и превосходство в гиперзвуковой гонке, она сегодня так уверенно ведет себя, объявляя ультиматумы западному миру. Потому что в современном мире обладание гиперзвуковыми технологиями это сродни обладанию ядерными технологиями в середине 20 века.

Если это будет применено в неядерном исполнении, то армия, даже имея гораздо меньшую численность по остальным системам вооружения, может легко добиться победы в неядерной войне. Это все обеспечивает высокую значимость гипероружия в данный момент.

Поэтому Россия сегодня массово пытается создать целый набор подобных систем вооружения. Ракеты Циркон работают с надводных и подводных кораблей. ВКС получают ракеты Гремлин и Острота, которые работают по тому самому принципу, что и Циркон, но запускаются из воздушных судов. Гремлин — более тяжёлая ракета, она не может быть использована тактической авиацией, но разве что Су-34. Ракета Острота может вешаться абсолютно на любой новый российский истребитель. Также сегодня создается стратегическая крылатая ракета дальнего действия (до 5000 км) — Х-95, ракета для стратегической авиации.

У России в настоящий момент уже есть на вооружении свой межконтинентальный боевой гиперзвуковой блок Авангард. Россия к 2019 году получила то гиперзвуковое оружие которое на сегодняшний момент является неотразимым для США. Более того, с учетом всех планов по развертыванию и проектированию противоракетных комплексов, которые есть сегодня в Соединенных Штатах Америки, на протяжении как минимум 2020-х годов у американцев не появится абсолютно ничего, что может противостоять подобному оружию.

Логические исследования Г. Фреге и М.И. Каринского (о первом опыте построения искусственного языка)

Гусев Ф.П.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В предлагаемом исследовании рассматривается ряд интересных, важных идей немецкого математика, философа и логика Готлоба Фреге. Фреге был профессором математики в знаменитом Йенском университете, ему принадлежат прорывные работы в области формализации логики. Отмечу, что Фреге изучал философию в университете Геттингена у крупного философа Германа Лотце. Вместе с Фреге у Лотце проходил стажировку будущий крупнейший логик русской философии, М.И. Каринский. Учеба у Лотце определенно повлияла на становление взглядов по логике у Каринского и у Фреге. У Каринского вышла фундаментальная работа «Классификация выводов», а у Фреге «Запись в понятиях». Каринский и Фреге в своих работах проводили так сказать платоновскую линию в философском понимании мыслимого мира, он же осознается как действительный. Но как и логический мир Каринского, мир Фреге не был в отличие от концепции философии Платона оторван от действительности. Фреге первым рассказал о программе обоснования арифметики, которую он сводил к логике, и которая получила у него наименование «логицизм». Фреге сформулировал эту логическую концепцию специально для разработанного им формально-логического языка. Под «онтологией» надо понимать существенное устройство системы или логики, поэтому это понятие скорее соотносится не с материей как с действительностью, а с логической материей как с устройством логического языка. Поэтому Фреге включил в онтологию такие разновидности объектов, как функции и предметы, которые выступают в качестве доводов и значений функций. Фреге полагал, что область совмещается с областью понятийного мышления. Фреге ввел в свою онтологию качества и классы. Так же он выделил две логических функций — отношения и пропозициональные функции. Именно поэтому для уточнения классов Фреге дополняет запись в логическом языке введением кванторов общности и существования. В «Классификация выводов» русский логик Каринский говорит о понятии «агрегата», в него складываются представления сознания. Затем он же разработал теорию об истинах самоочевидных, аналогично обстояло дело и у Фреге. В учении Фреге о восприятии числа также вводится индукционный процесс, т.е. в представлении сложного числа происходит как бы «схватывание», так как здесь нет представлений понятий элементарных чисел входящих в сложное число — восприятие числа происходит сразу, как если бы это был действительный мир, который существует как самоочевидность (Selbstevidenz, нем.). Теория квантификации или кванторов была нужна Фреге для классификации некоего технического перебора значений. Фреге определил теорию «трех царств»: царства физических вещей, царства психических явлений и царства абстрактных предметов. Характерной спецификой жителей третьего царства представляется их неизменный характер. Мысль как нечто абстрактное не нуждается для собственного существования в думающем человеке. Мышление не создает мысли, а схватывает, познает их. Мысль не может быть показана разным людям различными способами, она не смогла бы быть одной и именно этой мыслью. Фреге установил языковые выражения, означающие раздельные объекты из «универсума». Он включил в их число выражения «определенных дескрипций», отделив имя собственное с индивидуальным термином. Фреге стал истолковывать имена собственные как целостные повествующие предложения, которые, означают абстрактные объекты «истину» и «ложь». Фреге придумал концепцию смысла и значения. Она разрешает соединить определенные и абстрактные предметы. Распознавание значения и смысла Фреге прилагает к именам собственным, полагая, что значением имени представляется предмет, который оно означает, а смыслом — информация, какую оно внутри себя несет. Потребность подобного различения он доказывает тем, что два имени, означающие один и тот же объект и поэтому имеющие одинаковое значение, могут носить разнообразную информацию. Фреге полагал под понятием «смысла» способ представления, которым задается предмет, обозначающийся

этим именем. Математическая запись логического языка по Фреге, благодаря своей символике «наглядно» демонстрирует взаимодействие понятий в сознании человека, как взаимодействие смыслов. Концепция языковых контекстов Фреге разделяется на интенсивные и экстенсивные. Языковые контексты, где проделывается данный принцип, он прозвал экстенциональными. Огромная заслуга Фреге заключалась в том, что он использовал свои логические и семантические идеи к естественному языку. Фреге пришел к выводу, что мы узнаем истину напрямую, но мы познаем ее постоянно посредством определенных предложений, которые ее обозначают, поэтому когда мы оцениваем мысль как истинную, мы на самом деле благодаря мыслительной способности движемся к более или менее истинностному значению. Поэтому концепция контекста помогла Фреге поставить вопрос о контекстуальности как о значениях слов в их взаимосвязи, что только в контексте предложения слова что-то обозначают. Отсюда, он показывал, что именно придаточные предложения показывающие непрямой смысл, указывают на работу процесса мысли человека.

Проблемы исследования космоса в творчестве Аркадия и Бориса Стругацких

Жарков Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Иванов М.А.

МАИ, Москва

Исследования космического пространства всегда интересовали людей, равнодушных к этой тематике — ученых, мыслителей, писателей- фантастов. В российской традиции истоки рассмотрения космоса, как объекта изучения и освоения, затрагивались в творчестве «русских космистов» — Н.Федорова (1828–1903), К. Э. Циолковского (1857–1935), ученых-инженеров — С. П. Королева (1907–1966), Кондратьюка (1897–1942) и др., писателей — А. Р. Беляева (1884–1942), И.А. Ефремова (1908–1972) и др. Каждый из них внес свой вклад в осмысление космоса и возможность его практического освоения.

Немаловажный вклад в космическую проблематику внесли в XX веке известные писатели-фантасты братья Аркадий и Борис Стругацкие (годы творчества: 1958–1990). Их деятельность связана с успехами Советского союза на пути исследования космоса: запуском первого искусственного спутника Земли, выводом на околоземную орбиту первого спутника Земли с живым существом на борту. Люди того времени были захвачены идеями покорения человеком космического пространства. По-существу, Стругацкие были одними из тех, кто в художественно-фантастической форме отразили первые результаты, дальнейшие перспективы освоения космоса, проблемы, возникающие в связи с аэрокосмической деятельностью.

В романе «Страна багровых туч» (1959) авторы затронули ряд тем, с которыми столкнулись первые исследователи космоса: противостояние человека с природой: «Может быть, впервые в жизни он (человек) по-настоящему понял, какие огромные силы подчинил и поставил себе на службу...» [1, с.108]; проблема выбора между общественным благом и личным интересом человека; проблема технологического прогресса, в результате которого создаются невиданные ранее образцы техники: «Фотонно-ракетный привод превращает горючее в кванты электромагнитного излучения и таким образом осуществляет максимально возможную для ракетных двигателей скорость выталкивания, равную скорости света...» [Там же, с.37].

Следующим знаковым произведением стала повесть «Полдень, XXII» (1961). В книге авторы рисуют картину внутреннего устройства мира будущего, продолжается обзор новых технологий, открытых людьми, уровень прогресса современного общества. Читатель знакомится с птерокарами, окном Линии Доставки, коллектором рассеянной информации, полностью кибернетизированным миром.

Однако эти будоражащие воображение читателя достижения техники рассматриваются во взаимосвязи с человеком, его развитием и воспитанием, его устремлением в будущее: «Человек сначала говорит: «Хочу есть». Тогда он еще не человек. А потом он говорит: «Хочу знать». Вот тогда он уже Человек» [2, с.48]. «Для будущего мы встаем ото сна...

Для будущего обновляем покровы. Для будущего устремляемся мыслью. Для будущего собираем силы...» [Там же, с.413].

Особое значение авторы придают воспитанию в Мире Полудня. Оно ориентировано на воспитание поколений людей, главным наслаждением и потребностью которых является успешный творческий труд. При этом необходимо прервать цепь времён, свести к минимуму или прекратить передачу «отрицательного жизненного опыта» от отцов к детям.

В завершающей трилогии Мира Полудня («Обитаемый остров», 1969, «Жук в муравейнике», 1979, «Волны гасят ветер», 1986) Стругацкие ставят проблему человека, изменения его сущности в связи прогрессом, проблему смысла его жизни. Они подчеркивают, что прогресс всегда связан с шоком, горечью, расколом. Прогресс невозможен «без тех, кто уходит далеко вперед, и тех, кто остается позади». И «...человечество всегда уходило в будущее ростками лучших своих представителей» [4, стр.199-200].

Аркадий и Борис Стругацкие создали в своих произведениях мир, в котором исследования космоса становятся необходимостью. Исследование космоса дает безграничные возможности для развития человека, главным смыслом существования которого являются познание и творческий труд: «Среди них никто точно не знал, что такое счастье и в чем смысл жизни. И они приняли рабочую гипотезу, что счастье — в непрерывном познании неизвещного, и смысл жизни в том же» [3, стр.158].

Проблемы, поднятые в романах Стругацких, особенно такие как: освоение космоса и развитие человека, проблема воспитания и преобразования человека в условиях прогресса, проблема сущности человека и смысла его существования, а также многие другие, — получили отражение и развитие в современной проблематике: искусственный интеллект, постчеловеческое будущее, традиции, «новая этика» и других. В этом можно увидеть актуальность и значимость творчества братьев Стругацких.

Список использованных источников:

1. Стругацкий А., Стругацкий Б. «Страна багровых туч». — Москва: Издательство АСТ, 2021.
2. Стругацкий А., Стругацкий Б. «Полдень,XXII»– Москва: Издательство АСТ, 2021.
3. Стругацкий А., Стругацкий Б. «Понедельник начинается в субботу» — Москва: Издательство АСТ, 2021.
4. Стругацкий А., Стругацкий Б. «Волны гасят ветер»– Москва: Издательство АСТ, 2020.

Политика импортозамещения России в гражданской авиационной отрасли

Земсков В.А.

Научный руководитель — Григорьев А.В.

МАИ, Москва

Современное политическое положение Российской Федерации среди государств постиндустриального этапа развития создает необходимость увеличения доли производимых внутри страны продуктов потребления отраслями высоких технологий. В числе этих сфер находится и сфера гражданской авиации. Тем не менее, учитывая политические события, произошедшие в конце февраля 2022 года, необходимо рассмотреть возможные проблемы и затраты процедуры импортозамещения необходимых товаров отрасли гражданских авиаперевозок.

Прежде всего, возникает необходимость рассмотрения основополагающего инструмента гражданской авиации, без которого эта сфера теряет смысл как таковой — самолеты как единое целое. В связи с конфликтом интересов России и стран блока НАТО в конце февраля Airbus ввел санкции на поставку самолетов собственного производства и запчастей для них в РФ. Рассмотрев временной горизонт в 1-2 года, был выявлен ряд проблем, сопровождающих данные запреты. Прежде всего, 40% пассажиропотока в России составляли самолеты «Airbus», а в крупнейшей российской авиакомпании «Аэрофлот» 63% всего парка самолетов составляют именно самолеты «Airbus». Во второй крупнейшей авиакомпании РФ «S7»

лайнеры вышеупомянутой компании занимают долю в 65% от всех имеющихся самолетов. В совокупности данная ситуация имеет неблагоприятные последствия для крупнейших российских авиаперевозчиков: авиакомпании будут вынуждены закрыть часть среднемагистральных и дальнемагистральных маршрутов, что приведет к снижению прибыли, рентабельности и оборота компаний.

В то же время, вышеперечисленные обстоятельства создают необходимость замены попавших под санкции бортов «Airbus» на отечественные, обладающие подходящими под условия эксплуатации техническими характеристиками и имеющие возможность обслуживаться запчастями, производимыми внутри России. Единственный имеющийся на данный момент российский аналог, среднемагистральный самолет «МС-21», начиная с 2020 года, полностью состоит из российских компонентов и в перспективе может заменить подпавшие под санкции авиалайнеры. Тем не менее, на момент введения вышеупомянутых санкций было произведено лишь 9 единиц МС-21, тогда как замене подлежат 322 самолета. Кроме того, «МС-21» находится на стадии летных испытаний, что не позволяет в короткий промежуток времени ввести его в эксплуатацию.

Учитывая все производственные цепочки в гражданской авиации, необходимо рассмотреть возможные проблемы импортозамещения обслуживающей техники в аэропортах. При замене имеющейся техники на отечественную, необходимо сохранение технических характеристик автобусов для транспортировки пассажиров, тягачей, мини-грузовиков для доставки багажа до самолетов. Потенциальной проблемой в данном направлении является острая нехватка современных литий-ионных аккумуляторов российского производства на внутреннем рынке РФ. Имеющиеся в большом количестве свинцовые и щелочные аккумуляторы не отвечают современным требованиям емкости и эксплуатационным условиям, что создает потенциал для развития производства литий-ионных аккумуляторов в России. Кроме того, на данный момент на отечественном рынке не имеется специализированных электрических двигателей, что в большой степени усложняет подбор и написание технического задания для проектов импортозамещения вышеперечисленной техники.

В заключение необходимо отметить, что для эффективного импортозамещения в гражданской авиационной отрасли необходимо развитие производства высокотехнологичных составляющих компонентов как обслуживающей аэропорты техники, так и среднемагистральных и дальнемагистральных самолетов.

Отношение студентов МАИ к различным форматам обучения

Зуева Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

Начиная с 2020 года, в связи с пандемией коронавирусной инфекции (COVID-19), высшее образование перешло вначале полностью на дистанционный формат обучения, а затем частично вернулось к очному. На данный момент в МАИ присутствует смешанный формат обучения: часть занятий проводится очно, часть — с сохранением дистанционного формата.

Российские ученые высказывали определенные сомнения относительно эффективности этого формата [1; 2], тем не менее, использование технологий дистанционного обучения в последние годы стало неизбежной реальностью.

В январе-феврале 2022 года был проведен опрос студентов МАИ с целью выяснить, какой из форматов обучения в большей степени предпочитают студенты. Всего было опрошено 102 учащихся. Исследование проводилось методом анкетного опроса с помощью гугл-формы.

Опрос показал, что большинство студентов (53,9%) сразу адаптировались к дистанционному формату обучения. Лишь 4,9% долго привыкали, но также есть и те, кто до сих пор не привык — 8,8%. Это связано с тем, что переход на дистанционный формат сопровождался рядом проблем, в частности, технических: перебои в процессе

воспроизведения материала (53,9%), проблемы со звуком (44,1%), задержка кадра (35,3%) и трудности с подключением к системе обучения (35,3%). Процесс дистанционного обучения, по мнению опрошенных, осложнялся недостатком общения с однокурсниками (54,9%), недостаточным владением преподавателями компьютерными технологиями (48%) и трудностями понимания материала в онлайн-формате (46,1%). Однако у дистанционного формата есть и свои плюсы. Самым большим преимуществом для большинства опрошенных (77,5%) является экономия времени на дорогу. Также можно отметить и такие плюсы дистанционного формата, как возможности проходить обучение в комфортной домашней обстановке (66,7%), посмотреть видеозапись лекции (53,9%) и наличие свободного времени для занятий спортом и хобби (49%).

Что же касается очного формата обучения, то его главными преимуществами являются общение с однокурсниками (63,7%) и лучшее усвоение материала (62,7%). Такой формат более эффективен для проведения лабораторных и семинарских занятий по техническим дисциплинам и для осуществления научно-исследовательской работы [3]. Но есть и определенные минусы — необходимость затрачивать время на дорогу (91,2%) и ограниченные возможности совмещать работу или подработку без ущерба учебе (50%).

Осенью 2021 года был внедрен смешанный формат обучения. Почти 70% опрошенных в целом довольны им, но полностью удовлетворены только 27,5%. Это объясняется чаще всего неудобным расписанием, когда времени между очными и онлайн занятиями слишком мало, чтобы успеть доехать в институт или, наоборот, домой. Студенты предпочитают использование различных форматов в разные дни недели (83,3%) (в одни дни недели только очные занятия, а в другие — только онлайн).

Что касается перспектив обучения, то 56% опрошенных склоняются к использованию смешанного формата, но только 21,6% уверены в своей позиции. 40% респондентов не желают продолжения смешанного формата обучения. Еще 4% затруднились ответить.

Таким образом, нельзя сказать, что студенты единодушны относительно формата обучения, но чуть более половины студентов готовы и хотят в дальнейшем обучаться в смешанном формате. Остальные же отдают предпочтение либо полностью дистанционному формату, либо очному.

Список использованных источников:

1. Михайлов О.В. Дистанционное обучение в российских университетах: «шаг вперед, два шага назад»? // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 10. С. 65–76.
2. Коган Е.А. К вопросу о перспективах внедрения онлайн-образования в техническом вузе // Инновации в образовании. 2019. № 10. С. 72–78.
3. Коган Е.А. Отношение студентов к научно-исследовательской работе // Человеческий капитал. 2020. №8 (140). С. 179-187.

Управление методологическими рекомендациями по составлению комплексов физических упражнений для укрепления опорно-двигательного аппарата, при занятиях физической культурой

Изотов Н.С., Кулагина А.А.

Научный руководитель — доцент, Боброва О.М.

СФ МАИ, Ступино

Результат проведенного анонимного анкетирования студентов первого курса указывает на необходимость формирования у студентов, установок на совершенствование и укрепления здоровья, осознанной позиции по отношению к уровню физического развития и физической подготовленности, как составной части профессионального становления личности. Важна не столько двигательная активность во время занятия физической культурой, сколько овладение способами самопознания, самосовершенствования в процессе двигательной активности. Реализация этих установок со стороны студентов требует расширенного представления о здоровом образе жизни, о критериях здоровья и методах диагностики.

Задачи:

1. Сформировать у студентов новые понятия и представления, связанные с выполнением определённых упражнений, пополнить теоретические знания, воспитать сознательное отношение к физической культуре в целом.

2. Определить практические рекомендации по составлению комплексов упражнений, корректируя режим руда и отдыха с учётом индивидуальных возможностей организма.

Основная цель методической формы занятий состоит в том, чтобы с помощью относительно простых упражнений (каждое из которых в отдельности оказывает ограниченное влияние на организм), добиться равномерной нагрузки на различные группы мышц и внутренние органы занимающихся.

Основными её особенностями являются, чёткая регламентация величины нагрузки и продолжительности интервалов отдыха, индивидуализация тренировочной нагрузки, постепенное увеличение требований, периодическая смена упражнений, использование только хорошо освоенных упражнений. Последовательное включение в работу различных мышечных групп.

Здоровый образ жизни — это совокупность мероприятий направленных на объединение разнообразных форм физических упражнений, улучшение и формирование здоровья.

В целом следует отметить, что подобранные комплексы упражнений (разработанные нами по ходу учебного процесса) оказывают положительное влияние на функциональную подготовленность, основанную на индивидуальных показателях.

Большое значение имеет исходный уровень физической подготовленности студентов, который определяется по результатам выполнения контрольных упражнений и нормативов в начале и в конце учебного года. Определение исходного состояния создаёт предпосылки для правильного выбора методики занятий. Возможность обучения определяется методами объективного контроля и других характеристик, от некоторых зависит количество выполнения основного двигательного действия и итоговый результат.

В данной работе мы применили комплекс научно-педагогических методов исследования, предложены рекомендации по использованию физических упражнений, с целью выявления динамики развития.

В результате были получены положительные результаты по формированию стойких мотивов к физической культуре и спорту.

Например:

- Мотив — укрепить здоровье, вырос на 18,3%
- Развить физические качества, увеличился на 19,2%

Формирование осмысленного отношения и устойчивого интереса к занятиям по физической культуре в вузах осуществляется через лекции, беседы, практические учебные занятия, проведённые студентами во вне учебное время спортивно-оздоровительные мероприятия, самостоятельных домашних занятий.

Наши исследования позволяют сделать вывод о том, что разработанные комплексы упражнений способствуют устранению недостатков в телосложении, обеспечивают подготовку студентов к сдаче зачётных требований, служат эффективным средством всесторонней физической подготовки, учитывая при этом анатомо-физиологические и психологические особенности организма, вызывают огромный интерес укрепления опорно-двигательного аппарата при занятиях физической культурой.

«Логико-философский трактат» Людвиг Витгенштейна и теоремы о неполноте Курта Гёделя: сходства и различия

Кизима В.А., Ерохин Е.М.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Людвиг Витгенштейн, один из влиятельнейших философов XX в., родился в Австрии в 1889 г. Витгенштейн имел инженерное образование. Его первым трудом стал «Логико-философский трактат» (1921 г.). Практически все основные идеи этого труда сложились у

Витгенштейна под влиянием общения с участниками Венского кружка — группы математиков и логиков Венского университета. В нашем исследовании показывается сходство и определенная близость концепции трактата Витгенштейна с решением проблемы неполноты высказываний, представленной другим знаменитым математиком Венского кружка, Куртом Гёделем, в своих «теоремах о неполноте» [5]. Витгенштейн положил начало, по мнению знаменитого логика и математика Георга Х. фон Фригта, двум важным философским направлениям — логическому позитивизму и аналитической философии, или лингвистическому направлению позитивизма [4]. Фон Фригт толкует последнее как Кембриджская школа, как раз тогда, когда там, в Кембридже, и работал Витгенштейн, к середине XX в. это направление становится весьма влиятельным. Семь основных положений «Логико-философского трактата» [3, с. 5-73]:

1. Мир есть всё то, что имеет место.
2. То, что имеет место, что является фактом, — это существование атомарных фактов.
3. Логический образ фактов есть мысль.
4. Мысль есть осмысленное предложение.
5. Предложение есть функция истинности элементарных предложений. (Элементарное предложение — функция истинности самого себя.)
6. Общая форма функции истинности есть: $[p, x, N(x)]$. Это есть общая форма предложения.
7. О чём невозможно говорить, о том следует молчать.

Вещь/объект (абстракция) — то, из чего состоят факты. Объект всегда единичен, объекты просты, они не раскладываются на элементы, их нельзя до чего-либо ещё редуцировать. Мир (реальность) — это актуальное положение вещей; актуальные факты. Поэтому отсюда выражение «понять фразу языка это значит знать, что именно имеет место, если она истинна», но мы можем понять ее, не зная, истинна ли она [2, с. 28]. Факты могут быть простыми и сложными. Факт тождествен простому предложению. Логическая форма объектов — набор свойств. Мир, который мы наблюдаем, порождает 2 типа абстракций, разделяющиеся на «микроуровень» и «макроуровень» [3]. Язык позволяет нам создавать некоторые модели — наброски реальности. Язык можно разделить на 2 сферы: на сферу пропозиционального языка, который может быть истинным, либо ложным, потому что он пытается описать положение вещей, и сферу всего остального — сферу бессмысленных высказываний. Значение пропозиции — описание положения вещей. Язык является полным описанием всего, что есть в мире. Вещь появляется для нас тогда и только тогда, как только язык что-либо описывает. Также язык может описать все возможные факты. Те факты, которые язык не описывает, невозможны. Язык формализуется, полностью подчиняется законам логики. Язык — единственный способ выражения знания. Все предложения, нарушающие законы логики или не фиксирующие наблюдаемые факты, а также, построенные грамматически верно, но описывающие что-то, что нелогично, являются просто бессмысленными [1, с. 311].

Во взаимоотношениях между преподавателем учебного заведения и студентом большую роль играет взаимопонимание. Чем лучше они будут понимать друг друга, чем яснее будут их мысли, высказывания в процессе диалога, тем продуктивнее и быстрее будет проходить обучение. Также происходит и во взаимоотношениях учёного и его коллег. Это приведёт к ускорению научно-технического прогресса.

Таким образом, анализ языка, предложенный Витгенштейном, имел целью устранение произвола в философских рассуждениях, избавление философии от неясных понятий и туманных выражений. Он стремился ввести в философию хоть какой-либо элемент научной строгости и точности, хотел выделить в ней те ее части, где философ может найти общий язык с учеными, где он может говорить на языке, понятном им. Витгенштейн полагал, что, занявшись прояснением предположений традиционной философии, философ может выполнить эту задачу. Противоречивость «Трактата» объясняется принципиальной неосуществимостью поставленной автором задачи. Витгенштейн пытался окончательно разрешить все философские вопросы и попробовал формализовать сам процесс философствования, и тем

самым точно определить, что и как философия может сделать. Оказалось далее, что философская проблема языка не уместается в те рамки, в те пределы, которыми он ограничил сферу компетенции философии. Поэтому ему все время пришлось переступать границы формализации, расширять область философии за дозволенные пределы. А это уже было в 1931 г. продемонстрировано также участником Венского кружка, знаменитым математиком Куртом Гёделем, который описал данную ситуацию, обратившись к ее формализации с помощью своей теоремы о неполноте. Интерпретация теоремы о неполноте может быть представлена так: для описания системы высказываний о мире, нам надо все время прибегать к языку все более высокого порядка, иначе невозможно объяснить данную систему, исходя из нее же самой.

Значение научно-технического прогресса в деле превращения науки в общественное благо

Кривун К.В.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Научно-техническая революция — это коренное, качественное преобразование производительных сил, в основе которой находится процесс превращения науки в значимый фактор развития производства. В ходе НТР, начало последней можно отнести к середине XX в., развивается и завершается процесс превращения науки в непосредственную производственную силу. При научно-технической революции меняется не только тип производства, но и сам характер труда и отношения человека к труду, меняется облик производства, изменяются как структура общества, так и его организация. В нашей стране подготовительные процессы к НТР связывались с деятельностью научных школ еще дореволюционного периода, важную роль также сыграли успехи естествознания. Осмысление достижений естественных наук проходило как под эгидой философии, так и сама философия принимала активное участие в модернизации страны. Так, в частности деятельность Московской философско-математической школы, которую возглавлял с 1905 г. по 1921 г. Н. Е. Жуковский, выдающийся русский ученый, «отец аэродинамики» [5, с. 92-94], деятельность этой школы является таким примером плодотворного взаимодействия философии и суточно инженерных наук [3; 4, с.155-160]. Философское осмысление и вместе с тем и предвосхищение естественнонаучных проектов напрямую и тогда и сейчас связано с кардинальным ростом достижений т. н. чистых наук, т. е. чистой математики, чистой физики. Тогда это были открытия электрона, радия, превращения химических элементов, созданием теории относительности и квантовой теории, что ознаменовывало собой прорыв науки в область микромира и больших скоростей. Под влиянием успехов физики в 20-х гг. XX в. существенным изменениям подверглись теоретические основы химии. Квантовая теория объяснила природу химических связей, что, в свою очередь, открыло перед наукой и производством широкие возможности химического преобразования вещества. Началось проникновение в механизм наследственности, развивается генетика, формируется хромосомная теория. Революционный сдвиг в преобразованиях произошёл и в технике. Было изобретено радио, получившее широкое распространение. Родилась авиация. В 40-х гг. наука решила проблему расщепления атомного ядра. Человечество овладело атомной энергией. Важнейшее значение имело возникновение кибернетики [1; 2]. Компьютерная техника и программирование — принципиально новый вид техники, изменяющий положение и роль человека в процессе производства и его положение в мире. На примере освоения человечеством новейших технологий и сегодня актуален вопрос логико-философского осмысления значения научно-технического прогресса.

Список использованных источников:

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. — М., 1958.
2. Гуссерль Э. Кризис европейских наук. — М., 1998.

3. Половинкин С. М. Московская философско-математическая школа // Общественные науки в СССР. Серия 3. Философия. — М., 1991.

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.

Комплексная логика А.А. Зиновьева и значение его идей для русской философии XXI в

Кузнецова Д.А., Щербакова Е.Ф.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Александр Александрович Зиновьев (1922–2006) — знаменитый философ, логик, социолог, писатель и публицист, чьи научные и литературные труды сегодня достаточно широко известны. Все философские разработки А. А. Зиновьева сложно изложить в нескольких абзацах или даже листах — они заслуживают обстоятельного анализа. В особенности в связи с Указом Президента РФ о праздновании в 2022 г. 100-летия со дня рождения русского философа и мыслителя А. А. Зиновьева. Во время Великой Отечественной войны А. А. Зиновьев ушел с философского факультета МГУ имени М. В. Ломоносова на фронт, закончил курсы пилотов, стал летать, и воевал летчиком-штурмовиком на Ил-2, что без сомнения очень важно помнить студентам МАИ.

Логика занимает в многостороннем творчестве Зиновьева одно из ведущих мест. В многочисленных работах по логике, Зиновьев развил оригинальную общую концепцию логики, названную им комплексной (нетрадиционной) логикой [4, с. 184]. Основные идеи комплексной логики были изложены в книге «Основы логической теории научных знаний» (1967). Развитие этой концепции было рассмотрено в книгах «Комплексная логика» (1970), «Логика науки» (1971), «Логическая физика» (1972), также в ряде других книг и статей. Идея комплексной логики заключается в том, что решение важнейших проблем логики может быть достигнуто только на пути рассмотрения их совместно, а не по отдельности, не изолированно друг от друга [1, с. 3-4]. Основные её задачи: преодоление недостатков традиционных логических концепций и расширение сферы внимания логики. Зиновьев говорит о том, что предметом логики как особой науки является язык. Но не просто язык в общем понимании, работа в сфере языка: обработка его элементов, изобретение новых и разработка правил использования этих элементов. Логика не открывает и не изучает эти правила, она их изобретает. Мы не можем осуществить необходимую логическую формальную обработку языка как орудия познания, не взяв во внимание предметное значение языковых выражений, их онтологию [4, с. 186]. Также нельзя логически строго охарактеризовать методы научного исследования, не привлекая языковые средства фиксирования знаний и оперирования ими. Из этого Зиновьев делает вывод, что все три ветви старой философии — формальная логика, гносеология и онтология — должны быть слиты в нечто единое при систематическом построении логики в современных условиях науки [1, с. 72]. Комплексная логика должна была охватывать все основные разделы современной (математической) логики. Тенденция включать математическую логику в число математических дисциплин, сложившаяся еще в прошлом, несомненно, является ошибочной. Зиновьев был инициатором пересмотра современной логики. Это позволило использовать аппарат логики для удовлетворения потребностей не только математики, но и эмпирических наук. Зиновьев считал, что задачи логики гораздо шире, она исследует основы любого правильного рассуждения, а не только строгого математического доказательства, и ее интересует связь между посылками и следствиями в любых областях познания. Логика как наука едина. Однако она состоит из множества более или менее частных систем, ни одна из которых не может претендовать на выявление логических характеристик мышления в целом.

В этом аспекте современная логика отличается от традиционной логики. Единство логики проявляется также в том, что разные «логики» не противоречат друг другу: законами одной из них не могут быть отрицания законов, принятых в другой. Согласно Зиновьеву, логика представляет собой как эмпирическую, так и априорную науку [4, с. 188]. Зиновьев вводит понятие двойственного, описательно-оценочного высказывания, которое описывает каким является и каким должен быть объект. Делает он это чтобы снять противопоставление логики как эмпирической и априорной науки [2; 4, с. 184]. Зиновьев категорически не согласен с мыслью о не универсальности логических законов, идею зависимости их от области приложения и тем более идею зависимости используемого логического аппарата от уровня развития теории. В конечном счете, это ведет к утверждению априорного характера логики. Зиновьев писал, что: «...термины и высказывания образуются из данных терминов и высказываний так, что при этом последние определенным образом группируются в пространстве и времени, модифицируются и соединяются с особого рода предметами, изобретенными специально для этой цели» [1, с. 4; 4, с.185; 3]. Таким образом, идея реформы и «настройки» логики с целью приведения ее к ориентации на опытные науки было грандиозным проектом А. А. Зиновьева.

Список использованных источников:

1. Зиновьев А. А. Комплексная логика — М.: Изд-во ЛКИ, 2010.
2. Зиновьев А. А. Логика высказываний и теория вывода / Вступ. ст. В. А. Лекторского. — М.: Изд-во ЛКИ, 2010.
3. Зиновьев А. А. Очерк многозначной логики // Проблемы логики и теории познания. — М., 1968.
4. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: Инфра-М, 2020.

К.Э. Циолковский о фантазии и ее роли в научно-инженерной деятельности

Малюжонок Я.Р., Проценко В.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Иванов М.А.

МАИ, Москва

Фантазии в научном творчестве играют существенную роль. Как отмечал Альберт Эйнштейн: «Воображение важнее, чем знания. Знания ограничены, тогда как воображение охватывает целый мир, стимулируя прогресс...» [1, с.17]. Однако не ясно, какого рода воображение (фантазия) плодотворна в творчестве ученого и инженера. Если рассматривать фантазию как форму мысли, отвлеченную от реальности (или как некое мыслительное средство, сконструированное для решения той или иной проблемы), то не ясно как эти инструменты познания могут быть позитивными или негативными в инженерной деятельности.

Известно, какую огромную роль фантазия и воображение играли в творчестве К.Э. Циолковского. Его нередко называли фантазером и одновременно оценивали как творца, заглянувшего за границы реальности и создавшего продукты, превосходящие результаты деятельности своего времени.

Широко известна мысль Циолковского: «Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль» [2, с. 208]. В этих утверждениях определено место фантазии в структуре научного творчества. Фантазия открывает творческий процесс, математический расчет и воплощение — завершают его. Циолковский следовал этой схеме. В своей пионерской работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903) он значительное внимание уделяет техническим аспектам проблемы изучения космоса, приводит чертежи ракеты, излагает инженерные и теоретические основы преодоления земного тяготения. Однако мысль о полетах в космос была для многих людей начала XX века (и в определенной степени и для Циолковского) фантастической. Он понимает, что его исследование не решает технических и научных проблем полета в космос. Тем не менее, он был абсолютно уверен в

важности и перспективности своей работы и видел в полетах в космос — «великое значение в будущем» [3, с. 24]. На этом примере можно сказать, что у Циолковского мысли-фантазии обгоняли свое время и возможность их реального воплощения.

Такой стиль мышления подтверждается и им самим. Он пишет: «Мне вот уже 78 лет, а я всё продолжаю изобретать касающееся реактивной машины. Сколько я передумал, какие только мысли прошли через мой мозг! Это уже были не фантазии, а точное знание, основанное на законах природы. Готовятся новые открытия и новые сочинения, но фантазия также меня привлекала. Много раз я брался за сочинения на тему «Космические путешествия», но кончал тем, что увлекался точными соображениями и переходил на серьезную работу» [4, с. 5].

Весьма показательна в этом смысле работа Циолковского над проектом металлического аэростата. Первая оценка этого проекта была положительно встречена одним из основоположников аэро- и гидродинамики, ученым Н. Е. Жуковским [5, с. 43]. Однако позже экспертная оценка Жуковским проекта дирижабля была негативной [6, с. 16].

Множество идей Циолковского были крайне фантастическими и неосуществимыми (и в его время, и в настоящее) — превращение человека в фототрофное существо или расселение людей в мировом космосе и др. Однако попытка «приземлить», научно обосновать и воплотить фантазии была весьма плодотворна, и это сыграло важную роль в мировом признании Циолковского как одного из основателей космонавтики.

Таким образом, единство фантазии и научного элемента в творчестве Циолковского способствовало, с одной стороны, реализации продуктов воображения там, где это было возможно, с другой — мотивировало исследователей космоса к поиску новых научных и технических средств воплощения смелых гипотез. Многие идеи Циолковского, выраженные в фантастической форме, находят поддержку у ученых и в настоящее время. А его теоретические расчеты стали основой для космических полетов второй половины 20-ого века.

Список использованных источников:

1. «What Life Means to Einstein» / Saturday Evening Post. 26 октября 1929.
2. Циолковский К.Э. Собрание сочинений. В 4 т. М., 1964. Т. 4.
3. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1903 г.) / Собр. Соч., М.: Изд-во АН СССР, 1954г, т. II.
4. Циолковский К.Э. Гений среди людей. 1994. С. 121.
5. Кочетков В. Н. Золотая подкова (биография Циолковского). — М.: Мегapolis, 1994.
6. Салахутдинов Г. М. Блеск и нищета К. Э. Циолковского. — М.: АМИ, 2000. — 246 с.

Логическое учение Л. Витгенштейна и заслуга С. А. Яновской в формировании математической логики в СССР в 1940-1950 гг. и для современной русской философии

Надоленко Л.В.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В 1921 г. вышел знаменитый «Логико-философский трактат» Людвига Витгенштейна, австро-британского философа XX в. Одной из главных идей Витгенштейна была концепция сжато, оптимально, экономно и точно все сказать о мире. Витгенштейн полагал, что наш язык позволяет все сказать о мире, о том же о чем сказать не возможно, об этом надо молчать[3]. С помощью строго проведенной операции по разбору оснований языка, выявления границ нашего языка и постановки однозначным терминам соответствующего значения. В докладе проводится разбор всех семи тезисов трактата. В качестве интересного события отметим визит осенью, 15 сентября 1935 г. Витгенштейна в Ленинград и Москву. В частности, в Москве Витгенштейн встречался с Софьей Александровной Яновской, профессором мехмата МГУ имени М. В. Ломоносова, между ними состоялся обстоятельный разговор о формальной логике, о некоторых идеях «Логико-философского трактата», а также

о системе математической логики, о определенных трудностях в плане преподавания математической логики. С 1925 г. Яновская возглавляла семинар по методологии математики для студентов и аспирантов, а в 1928 г. вышла ее первая работа в области философии математики, «Категория количества у Гегеля и сущность математики». В 1930 г. выходит «Идеализм в современной философии математики». Встреча с Витгенштейном оказалась этапной для дальнейшей судьбы математической логики в нашей стране: С. А. Яновская во время войны организовала на мехмате научно-исследовательский семинар по математической логике, которым руководила совместно с И. И. Жегалкиным и П. С. Новиковым, и после окончания войны, в 1959 г. на мехмате МГУ была открыта кафедра математической логики, а Яновская стала профессором этой кафедры [5, с. 190]. По мысли Яновской, математическая логика это наука о рассуждениях в математике, это дисциплина, которая исследует свойства логических операций, применяемых в математике [5, с. 190; 2, 174-180; 1]. В нашей стране тенденции к образованию строго-формальной логики в философии зародились еще в XIX в. Достаточно вспомнить логико-гносеологическое направление в русской философии [6; 4]. Это были идейные предшественники Яновской, к примеру, М. И. Каринский, С. И. Поварнин, В. Ф. Асмус, автор учебника «Логика» 1947 г., Е. К. Войшвилло, П. С. Попов и многие другие. В этой связи, необходимо отметить, что линия ведущая от С. А. Яновской и Л. Витгенштейна, удивительно, напрямую восходит к нашему университету. Дело в том, что учеником у Яновской, в свое время, был сам профессор Б. В. Бирюков, а у него уже учился один из наших преподавателей, нашей кафедры «Философия», кандидат философских наук, доцент Олег Эдуардович Петруня.

Список использованных источников:

1. Бирюков Б. В. Трудные времена философии. Логика и философия в первые постсталинские годы. Математическая логика. Кн. 2: В мире логики — математической и философской. — М., 2014. — 264 с.
2. Бирюков Б. В. Трудные времена философии. Отечественная логика, история и философия в последние сталинские годы. Ч. 1: Борьба вокруг логики: диалектической, формальной, математической. Челпанов, Асмус, Фохт, Поварнин, Попов, Ахманов, Лосев. Марксистско-ленинская мифология истории. — М., 2012. — 272 с.
3. Витгенштейн Л. Логико-философский трактат // Философские работы. Часть I. — М.: Издательство «Гнозис», 1994. — С. 1-74. — 612 с.
4. Шевцов А. В. Имманентная философия Вильгельма Шуппе в контексте неокантианства (к вопросу о ее рецепции в русской философии начала XX в.) // Христианское чтение. №4, 2018. — 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. Логико-гносеологическое направление философии в Санкт-Петербургской духовной академии (1870-1918) // Христианское чтение. №1, 2017. — С. 263-284.

Философия метаматематики Венского кружка (теоремы о неполноте К. Гёделя)

Никифорова А.М., Бурова А.Д.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В начале XX века математик Давид Гильберт объявил идею аксиоматизировать математику, и для достижения своей цели оставалось продемонстрировать последовательность и логическую полноту арифметики натуральных чисел[1]. В 1921 году Гильберт выдвинул 23 аксиомы математики. Далее началась острая дискуссия по проблемам полноты и завершенности математики и математических записей. Так, 7 сентября 1930 г. в университете Кёнигсберга на проходившем научном конгрессе по основам математики, Курт Гёдель впервые обнаружил две фундаментальные теоремы о неполноте, которые

показывают, что идея Гильберта не может быть воплощена. При выборе любых арифметических аксиом существуют теоремы, которые не могут быть доказаны или опровергнуты простыми средствами, предоставленными Гильбертом, а также невозможно доказать непротиворечивость математики [6, с. 72-74].

Это означало, что любое конечное доказательство системы аксиом a , эта система для объяснения своей непротиворечивости нуждается в обращении к системе истинных аксиом b , из более высокого порядка. Итак, чтобы что-то объяснить, необходимо обращаться к формулировкам языка более высокого (отвлеченного) порядка. Поэтому простая формулировка первой теоремы Гёделя о неполноте говорит о том, что существует предложение, которое нельзя доказать или опровергнуть в рамках данной теории P . Во второй теореме Гёделя (т. н. «сильной») говорится о том, что в качестве такого предложения можно взять формализацию в P утверждения о ее собственной непротиворечивости. Первая теорема утверждает, что при произвольно заданном множестве арифметических аксиом всегда существует верное высказывание арифметики, которое невозможно доказать на основе имеющихся аксиом, если применять только методы доказательства, изложенные в программе Гильберта. Доказательство теорем основано на получении высказывания, которое говорит о себе: «Я недоказуемо» или же отсылает к более высокому порядку предложений. То же касается любых формальных систем. Наше представление о сложных системах является либо полным, но противоречивым, либо непротиворечивым, но неполным. Из этого можно сделать вывод, что человек никогда в процессе познания не сможет достичь и полноты, и непротиворечивости одновременно.

К. Гёдель показал, что большая часть математических предположений может быть сведена к простым арифметическим выражениям. Таким образом, философское значение теорем о неполноте выходит за рамки математики. Согласно позитивистской философии любая физическая теория есть математическая модель, реализованная на математическом языке. С.

Хокинг справедливо утверждал: «Если существуют математические результаты, которые нельзя доказать, значит, существуют физические проблемы, которые нельзя предсказать». Все вокруг является частью описываемой нами Вселенной. Таким образом, физическая теория оказывается замкнутой. Значит, согласно теоремам К. Гёделя следует ожидать, что она либо несовместимая, либо неполная. Фактически, С. Хокинг, как и в свое время М. Геллманн, стал сомневаться в возможности построения завершённой теории. Однако, как доказал ранее Л. Витгенштейн, 1921 г., проблема заключается не в отсутствии возможности завершения теории, создания некоего языка, на котором можно будет все сказать о мире [6, с. 73-74], а в невозможности доказательства того, что построенная нами теория является действительно завершённой. Это не означает физика бесконечна. Философский смысл теоремы Гёделя не подразумевает того, что ученый не может прийти к теории всего, напротив, они могут искать теорию, объясняющую все известные на данный момент физические явления. Но в условиях теоремы такая теория не может считаться несомненно истинной [4; 5]. Эта теория не гарантирует, что в будущем не будут открыты новые физические свойства и явления, требующие последующей, некоторой другой завершённой теории [2; 3, с. 196-202]. Эти отчасти философские вопросы были поставлены группой математиков и логиков, членами Венского кружка.

Список использованных источников:

1. Гильберт Д. Основы теоретической логики / Д. Гильберт, В. Аккерман / под ред., вступ. ст. и коммент. С. А. Яновской. — М.: ИЛ, 1947.
2. Зотов А. Ф. Современная западная философия. М., 2001.
3. Лебег А. Об измерении величин. М., 1960.
4. Пойа Дж. Математика и правдоподобные рассуждения. В 2 т. / под ред. С. А. Яновской. — М., 1957.
5. Поппер К. Логика научного исследования. М.: АСТ: Астрель, 2010.
6. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: Инфра-М, 2020.

Марксистская политэкономия при анализе современных социально-экономических процессов

Панов В.А., Лапиков И.Ю.

Научный руководитель — Сухно А.А.

МАИ, Москва

Возникновение классической политической экономии было крайне важным для науки и именно с её появлением было положено начало научному изучению хозяйственной деятельности человека. Политическая экономия послужила основой для возникновения материалистического учения об историческом процессе. Он доказал, что история человечества приводится в движение развитием производительных сил, что обуславливает развитие производственных отношений. Их совокупность, называемая базисом, задаёт «граничные условия», в рамках которых происходят уже другие общественные процессы. Именно правильное понимание сути общественных процессов, позволяет марксистам прогнозировать общественное развитие, исходя из прогноза строить стратегию и осуществлять её.

В начале 90-ых с распадом социалистического блока появилось множество неосвоенных рынков сбыта, которые осваивались последующие 10–15 лет. На фоне их исчерпания начал разгораться новый кризис, грянувший в 2008-ом году. Это подтолкнуло страны развитого и развивающегося капитализма к новому переделу мира; что стало причиной многих конфликтов: войны в Центральной Африке, Ливии, Арабская весна, столкновение на индо-китайской границе война, майдана на Украине и т. д. Это показывает актуальность марксистского, материалистического анализа истории, релевантного текущей ситуации.

Школой марксистской политической экономии установлено, что развитие капитализма имеет циклический характер при общем стремлении нормы прибыли к понижению. Наиболее долгие циклы нормы прибыли связаны с появлением прорывных технологий, с которыми создаются новые отрасли и новые рынки. Рано или поздно новый рынок насыщается и технология становится обыденной, что уже не позволяет получать сверхприбыли, которые были на этапе освоения рынка. Как правило, появление нового рынка сопровождается ростом акций компаний, задействованных в освоении, и обуславливает перетекание капитала в сектора с большей нормой прибыли — отсюда как следствие спекуляции и формирование финансовых пузырей, схлопывание которых усугубляет кризисные явления по всему миру.

Сейчас такой технологией является производство микропроцессоров — такое же критически важное, как когда-то производство паровых котлов. Она применяется в широком спектре устройств от образцов вооружения и беспилотных аппаратов до смартфонов и автомобилей. В свою очередь производство сейчас не может обеспечить требуемые объёмы выпуска.

В этом контексте отдельно стоит отметить трения между США и Китаем вокруг острова Тайвань — важнейшего звена анти-китайской коалиции, блокирующий выход КНР в Тихий океан, который по мимо всего прочего является одним из важнейших производителей микропроцессоров. Текущий кризис микроэлектроники обусловлен, с одной стороны, трениями вокруг острова Тайвань, так и завершением освоения этой технологии и потребности мировой экономики в количественном росте этого сектора производства.

Любые общественные противоречия со временем нарастают и требуют качественного разрешения. Это положение позволяет с помощью марксистского, материалистического анализа сделать вывод о том, что в будущем нас ожидает окончательное выяснение отношений между Китаем и США, формы которой ещё не ясны, а социальная напряжённость в странах выйдет в экономические и политические выступления, результат которых ещё не определён.

Значение феноменологии Гуссерля для развития науки

Пещерова А.А.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Феноменологическая концепция науки — это одно из направлений философии науки, появившееся в начале XX в. математиком и философом Э. Гуссерлем (1859-1938), которое оказало большое влияние на мировую философию. Гуссерль видел идеалом феноменологии точность и однозначность математики, а в феноменологической философии он видел аналогичный потенциал за логикой. Если придать логике математическую запись или синтаксис, то такая философия может снова стать строгой наукой [6, с. 91-92]. Главным вопросом, по мысли Гуссерля, должен быть вопрос о предмете философии — она строгая наука, или точная наука? Наука — постоянный объект его интересов, начиная с «Философии арифметики» (1897) и «Логическими исследованиями» (1901-1902) [3], где им было разработано новое «наукоучение», т.е. учение о науке. Последующие работы «Философия как строгая наука» (1911), а также работы последнего десятилетия его жизни, в том числе «Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология» [2] — Гуссерль стремился построить науку о науке, которую он видел в особой философии, в феноменологической философии как «строгой науке» [4, с. 332-410]. Поэтому вопрос об объективности познания по Гуссерлю является главной проблемой теории познания. Свою теорию феноменологии Гуссерль называет «естественной установкой сознания человека», которая представляет собой непосредственную уверенность в том, что существует объективный мир и мы в состоянии описывать его как феноменальный ряд, как феномены сознания. Цель философа-феноменолога, по Гуссерлю, должна заключаться в «вынесении за скобки» всего того, что может помешать восприятию предмета в мысли, т.е. игнорирования нашей веры в тотальность объектов, к которым мы относимся с естественной точки зрения, и вместо этого, требуется обращение внимания на наши переживания их. Гуссерль рассматривает сознание как поток переживаний, элементами которого являются феномены. Поэтому свое учение о структуре потока сознания Гуссерль называет феноменологией, и понятие феномен как целостность можно только в том случае, если схватить его посредством интуиции, как бы «войти в поток сознания». При этом происходит интуитивное, чисто умозрительное суждение о сущности. Феноменологический метод состоит в том, чтобы слиться с потоком сознания. Гуссерль критиковал две такие главные тогда разновидности объективизма — натурализм и исторический идеализм, т.е. марксистский подход и подход Гегеля. Своей ориентацией на факты и опыт натуралисты в области естественных наук и идеалисты в области наук о духе вызывают критику Э. Гуссерля. Если идеи и мысли лишь какая-то комбинация фактов, а разум полностью укладывается на поверхность опыта, то из философии исчезает сам смысл [1; 5, с. 167-180]. Применение феноменологии в естественных науках — это подход, по которому создается теория для наблюдаемых явлений, в которой, как бы, не обращают внимания на действительно происходящие процессы более «низкого» уровня. Например: термодинамика в физике или феноменология элементарных частиц. Отметим, что феноменология Гуссерля с 1897 г., когда он выступил со своей программной статьей и докладом на I Международном Конгрессе математиков в Цюрихе и вплоть до 1940-х гг., эта обновленная философская наука становится одним из главных проверочных оснований и стандартов на соответствие достижений человечества практической пользе. Феноменология становится неким знаком качества для открытий в чистых и прикладных науках. Выражение «феноменологические исследования», «логика», «математическая логика» и другие термины Гуссерля становятся отныне знаком качества научных исследований. В науке происходит научно-техническая революция — воздухоплавание, аэродинамика, а философы и ученые начинают свои исследования с проведения собственных «Логических исследований». Технические достижения начала прошлого века прежде были обоснованы этой новой чистой наукой — феноменологией [7]. Поэтому и сегодня требуется бросить наш взгляд на уже имеющиеся достижения научно-технического прогресса с тем, чтобы дать им строгую оценку и увидеть перспективы

развития науки и техники, тем самым, открыть поле для творчества в аэрокосмической отрасли в нашей стране.

Список использованных источников:

1. Гуссерль Э. Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии. Кн. I. — М., 2009.
2. Гуссерль Э. Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология. М., 1998.
3. Гуссерль Э. Логические исследования. Минск, 2000.
4. Зотов А. Ф. Современная западная философия. — М., 2001.
5. Шевцов А. В. Имманентная философия Вильгельма Шuppe в контексте неокантианства (К вопросу о ее рецепции в русской философии начала XX в.) // Христианское чтение. — 2018. — №4. — С. 167–180.
6. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: Инфра-М, 2020.
7. Шевцов А. В. Московская философско-математическая школа. Логика и философия математики. Н. Е. Жуковский на I Конгрессе математиков в Цюрихе в 1897 г. // Логикофилософские штудии. 2018. Т. 16. №1–2. С. 92–94.

О концепции научного знания Стивена Тулмина как эволюции стандартов / матриц понимания

Пирожихин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В начале 1950 г. Тулмин, без сомнений вслед за Витгенштейном, за его поздней работой, следуя критически «Философским исследованиям» (1953), осудил позитивистскую программу доказательства научного знания, с требованием о потребности в учете лингвистической философии и исторического контекста формирования данного знания. Со стороны Тулмина, модель Томаса Куна находится в конфликте, которые неразрешим с эмпирической историей науки, отрицает преемственность ее развития, из-за того что данная история не имеет отрезков «абсолютного непонимания» [2]. Исходя из этого, Тулмин предложил использовать схему эволюции, объясняя постоянство в описании науки, подобную теории естественного отбора Ч. Дарвина. По мнению Тулмина, для развития присущи не кардинальные изменения, а малые изменения, которые относящийся к каждому единичному открытию и подобны индивидуальной изменчивости или мутациям. Развитие науки протекает как развертывание сети проблем, которые определяются ситуационно и могут пропадать с изменением ситуации или в результате смены целей и или поколений. Для оценки концепции, теории и объяснительных процедур используют не по критерии истинности или ложности, а понятия адаптации к окружающей среде, к интеллектуальному полю проблем. По мнению Тулмину, знания «размножаются» как поток проблем и понятий, важнейшие из которых переходят от века к веку, из одного научного сообщества к другому, сохраняя наследственность в развитии [3, с. 199-200]. При этом они подвергаются известным изменениям, «гибридизации» и т.п. Тулмин не приписывает какому-либо глобальному упадку переопределение и изменение рациональности, так как упадок — болезненное явление. Он вероятнее изучает их как ситуации выбора и предпочтения в неизменных условиях и незначительных изменений идей. Вместе с этим речь не идет о прогрессе в развитии науки, а только о высшей или низшей степени адаптации ее к изменённым условиям.

Так, Тулмин в конце концов трактует научное развитие как непрекращающийся и ненаправленный процесс соревнования идей за существование способом наилучшей адаптации к области их обитания. Научные теории и традиции подвержены процессам консервативной сохранности и инновациям. Тулмин полагает, что понимание в науке достигается и определяется как соответствие ее утверждений признанным в научном сообществе стандартам, или т. н. «матрицам». При этом то, что не входит в «матрицу» как в некий прописной набор поведенческих стандартов, принятых к данному времени в науке,

то считается аномалией, а избавление от подобной аномалии есть стимул для развития науки, как некое улучшение понимания [4]. Здесь можно провести сравнения с Тулминовской концепцией задачи улучшения понимания в научном сообществе, идею речевого взаимодействия людей на бытовом уровне через рост компетенций. Согласно Тулмину теории в науке проходят в своём развитии череду непрерывных изменений как непрерывный отбор концептуальных инноваций. Здесь это укладывается со сравнением с концепции естественного отбора Чарльза Дарвина. Сравнивая с отбором в биологии, теория Тулмина достаточно перспективна для дальнейшего развития. Научные теории, помещенные в исторический контекст, в одних ситуациях проявляют сдержанность или консервативную сохраняемость, а в других ситуациях они склонны к инновациям или мутациям. Нововведения в науке («мутации») сдерживаются факторами критики и самокритики. Выживают те группы, что в высшей степени адаптируются к «интеллектуальной среде». Важнейшие изменения связаны с изменением главных теоретических стандартов, или «матриц» понимания, лежащих в основе научных теорий. По Тулмину идея эволюционирующей рациональности служит основным понятием методологии. Она однозначна стандартам понимания и обоснования [1; 6]. Ученый считает «понятными» те события и т.п., что оправдывают его предшествующие ожидания. Сами ожидания направляются историческим образом рациональности, «идеалами естественного порядка». То, что не укладывается в «матрицу понимания», считается «аномальным». Избавление от «аномалий» — главный стимул научной эволюции [5]. Объяснение оценивают по следующим критериям: предсказательная надежность, связность, когерентность, удобство, а не со стороны истинности. Эти критерии исторически изменчивы и возникают в результате деятельности научной элиты. Они формируются под влиянием внутри научных и вне научных факторов, которые взаимодополняют друг друга. Но впрочем Тулмин во главе ставит внутри научные факторы. Следовательно, Тулмин разработал и вывел т. н. «селекционную» модель науки.

Список использованных источников:

1. Габрилович Л. Е. О двух научных понятиях мышления / пер. с нем. А. В. Шевцова // Философский журнал
2. Зотов А. Ф. Современная западная философия
3. Лебег А. Об измерении величин.
4. Поппер К. Логика научного исследования. — М: АСТ: Астрель
5. Рассел Б. История западной философии и ее связи с политическими и социальными условиями от Античности до наших дней
6. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия.

Специфика и перспективы космического туризма

Пронкин А.А.

Научный руководитель — Григорьев А.В.

МАИ, Москва

Человека всегда притягивал космос. Незведанность и недоступность будоражит сознание и не оставляет равнодушным, как и много лет назад, так и сейчас. Стремясь открыть завесу тайны, узнать нечто новое и недоступное люди начали покорять космос. Когда космос стал ближе и безопаснее, развился новый вид туризма, о котором раньше могли только мечтать — космический туризм. На данный момент космический туризм — это самый новый, самый дорогой и экзотический вид туризма. Несмотря на специфичность космического туризма, спрос на него только возрастает и он приобретает все большую актуальность. Но нужно учитывать тот факт, что космос является враждебной средой для неподготовленного человека. Именно поэтому, в начале необходимо пройти курс подготовки, а затем уже совершить долгожданный полет. Стоит отметить, что полет может

совершаться не только в развлекательных целях, а непосредственно в научных и исследовательских целях.

В начале 60-х годов на орбиту отправляются первые спутники, затем Ю. А. Гагарин совершает первый полет в космос, все достаточно быстро начинают верить, что космос покорен. С. П. Королев в шутку говорил: «Люди будут летать в космос по профсоюзным путевкам». Стремительное освоение космоса убеждало в этом. Вскоре на орбиту стали выходить и курсировать корабли с экипажем из трех человек. В 1965 году А. А. Леонов первым в мире выходит в открытый космос, в 1969 году Нил Армстронг ступает на поверхность Луны, отправляются луноходы, в начале 70-х появляются на орбите Земли станции.

Однако, к концу 70-х годов, темпы развития прекращаются.

Сегодня созданы условия для развития частных компаний. Первыми заниматься космическим туризмом стали компании Pacific American Launch Systems и Society Expeditions. Цена тура составляла 50 000\$. Любой, кто заплатил бы данную сумму смог попасть на низкую околоземную орбиту. В настоящее время ведущими частными компаниями в этой сфере являются Space Adventures, SpaceX, Virgin Galactic. Space Adventures — это единственная американская компания, организующая туристические полеты совместно с «Роскосмосом». Полёты осуществляются с космодрома Байконур при помощи российских космических кораблей «Союз» на российский сегмент МКС. А в Звездном городке проводится подготовка и обучение туристов. Путешествие может включать в себя как посещение МКС, так и облет Луны. Всего с помощью этой компании в космосе уже побывали девять туристов из США, Великобритании, Канады, Японии, Венгрии. SpaceX — компания, основанная И. Маском в 2002 году. Компания подписала с Space Adventures соглашение, в соответствии с которым в 2021 году четверо космических туристов были отправлены на орбиту. Для этого была использована ракета-носитель Falcon 9 и корабль Crew Dragon. Туристы пробыли на орбите пять дней. Они не стыковались с МКС, а выполняли обзорную экскурсию, после которой спускаемая капсула корабля Crew Dragon успешно приводнилась в Атлантике вблизи Флориды. Virgin Galactic — компания, предлагающая один из самых «бюджетных» вариантов космического туризма: 15-минутный полет на высоту в 100 км, время в невесомости около 3 минут. Билеты на суборбитальный полет на борту «SpaceShipTwo» длительностью 2,5 часа уже раскуплены на несколько лет вперед.

Несмотря на то, что полет первого космического туриста состоялся еще в 2001 году, этот вид путешествий все еще находится на старте своего развития. Главным недостатком является его цена. Так же возникает сложность во времени, которое требуется на подготовку и проведение множества тестов, проверок, физических нагрузок. Не стоит забывать, что космический туризм относится к экстремальным видам отдыха, а не к комфортному туру. Достаточно ограниченной является и программа полета — полет вокруг Земли, МКС (остановка на МКС дает возможность продления пребывания в космосе до нескольких дней). Возможно, в будущем появится шанс полететь на Луну.

О терминологии до сих пор ведутся споры, например, можно ли называть суборбитальные полеты, не предполагающие выход на орбиту, космическими полетами или просто экстремальными. Но, независимо от отношения к ним, суборбитальные полеты в скором времени должны стать основной движущей силой развивающей этот вид туризма: конструкция необходимого для таких полетов корабля намного легче, создание таких кораблей проще, требования к физической подготовке должны быть ниже, а прибыль выше. А вот на орбитальные полеты возлагают большие научно-исследовательские надежды. Их развитие может способствовать появлению в будущем космических баз и отелей для проведения исследований. Сегодня единственная туристическая «остановка» в космосе это МКС, а создание космических баз позволило бы лучше исследовать небесные тела.

Философия Русского космизма как мировоззренческая основа создания систем искусственного интеллекта

Сверчков Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Нетребская О.Н.

МАИ, Москва

Согласно определению, данному в указе президента Российской Федерации «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», искусственный интеллект — комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека.

Искусственный интеллект (ИИ), удовлетворяющий данному определению, может являться, например, саморазвивающейся системой, т. е. системой, способной развиваться самостоятельно, без привлечения (или при минимальном привлечении) внешних источников.

В настоящее время проблема разработки ИИ и, в том числе, сложных саморазвивающихся систем, занимает важное место в научной работе учёных, проектировщиков, разработчиков-инженеров. Исследования сложных саморегулирующихся систем не может осуществляться в рамках классической и неклассической рациональности и требует уже пост-неклассического подхода. Сложность задачи требует участия в ней профессионалов различных специальностей: физиков, математиков, биологов, компьютерщиков, лингвистов, психологов, социологов и др., а также философов. Однако, недостаточно простого механического суммирования их усилий. Решение задачи создания систем ИИ требует применение междисциплинарного подхода и синергетики — научных исследований, которые помогли бы выявить закономерности и принципы, лежащие в основе процессов самоорганизации систем. В качестве обоснования синергетических представлений выступает универсальный эволюционизм, который на ряду с идеей развития, распространяемой на все объекты Вселенной, включает в себя также идею связи эволюционных и системных представлений.

При этом имеет место соответствие идей синергетики положениям учения Русского космизма — направления русской религиозно-философской мысли, основанного на холистическом мировоззрении, последователи которого выдвигают идею активной эволюции, то есть необходимости нового сознательного этапа развития мира, когда человечество направляет его в сторону разума и нравственного чувства. Русский космизм предполагает объединение всего человечества для сознательной, направленной эволюции.

Общепланетарное мировоззрение, выдвинутое русскими философами-космистами называют также «мировоззрением третьего тысячелетия».

Концепцию системности эволюции развивал в частности выдающийся русский советский учёный и философ-космист В.И. Вернадский.

Таким образом, междисциплинарный подход, опирающийся на мировоззренческую систему Русского космизма, имеет потенциал в развитии систем ИИ. В то же время, создание ИИ станет ещё одним шагом человечества на пути к достижению глобальных целей космизма.

Список использованных источников:

1. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Указ Президента РФ от 10.10.2019 №490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»
2. О. Netrebskaya, V. Ushakov. VIII Российский философский конгресс Секция 109 Russian Cosmism as the Basis of Artificial Intelligence (с.823-825)
3. Степин, В.С. Методологические идеи В.И. Вернадского и наука XXI столетия / В.С. Степин // Философские науки. — 2014. — №3. — С. 8–22. URL: <https://rucont.ru/efd/434881> (дата обращения: 07.01.2022)

4. Суспинин А. С. Исследование территориальных систем // Регион: экономика и социология. 2008. С. 24-28
5. https://ru.wikipedia.org/wiki/Русский_космизм [Электронный ресурс]

Адаптация студентов в авиационном вузе

Скорохватова Е.М.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

СФ МАИ, Ступино

В связи с повышением глобальной конкурентоспособности вузов Российской Федерации ряд университетов, в том числе и Московский авиационный институт (НИУ), выбраны в качестве участников программы «Приоритет 2030». Это обязует каждый вуз с большей ответственностью подходить к процессу подготовки профессионалов в стенах своих университетов. Данный процесс будет протекать более эффективно, если обратить внимание на адаптацию первокурсников к условиям обучения в авиационном вузе, поскольку это влияет на эффективность образовательного процесса и, впоследствии, на формирование общекультурных и профессиональных компетенций обучаемых студентов.

Объектом исследования является Ступинский филиал МАИ (НИУ), куда студенты первокурсники поступили в 2021 г. Предметом исследования является образовательная среда вуза и, в частности, адаптация первокурсников к учебному процессу в СФ МАИ (НИУ). Цель данной работы — изучить процесс приспособляемости и адаптации студентов младших курсов к образовательной среде национального исследовательского университета. В качестве методов исследования были использованы метод анализа на основе социологического опроса студентов-первокурсников в форме анкетирования, описательный, сравнительный и поисковые методы, а также методы обобщения и систематизации.

Данное исследование было проведено с 24 по 29 сентября 2021 г. в Ступинском филиале МАИ (НИУ). В результате этого исследования было обнаружено, что на основании данных проведенного анкетирования в количестве 84 человек (студентов первокурсников) основную часть обучаемых составляют юноши 82% против 18% девушек. Вопросы, связанные с адаптацией студентов к учебному процессу в вузе, опираются на ключевые особенности личности, тип семейного воспитания, социальные условия студента, а также учитываются его национальность и регион проживания. По поводу наличия трудностей в процессе приспособляемости и адаптации в вузе две трети опрошенных респондентов ответили отрицательно. Большинство респондентов на вопрос о первом впечатлении о группе ответили положительно — 83% студентов. Среди респондентов довольны своим расписанием были 76%. Кроме того, 83% опрошенных ответили, что им не составило труда завести дружеские отношения с группой. На вопрос о единстве группы 31% респондентов ответили положительно, 64% ответили, что группы разбиты на компании, 5% ответили, что они одиночки и никто из опрошенных не выбрал ответ «каждый сам за себя». Причем важно, что 69% опрошенных ответили положительно на вопрос «помогает ли вам поддержка преподавателей адаптироваться к условиям в вузе?». Среди респондентов-первокурсников 77% считают, что неумение студентов распределять свое время является одной из важнейших причин, обуславливающей неудачи адаптации в вузе. На вопрос о желании проведения занятий по совершенствованию навыка распределения времени результаты ответов составили: 17% положительных ответов, 34% отрицательных ответов и 36% респондентов умеют распределять свое время, а 12% затруднились ответить на этот вопрос. Несмотря на трудности обучения в данном университете, 92% опрошенных согласны с утверждением, что благоприятные отношения в группе помогают более легко адаптироваться к обучению в вузе. На вопрос об индивидуальном подходе преподавателей к каждому студенту положительно ответили 48% студентов, а отрицательно 24% опрошенных респондентов. По мнению 85% студентов можно сделать вывод, что преподаватели в СФ МАИ (НИУ) объясняют понятно и доступно для основной массы обучаемых студентов. Если у студентов возникнут проблемы с адаптацией в вузе, то 83% не станут обращаться к психологу.

Студентам-первокурсникам, входящим в новые социальные роли, необходимо научиться опираться на собственные ресурсы при обучении в вузе, что в дальнейшем позволит им занять активную позицию по отношению к своему обучению и продвижению по карьерной лестнице, не ожидая помощи со стороны других участников образовательного процесса. Таким образом, формирование и развитие востребованного специалиста возможно только при условии высокой адаптации личности студента к образовательной среде университета.

Список использованных источников:

1. Антипова, Л.А. Педагогические технологии успешной адаптации личности студента в процессе обучения в вузе // Казанский педагогический журнал. — 2012. — № 2. — С. 180.
2. Долгова, В. И., Кондратьева О. А., Нижегородцева Е. С. Исследование адаптации первокурсников к обучению в университете // Научнометодический электронный журнал «Концепт». — 2015. — Т. 31. — С. 66–70. — URL: <http://e-koncept.ru/2015/95520.htm>.
3. Орехова, Е.Ю., Педагогические условия активизации процесса адаптации студентов младших курсов к вузу (на примере студентов коренных малочисленных народов севера, ханты и манси): автореф. дисс. канд. пед. н./Е.Ю. Орехова. — Рязань. — 2006. — 24 с.
4. Старчикова, И.Ю. Особенности развития высшего профессионального образования в современную эпоху // Глобальный научный потенциал. —2020. —№ 5 (110). — С. 39-41.

Виртуальная реальность: симуляция или реальность?

Сукачева А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Сытник В.М.

МАИ, Москва

В эпоху четвертой промышленной революции на первый план выходит применение новых технологий, среди которых находятся такие технологии, как искусственный интеллект, дополненная и виртуальная реальности, автономные роботы, беспилотные летательные аппараты и другие. Виртуальная реальность широко используется в авиационной промышленности, системы виртуальной реальности эффективны и в космической деятельности. Внедрение технологий виртуальной реальности в различные сферы человеческой деятельности влечет за собой вопросы о сущности данного типа реальности, ее основных характеристиках и отличии от объективной реальности, о влиянии опыта погружения в виртуальную реальность на человека [4]. Взаимодействие с виртуальной реальностью закономерно наталкивает нас на размышления о реальности нашего мира, возникает вопрос «Не является ли наш мир также компьютерной симуляцией?».

Идея о том, что окружающая нас реальность симулирована, возникла еще у философов древности. Пифагор придерживался мнения, что мир формируется из чисел и их бесконечных комбинаций. Подобные идеи появлялись у Платона, Аристотеля, а также у Рене Декарта. Помимо данных теорий, положение об иллюзорности окружающей нас реальности заложено в учениях некоторых религий. Концепция об иллюзорности бытия рассматривается в буддизме и индуизме.

Рене Декарт сказал: «Откуда Вы можете знать, что Вас не вводит в заблуждение некий злокозненный гений, создавая представление о мире, окружающем нас?». Современная версия этого вопроса: «Откуда тебе знать, что ты не живешь в компьютерной симуляции вроде матрицы?» Если это так, то можно сделать вывод, что ничего вокруг нас не существует, и окружающая реальность, материальный мир представляют собой иллюзию.

Американский астрофизик Нил Деграсс Тайсон предположил, что если наш мир симулирован, то симуляция создана по принципу восприятия реальности по требованию. Такую симуляцию по требованию можно сравнить с компьютерной игрой, в которой загружается именно та локация, где на данный момент находится игрок, так как симулировать весь мир очень энергозатратно и нецелесообразно. Теоретические физики Зохар Рингель и Дмитрий Коврижин выдвинули аргумент, что симулировать гравитационные аномалии с помощью компьютера не представляется возможным, поэтому наша Вселенная невычислима.

В свою очередь, шведский философ и профессор Оксфордского университета Ник Бостром в 2001 году в своей статье «Are you living in a computer simulation?» выдвинул гипотезу о том, что наша реальность — это иллюзия, созданная компьютерной программой. Одна из основных мыслей работы Ника Бострома заключается в том, что сознание не зависит от своего биологического носителя (человеческого мозга), а зависит от вычислительной мощности компьютера, его структуры и паутины взаимосвязей [2]. По его мнению, сознание может быть воссоздано с помощью электрических импульсов. Бостром придерживается мнения, что в искусственном мире жители будут уверены в реальности своего существования и существования всего, что их окружает.

Следует также упомянуть мысленный эксперимент Хилари Патнэма, который носит название «Мозг в колбе». Суть эксперимента состоит в том, чтобы подвергнуть сомнению истинность ощущений об окружающем мире. Согласно идее Патнэма, человек, которому принадлежит мозг, помещенный в колбу с питательным раствором, будет не способен определить разницу между объективной реальностью и искусственными импульсами, которые посылаются в мозг. Таким образом, испытываемый, несмотря на отсутствие физического тела, будет верить в объективность ощущений и реальность существования окружающего мира.

На сегодняшний день четкого ответа на вопрос «Реален наш мир или симулирован?» не существует. Возможно, человеческая цивилизация на данный момент не достигла такого уровня развития, который позволил бы ответить на данный вопрос. Некоторые исследователи считают, что теория симуляции не согласуется с принципом фальсифицируемости, предложенным Карлом Поппером, для демаркации научных теорий от ненаучных, и, следовательно, данная теория не может быть экспериментально доказана или опровергнута [1].

Список использованных источников:

1. Медведев Д.А. Живем ли мы в спекуляции Ника Бострома? [Электронный ресурс] URL: <http://futurologija.ru/texts/zhivem-li-my-v-spekulyacii-nika-bostroma/> (дата обращения: 02.03.2022).
2. Bostrom N. Are you living in a Computer Simulation? // *Philosophical Quarterly*. — Vol.53. — № 211. 2003. — 243-255 pp.
3. Hanson R. How to live in a Simulation // *Journal of Evolution and Technology*. — № 7. 2001.
4. Motorina L.E., Sytnik V.M. Existential, Instrumental and Cyber Spaces as Ontological Modi of Human Being // *Nova Prisutnost*. — № 18(3). 2020. — 485-499 pp.

Концепция «личности» П. Рикёра: ее значение и смыслы для современного мира

Трусевич Ю.В.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Французский философ XX в. Поль Рикёр работал на стыке изучения проблемы человека и новыми реалиями «жизненного мира», феноменологии Эдмунда Гуссерля, тотальности и вовлеченности человека в мире, как это преподносили З. Фрейд и М. Хайдеггер. Рикёр построил особую философию, разрабатывая особого рода обобщающую концепцию человека, заключенную в волевой активности субъекта [1, с. 742-778]. Определенный вклад в построение такой концепции вносили с начала XX в. феноменология, аналитическая философия, герменевтика, структурализм и другие направления. Рикёр стремился учесть все аспекты и согласовать их в единой многогранной концепции — феноменологической герменевтике, т. е. методологически это означало, «привить проблеме герменевтики к феноменологическому методу». С помощью этого метода Рикёр предполагал диалектически осмысливать явления в единстве трех временных измерений: прошлого, настоящего и будущего, а задача этого метода заключалась в том, чтобы прояснить «археологию»

субъекта, т. е. его укорененность в бытии, а также найти пути к целеполаганию человека, к движению в будущее. Ожидание будущего подпитывает «интерес», поэтому мы движемся за наступлением будущего, мы проектируем наши как бы будущие шаги и находимся в постоянном ожидании наступления этого будущего. По мысли Рикёра этот процесс реализуется благодаря технике, а человек как субъект культурно-исторического творчества выступает как реализующий себя человек, т. е. как человек обладающий способностями. Рикёр пришел к выводу, что человек впервые становится проблемой самого себя. Язык, по Рикёру, изначально обладает символической функцией, суть которой была раскрыта Э. Гуссерлем, что язык сообщает о символической функции, что определяет логику герменевтики как логику двойного смысла [2; 3; 4], а саму герменевтику Рикёр понимал как искусство, т. е. как технику интерпретаций. Так, в 1970-е гг. Рикёр осмысливал проблематику символа, применяя к нему «более подходящий инструментарий», которым считал «метафору». Метафора вплотную подводит Рикёра к проблеме инновации: буквальный смысл как бы отступает перед смыслом метафорическим, соотносительность слова с реальностью и эвристическая деятельность субъекта усиливаются; в метафорическом выражении, нарушающем семантическую правильность фразы, несовместимым с ее буквальным прочтением, осуществляется человеческая способность к творчеству. В итоге своих антропологических исканий, Рикёр выделял четыре существенные черты, определяющие человека как такового: 1) способность говорить; 2) способность участвовать в ходе событий посредством действий; 3) умение повествовать о своей жизни и тем самым формировать собственную идентичность; 4) способность быть субъектом собственной деятельности. Разрабатывая феноменологическую герменевтику, Рикёр считал настоящим необходимым сохранять плодотворный диалог между философским и научным подходами в объяснении человека и мира культуры и техники [5]. Он полагал, что философия прекратила бы свое существование, если бы порвала связь с науками. Рикёр говорил о диалектическом взаимодействии между пониманием и объяснением, имея в виду, что они являются не исключающими друг друга полюсами, а моментами сложного процесса, который и носит название интерпретации. Такие моменты понимания, объяснения как процессы, определяющие технически более сложный процесс интерпретации, достигаются единством роста компетенций и технического совершенства, что и является важной задачей для развития аэрокосмического комплекса.

Список использованных источников:

1. Зотов А. Ф. Современная западная философия. М., 2001.
2. Сафрански Р. Хайдеггер: германский мастер и его время. — М.: Молодая гвардия, 2005.
3. Хайдеггер М. Бытие и время. — Харьков: «Фолио», 2003.
4. Хайдеггер М. Исток художественного творения. — М.: Академический Проект, 2008.
5. 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.

Платоновское учение о душе как первая попытка онтологического доказательства абстрактной идеи

Федерякин К.К.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

С самого начала возникновения человечества люди воспринимая мир, испытывали и испытывают различные ощущения — такова природа человека. Одним из первых философов, кто обратил внимание на порождение человеческим умом идей не только как восприятий реальных впечатлений от элементов природы, но обратившего внимание также и на то, что человек способен порождать идеи, которые, как кажется, совершенно не относятся к воспринимаемым напрямую вещам, но которые являются, как бы, свободным порождением творческой природы человеческого разума — и такие идеи или мысли

являются отвлеченными от реальности, или абстрактными идеями. Одной из таких абстрактных идей, как это зафиксировал в своем философском произведении «Федон» Платон [1], древнегреческий мыслитель IV в. до н. э. была идея души человека. Причем, вопрос о душе для Платона был аксиомой, но он попытался прояснить сопутствующий вопрос, так смертна или же бессмертна душа? На последний вопрос отвечали и отвечают многие религиозные воззрения и религии мира. Платон попытался ответить на вопрос о бессмертии души, с точки зрения философа, которому обязательно нужны доказательства, а не принятие каких-либо фактов за аксиому или на веру. Платон разработал теорию бессмертия души и привел в качестве ее обоснования четыре аргумента в пользу этой абстрактной идеи. Аргумент 1 был построен на допущении некоей цикличности, как подразумеваемое противоположное в природе. Поэтому смерть подразумевает свою противоположность — бессмертие. Души остаются нетленными в противоположность организму, что отличает их от природы тела и предполагает дуализм духа и тела. 2 аргумент — это учение о знании как о припоминании, что мол душа не могла бы получить знания о бессмертных и вечных сущностях, если бы сама не была бы бессмертной и вечной. В-третьих, если тело смертно потому, что оно постоянно меняется, т. е. сложное по своей природе и в нем нет ничего простого и неразложимого, а душа бесформенна и тянется к познанию вечного и неизменного. Четвертым аргументом в пользу бессмертия души было сложное учение о противоположностях. Противоположности исключают друг друга. В XVIII в. н. э. в эпоху Просвещения философы Мендельсон [3], Л. Г. фон Якоб [2], И. Кант [4] выстраивали свои теории на основе проверки, или точнее испытания возможности абстрактных идей, и если мы такие идеи допускаем, то необходимо их подвергнуть проверке доказательством на основе критического исследования с использованием логики. На примере Платоновского учения о душе мы видим один из первых примеров разума человека представить абстрактную идею, и затем шаг за шагом воплотить эту идею в конкретном представлении, с более или менее, известной степенью очевидности. Сегодня аналогичная процедура, воплощения замысла, конструкторской идеи, становится делом инженера. На примере онтологического (т. е. связанного с осязаемым веществом) очевидного доказательства воплощения конструкторского замысла в металле мы видим эту интеллектуальную гуманистическую традицию сегодня — путь от идеи в уме конструктора и инженера до воплощения ее в изделии или в узле всего двигателя. Это очень важно для оценки процесса роста компетенций в аэрокосмической отрасли.

Список использованных источников:

1. Платон. Федон // Он же. Собр. Соч. в четырех тт. Т. 2. М.: Изд-во «Мысль», 1993. — С. 7-80.
2. Шевцов А. В. Философия Л. Г. фон Якоба в трактате «Доказательство в пользу бессмертия души из понятия долга» // Сборник Византия. Европа. Россия: социальные практики и взаимосвязь духовных традиций. Архив конференции. Выпуск 1: материалы международной научной конференции (Санкт-Петербург, 1-2 октября 2021 г.)/ ФНИСЦ РАН; РХГА. — СПб.: Издательство РХГА, 2021. — 267-280. — 484 с.
3. Шевцов А.В. Философское учение М. Мендельсона в трактате «Федон или о бессмертии души» // Вестник Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина, №3. 2021. — С. 33–42.
4. Шевцов А. В. Кантовская критика и опровержение мендельсоновского доказательства постоянности души // Вестник Ленинградского государственного университета имени А. С. Пушкина, №1, — 2022. — С. 20-30.

Влияние пословиц на духовность студентов авиационного вуза

Хажакян В.О.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

СФ МАИ, Ступино

В современных условиях изучение вопроса о влиянии пословиц на духовность студентов авиационного вуза является назревшей необходимостью для повышения духовных ценностей студенческой молодежи и сохранения традиций и культуры русского народа. Проблема формирования конкурентоспособного специалиста в инженерно-техническом университете сегодня стала актуальной и требует незамедлительного решения. Для изучения данной ситуации в отдельно взятом регионе Московской области в Ступинском филиале МАИ (НИУ) с 11 по 13 октября 2021 г. был проведён социологический опрос посредством Google-form

(<https://docs.google.com/forms/d/1PVK1gKmj0tbRYLMhh2mec911Jy1rSDp2E6U2d3DBgjk/edit#responses>) на тему «Влияние пословиц на духовность студентов авиационного вуза». Высокий мотивационный потенциал, отражённый в пословицах и поговорках, несёт культуру в умы студенческой молодежи, формируя духовные ценности и мировоззрение, где гуманитарная среда является основой для творчества личности и роста индивида в профессиональной сфере деятельности.

Выборка студентов, принявших участие в социологическом исследовании, составила 100 человек с трех курсов и по всем направлениям обучения в вузе. Студентам было предложено ответить на 10 вопросов для определения и анализа их отношения к пословицам и поговоркам. Вопрос о гендерной принадлежности показал заметное преобладание лиц мужского пола (79% опрошенных респондентов) на технических специальностях. Женская часть представлена 21% респондентов. В данном опросе были представлены ответы студентов с первого по третий курс, причем важно отметить, что наибольшую долю респондентов составил 1 курс — 62% опрошенных, 2 курс — 18% обучающихся и 3 курс — 20% студентов. Согласно данным опроса 58% респондентов предпочитают художественную литературу любой другой, 20% выберут научно-популярное издание и только 8% респондентов — учебную или справочную литературу. К сожалению, существует прослойка студентов в вузе, которая не любит читать, и она составляет 14% респондентов. На вопрос о том, могут ли пословицы оказаться полезными в трудной ситуации, 57% обучающихся ответили утвердительно, 32% опрошенных — отрицательно, 11% респондентов затруднились ответить. Две трети студентов (64%) согласились с положительным влиянием пословиц на духовность и мировоззрение студенческой молодежи. Несогласие выразили 30% респондентов, причем от ответа воздержались 6% студентов. Почти 70% респондентов не считают английские и русские пословицы универсальным ответом для решения проблем. 26% респондентов могут прибегнуть к народной мудрости в поисках ответа, 7% опрошенных затрудняются дать ответ. В своей речи пословицы или поговорки используют 57% опрошенных респондентов, 38% студентов не видят в этом необходимости, 5% обучающихся не дали чёткого ответа.

С мнением Владимира Даля, что использование в своей речи пословиц помогает сохранить спокойствие духа и юмор в любых жизненных ситуациях — согласилось подавляющее большинство респондентов — 80%. От ответа воздержались 11% обучающихся, несогласие выразили 9% студентов. Язык как зеркало культуры рассматривают 90% респондентов. Поровну распределились голоса несогласных с данным утверждением (5% студентов) и затрудняющихся с ответом (5% респондентов). Применение пословицам в своей будущей профессиональной деятельности видит 36% студентов, в то время как большинство опрошенных (51%) не считает, что пословицы смогут помочь им на рабочем месте. Воздержались от ответа 13% студентов.

Таким образом, подавляющее большинство студентов Ступинского филиала МАИ (НИУ) видят необходимость обращения студенческой молодежи к зернам народной мудрости, но в профессиональной сфере им применение находит только треть опрошенных респондентов. Ситуация могла быть изменена в лучшую сторону, если бы на своих лекциях

и практических занятиях преподаватели МАИ (НИУ) старались использовать пословицы и поговорки в качестве переориентирования инженерного сознания на адекватные современным условиям критерии гуманистического мышления и деятельности на основе использования пословиц и поговорок в рамках педагогического обновления гуманитарной среды.

Список использованных источников:

1. Даль В.И. Пословицы русского народа. Издательство Эксмо: М., 2000. 616 с.
2. Мокиенко В.М. Образы русской речи. Москва. 2009. 461 с.
3. Старчикова И.Ю., Кононова И.С., Шакурова Е.С., Мошенок Г.Б. Социологическое исследование влияния английской и русской фразеологии на обучение иностранному языку студентов технических вузов // Перспективы науки и образования. — 2018. — № 2 (32). — С. 80-86.
4. Старчикова И.Ю., Мошенок Г.Б., Шакурова Е.С. Социологическое исследование влияния изучения иностранных языков на формирование мировоззрения и духовных ценностей студенческой молодежи // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 11-2 (65). — С. 147-151.

Пандемия коронавируса глазами студентов МАИ

Шелехова А.С.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

Коронавирус сегодня остается одной из наиболее популярных мировых проблем, которые активно обсуждаются жителями разных стран.

Если в период первой волны пандемии молодежь сомневалась в реальности вируса Covid-19 из-за отсутствия видимой угрозы рядом с собой, то исследования, проведенное перед началом третьей волны (в мае 2021 года), показало, что молодые люди ощущают опасность, однако не склонны к соблюдению предписанных мер предосторожности из-за ошибочного суждения, что вирус побежден [1]. Ученые отмечают, что пандемия коронавируса не привела к глубоким ценностным трансформациям, но привела к росту индивидуализма [2].

В сентябре 2021 года автором проведено исследование методом анкетного опроса, основной целью которого было выявление истинного отношения молодежи к коронавирусу, оценка степень их страха и соблюдения мер социальной безопасности. В качестве респондентов выступили 603 студента МАИ (58% — мужчины, 42% — женщины).

Опрос показал, что обучающиеся не считают Covid-19 наиболее острой проблемой современности (она занимает третье место после коррупции и низкого уровня жизни), однако угроза вируса не отрицается. Большинство опрошенных оценили ее, как среднюю (58,1%). Около половины респондентов считают, что всплеск заболеваемости вызван неготовностью властей предоставить условия для соблюдения всех мер предосторожности и социальной безответственностью граждан.

В целом студенты МАИ соблюдают меры социальной безопасности. Только 30% опрошенных студентов отказываются от использования маски (24% — женщин и 36% мужчин). Треть опрошенных (33%) занимаются спортом и ведут здоровый образ жизни, 21% используют средства народной медицины, 24% не прикасаются к предметам и поверхностям в общественных местах и только 8% соблюдают социальную дистанцию.

Несмотря на оценку угрозы коронавируса как среднюю, большинство респондентов считают Covid-19 опаснее обычного Гриппа, но он не способен истребить человечество (так считают 87%). В целом исследование показало, что студенты чувствуют себя в безопасности в социуме, не испытывают тревожность и не уделяют особое внимание проблеме коронавируса.

О философском понимании жизни как диалектики баланса энергии в эмпириокритицизме

Шилов М.С., Полетаев А.О.

Научный руководитель — к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Главные произведения Рихарда Авенариуса, профессора Цюрихского университета с 1877 г. — «Философия как мышление о мире по принципу наименьшей меры сил»[2], «Критика чистого опыта» в двух томах[1]. Ленин в своем труде «Материализм и эмпириокритицизм» упрекал Авенариуса, что тот кладет в основу теории познания принцип экономии мышления, тогда как этот принцип является по своей сути субъективным, но познание мира должно следовать объективному отражению реальности [6, с. 379; 5]. Авенариус понимал жизнь как некий процесс оптимизации — это «жизненный максимум сохранения», а жизненную активность можно представить в виде шкалы, где колебания «в сторону потребления» и «в сторону расходов» (работы) должны быть уравновешены. Поскольку упражнения по выполнению работы ведут к сокращению потребности в нужной для этого энергии, то стабилизация живой системы оборачивается ее экспансией ради сохранения уровня расходования энергии, либо система переходит в состояние энтропийного равновесия. В качестве критерия жизнеспособности организма Авенариус использует принцип наименьшей траты силы. Организм, который более экономно расходует энергетические запасы, имеет больше шансов выжить [2; 3]. Авенариус пришёл к необходимости нахождения такой точки зрения на жизнь и деятельность мышления, которая могла бы быть в то время подтверждена наукой. В действительности нет ни «физического», ни «психического», а только нечто «третье» [4]. Авенариус рассматривал жизнедеятельность организма как сложный процесс самосохранения, приспособления, как процесс саморегулирующегося балансирующего равновесия, поэтому его воззрения на процесс мышления были соответствующие: как на саморегулирующуюся систему, находящуюся в подвижном балансирующем равновесии. Тогда как сами процессы, с соответствующими им психическими явлениями, были в эмпириокритицизме Авенариуса отдельными актами саморегулирования [3]. Данные восприятия для мышления являются всегда сцепленной структурой, как некая кольчуга, в которой каждое звено через сцепления с соседними, сцеплено со всеобщим в мышлении. Отсюда сам процесс познания всегда будет сложным составным образованием конгломерата чувственных впечатлений с предыдущими «вспоминаемыми» ощущениями — старые впечатления возобновляются, освежаются новыми, к тому же с добавлением ассоциаций с «чуждыми» ранее представлениями впечатлений. Чтобы осмыслить всю эту сложную палитру взаимодействий мыслительных сигналов и «припомиаемых» представлений Авенариус, и следом, Мах занялись предметом критики опыта. От концепции мира, в котором организм выполнял роль активного центра, намечалась и обновленная теория познания, восприятие в которой становится сложной системой представлений: т. е. каждый этап постижения мира зависит от предшествующего, а процесс познания всегда есть подведение очередных чувственных восприятий под уже образованное ранее общее понятие. Делается так из экономии, поскольку для подведения нового под старое требуется меньше усилий, чем для формирования изначального представления [4]. Поэтому на примере рассмотрения философской концепции Авенариуса отчетливо показывается понятие «жизни» как диалектики баланса энергии, которое закрепляется в науке и философии на рубеже XIX – XX вв. как в европейском эмпириокритицизме, так и в русской философии [7, с. 167-169]. С точки зрения практического применения в аэрокосмическом комплексе наук, модель философии Авенариуса и Маха (автора теории измерения скорости движения тела относительно скорости звука), являясь примером поиска оптимального решения, позволяет наглядно продемонстрировать практический результат роста компетенций в этой области. На практике диалектический подход эмпириокритицизма с успехом может применяться в логике и технике обучения [8, с. 225; 231].

Список использованных источников:

1. Авенариус Р. Критика чистого опыта. В популярном изложении А. Луначарского; С дополнением: Новая теория позитивного идеализма (Holzapfel. Panideal). Критическое изложение А. Луначарского. Изд. 2-е, испр. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 224 с.
2. Авенариус Р. Философия как мышление о мире сообразно принципу наименьшей меры сил. Prolegomena к критике чистого опыта: Пер. с нем. / Под ред. М. М. Филиппова. Изд. 2-е, стереотипное. — М.: КомКнига, 2007. — 56 с.
3. Зотов А. Ф. Современная западная философия / 2-е изд., испр.— М.: Высшая школа, 2005.
4. История философии: Запад — Россия — Восток (книга третья: Философия XIX – XX в.) / 2-е изд. — М.: «Греко-латинский кабинет» Ю. А. Шичалина, 1999. — 448 с.
5. Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм // Он же. ПСС. Т. 18. — М.: Изд-во политической литературы, 1976.
6. Пуанкаре А. Наука и метод // О науке. — М.: Наука, 1990. С. 367-521. — 735 с.
7. Шевцов А. В. Имманентная философия Вильгельма Шуппе в контексте неокантианства (к вопросу о ее рецепции в русской философии начала XX в.) // Христианское чтение. №4. 2018. — С. 167-180.
8. Шевцов А. В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: Инфра-М, 2020.

Секция №9.5 Лингвистика. Инженерные проекты

Особенности обучения английскому языку операторов дронов при реагировании в непредвиденных ситуациях (по материалам зарубежных источников)

Антипов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Волотов Д.А.
МАИ, Москва

Today unmanned aerial vehicles as they called UAVs become one of the main combat units. It is very important to train young operators to control them. But when someone is piloting the aerial vehicle, he is not defended from different emergencies. And it is very important to learn how to act in these situations and contact with other people to solve these problems.

When operator pilots the UAV he can encounter with situations such as Fire on board the aerial vehicle; UAV component failure or malfunction; shortage of fuel or other essential consumable substance; flight crew uncertain of position; worsening weather; pilot incapacitation; aircraft damage; overtaking of control from the ground and actions directed at destroying the aerial vehicle. These emergencies are the main reason of losing the drones. However, there are different ways out of them.

First of all, operator must calm himself and understand what is wrong with the drone and connect with technical specialists or medical personal to solve the problem. After that he must head to the aerodrome or try to land the aircraft on the shortest distance from it. In the case of fire, technical malfunction, aircraft damage and shortage of essential consumable substance operator must identify the type and source of these problems, communicate with flight crew, reprogram the main computer of the drone, control the UAV manually and try to land it. If weather becomes worse or people on the ground are trying to destroy the drone, operator must collect information about these conditions and try to escape them. If someone is trying to overtake the control of the UAV, pilot must connect to technical support, switch between the channels of control of the drone and reprogram the main computer of the drone to return the control. And if operator's health suddenly becomes worse, he must give control on his UAV to another operator.

The best way to prepare young pilots to these situations is creating large program which includes: programming, medicine, English language, construction of the UAVs, mechanics, electrodynamics. Also, operators must learn how to behave themselves in these situations and control their nerves. People are being trained on simulator which repeat emergencies and prepare them to these situations. Tests should be compiled in way to evaluate not only knowledge of the operators, but also reaction. If student fails the test, he can pass it one more time. But if he fails it again, he will be sent to re – education.

English plays main role in education because it helps operators to communicate with dispatchers, technical support and other services. One of main aspects of linguistic education is training specific style of speech chosen according to situation and forming accent which will be understandable for dispatcher and technical personal. The main phraseology for operators is special system of codes and definitions formed by International Civil Aviation Organization. Process of education includes researching of process of communication, training how to speak with personal in the case of emergency situations, explain the more correctly, articulation and reception of the sounds, adaptation to many verbal, social, cultural and professional standards of communication and forming lexical, grammatical, semantic and phonetical vocabularies. Operator must be examined with examiner-interlocutor, through special tests formulated especially for this purpose individually from other subjects. Also, format of linguistic education must influence on operator making him to learn new methods by himself. For better communication operators must learn psychology and know how to control themselves.

Training operators of the drones is very difficult and important task. Difficult situations happen, but well-trained pilots control UAVs in these situations. Knowledge how to pilot unmanned aerial vehicle if it is damage or return control on overtaken drone helps to save combat units and show that drones are the future of combat aviation and can replace jet fighters. Development of the UAVs and training of their operators make combat easier and more accurate.

Welding process of the landing gear support made of 30HGSA steel

Арсёнов А.В.

Научный руководитель — доцент, д.ф.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

The landing gear bearing consists of two parts: a pipe and a tip. This landing gear is an important component of the aircraft; therefore, the choice of the material is important. We have chosen steel 30HGSA as the material for the landing gear. The landing gear is a unit withstanding high static and dynamic loads.

Steel 30HGSA is medium alloyed metal. It has high strength properties and high corrosion resistance. It is enriched with chromium, manganese, silicon and other chemical elements. The main difficulty in steel welding is the tendency to self-hardening and crack formation. These cracks can be formed due to several reasons, such as high carbon content, high cooling rates, and welding stress during crystallization.

Before welding, the landing gear strut will be heated up to 260°C. Then during welding, the welding area of the landing gear will be heated up to 1500°C. And finally, after welding, it undergoes smooth concomitant cooling and heat treatment. Residual stress must be relieved, and low temper at 300°C increases the resistance to crack formation. Since the cross-section of the landing gear support is round with 16 mm wall thickness, the type of welded connection will be end, according to the state standard No. 14771-76, the type of welded joint will be "S22". To support stable burning of the arc, to reduce spattering, as well as to increase the resistance of the weld to the formation of hydrogen porosity, gas mixture with 3% carbon dioxide to argon is used.

The technological process requires to obtain a finished landing gear strut. The landing gear tip and pipe are prepared and assembled at the installation where the welding will take place. Then they are heated and welded. After welding, the landing gear is removed, cooled and heat-treated.

References:

1. Norman S. Currey Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices — 1988, p. 373
2. Omer W. Blodgett Design of Welded Structures Hardcover — July 1 1966
3. Gerald Uttrachi Weld Like a Pro: Beginning to Advanced Techniques Paperback — Illustrated, June 1, 2015
4. The Lincoln Electric Company Procedure Handbook of Arc Welding Design & Practice Hardcover — January 1, 1964
5. Gunther Sengfelder German Aircraft Landing Gear: A Detailed Study of German World War II Combat Aircraft — Jan 6, 1997

Роль работы с англоязычными источниками с целью получения научно-технической информации в области исследования космоса

Батаев А.Д.

Научный руководитель — Абрамова О.В.

МАИ, Москва

Objective domain

The objective of this paper is to make the analysis of English-language sources on aerospace technology: specifically "Lunar Orbital Platform — Gateway" taking into account the language properties such as professional lexical units, technical terms and grammar structures.

At present High Institutions of professional education should take responsibility in training specialists who possess the communicative skills, skills in business written speech, ability to speak fluently at least one language [Зубанова, 2015].

Nowadays aviation continues to develop rapidly, so one of the most requested directions in translation activities is the translation in the field of aviation [2, с.115].

Technical review

In the course of work the analysis was carried out on the characteristic linguistic properties of technical terms which facilitated to obtain detailed information about the space station:

The Lunar Orbital Platform-Gateway is a new step in human spaceflight because of spacecraft operation in cislunar space. The gateway is essential to evolve and maintain exploration objectives in space. It is the unique single step off point in our engineering for cislunar missions, access to the lunar surface and space flight to Mars [3].

According to reliable publications by many authors, an analysis was carried out concerning the station modules. Here they are as follows:

The Power and Propulsion (PPE) will not only provide lunar surface access but will also act as a space tug for visiting spacecraft. It will also serve as a command and communication center of the Gateway. According to the project, the mass of PPE will be 8-9 tons, capable to generate 50 kW with solar array for ion thrusters. Busek thrusters and Advanced Electric Propulsion System designed by NASA based on the Hall effect will use on the PPE [4].

The Habitation and Logistics Outpost (HALO) is a scaled-down habitation module, but it will determine a functional pressurized volume providing the convenient command, control and data handling possibilities, energy storage and electricity distribution, as well as thermal control, communications and tracking in space. The module will also have two radial and two axis docking ports. The crew life support system will allow astronauts to stay at the station for at least a month [5].

As it is stated in information resources the system will accommodate an additional amount of fuel, and will have an airlock for the payload — scientific and communication equipment. The weight of the module will be 4000 kg and its length — 3.91m. The ESPRIT will have two parts. The first part, which is called Halo Lunar Communication System, will contain communication devices for the station. Fuel tanks and docking ports will be located in the second part of the module called ESPRIT Refueling Module.

The International Habitation Module will provide additional living space for the station. Together with HALO, the total habitable volume will be 125 m³. This module will also include a life support system from Japan, avionics and robotics from Canada [6].

In reference to English language sources the "Lunar Gateway" will have secondary modules.

The airlock module will be used for deep space missions due to the docking port. This module would also serve for extravehicular activities — outside the space station.

The Canadian project Canadarm 3, which is an automatic manipulator, will be mounted on this space station.

Conclusion

It can be stated that obtaining the reliable information from English-language texts is advantageous in further professional activity of engineers in aerospace field. This process includes both data search and cognitive-linguistic activity. The ability to make data comparison can be useful for the students who would like to take part in the scientific work.

References:

1. Зубанова С.Г. Лингвистические дисциплины в вузе как основа формирования профессиональных компетенций будущих специалистов гуманитарного профиля. В Сборнике: Социально-гуманитарное знание: традиции и инновации Сборник научных и учебно-методических статей. Москва, 2015. С. 255-264.

2. Солопов В.И. Использование корпуса современного американского английского языка при переводе с русского на английский текстов авиационной техники. Сборник докладов VII Международной научной конференции ФИЯ МАИ. Ответственный редактор: Каллиопин А. К. Москва, 2015. 115-122 с.

3. Lunar Orbital Platform-Gateway (HTML) (<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lunar-gateway>)

4. The Power and Propulsion (HTML) (<https://www.prnewswire.com/news-releases/maxar-and-busek-thruster-system-for-nasa-lunar-gateway-passes-critical-milestone-301250199.html>)

5. The Habitation and Logistics Outpost (HTML) (<https://www.nasaspacelight.com/2020/08/northrop-halo-plans-gateway/>)

6. I-HAB, ESPRIT (HTML) (<https://www.nasaspacelight.com/2018/09/nasa-lunar-gateway-plans/>)

Преимущества и проблемы использования БПЛА на других планетах

Блабба Ю.М., Зорин А.И.

Научный руководитель — Червяков В.И.

МАИ, Москва

Техническое развитие в сфере создания БПЛА привело к появлению возможности их использования за пределами нашей планеты. В космических исследовательских программах БПЛА начинают использоваться наравне с беспилотниками. Существует ряд преимуществ летающих роботов перед наземными: возможность проникнуть в труднодоступные области, в которые не представляется возможным попасть при помощи самых современных беспилотников. Также летательные аппараты дают возможность исследовать разные слои атмосферы.

Однако инженеры столкнулись с некоторыми проблемами, требующими решения. Одной из них является разработка облегченной и прочной конструкции, которая должна выдерживать экстремальные условия характерные для атмосферы других планет.

Актуальность данной работы заключается в том, что большинство публикаций на тему исследований, связанных с проблемами использования БПЛА в качестве исследовательских аппаратов за пределами нашей планеты публикуются на английском языке, а так же в новизне этих исследований.

Цель нашей работы — анализ англоязычных статей, посвященных проблемам, связанным с данной темой, что позволит нам улучшить уровень владения профессиональным английским языком в этой области и расширить наши знания по этой теме.

В процессе исследования мы выявили, что главной проблемой является разработка для каждой исследовательской программы уникальных БПЛА.

Мы провели обзор четырех статей, опубликованных на официальном сайте NASA: 1. NASA's Dragonfly Will Fly Around Titan Looking for Origins, Signs of Life (Karen Northon), 2. Ingenuity Mars Helicopter Landing Press Kit (редакция JPL), 3. MARS helicopter tech (Mars science) и 4. THE SCIENCE OF DRAGONFLY (Johns Hopkins APL). Из материала данных статей нам стало известно, что в данный момент ведутся разработки различных ЛА с целью их применения в программах по исследованию Марса и Титана.

Мы представляем доклад о проблемах и перспективах использования беспилотных летательных аппаратов на других планетах. Основной причиной использования БПЛА является возможность проведения экспериментов в различных слоях атмосферы.

БПЛА Ingenuity — первый в своем роде ЛА, который был использован на поверхности Марса. Он был отправлен на Марс вместе с марсоходом Perseverance. В ходе выполнения этой программы беспилотник играл роль стартовой площадки для ЛА.

Ряд проблем с которыми столкнулись инженеры Ingenuity.

Одной из основных трудностей в создании ЛА является перепад температур на Марсе. Инженерам пришлось разработать специальную конструкцию, выдерживающую эти температуры

Еще одной проблема возникает в связи с очень низкой плотностью атмосферы Марса, которая составляет около 1% от плотности Земли. По этой причине масса ЛА Ingenuity была сведена к минимуму, а лопасти его несущего винта по размерам значительно превосходят габариты корпуса и вращаются с высокой скоростью. Поскольку гравитация на Марсе в три раза слабее, чем на Земле, что облегчает задачу проектирования ЛА. При проектировании БПЛА были установлены жесткие ограничения, касающиеся его массы и мощности его аппаратуры. Поскольку Ingenuity это лишь пилотный проект, сбор научных данных не является главной его задачей.

Dragonfly

Dragonfly это летательный аппарат, предназначенный для научной программы по исследованию Титана. Этот БПЛА оборудован большим количеством научных модулей. В частности на нем установлены метеорологические датчики для наблюдения за состоянием атмосферы и другое оборудование. Dragonfly будет отправлен на Титан в 2026 году и

прибудет в 2034 году. Это первый многомоторный аппарат NASA, задействованный в научно исследовательской программе на другой планете. Атмосфера Титана в 4 раза плотнее земной, поэтому БПЛА будет проще создавать подъемную силу.

Подводя итоги исследования можно сказать, что использование БПЛА на различных планетах является перспективной областью развития современных технологий.

Мы пришли к выводу о том, что владение профессиональным английским языком расширяет диапазон возможностей исследователя, позволяя ему работать с англоязычными источниками и, тем самым, получить гораздо больший объем информации, необходимой для его работы

Список использованных источников:

1. NASA's Dragonfly Will Fly Around Titan Looking for Origins, Signs of Life (Karen Northon) <https://www.nasa.gov/press-release/nasas-dragonfly-will-fly-around-titan-looking-for-origins-signs-of-life>

2. Ingenuity Mars Helicopter Landing Press Kit (редакция JPL) https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/ingenuity/landing/mission/spacecraft/

3. MARS helicopter tech (Mars science) <https://mars.nasa.gov/technology/helicopter/>

4. THE SCIENCE OF DRAGONFLY (Johns Hopkins APL) <https://dragonfly.jhuapl.edu/>

Применение методов геймификации для повышения успеваемости студентов высших учебных заведений

Буловятов А.М., Кирсанов Г.Р., Грубенко М.Д.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

The introduction of the distance learning format has put students and teachers in new conditions. For students, this affects their academic performance due to the loss of concentration on the information received, higher fatigue due to long-term presence in front of computer screens. Gamification can be the solution to this problem.

Gamification is a technology for adapting gaming techniques to non-gaming processes and events. Modern educational services use it for greater involvement of students in the process. Gamification can be applied regardless of the type of training. The technique is great for brainstorming, as well as for classical lectures and practical classes. The undoubted advantage of using gamification is its versatility and adaptability.

The main goal of gamification is to change the habitual behavior of students and maximize involvement in the workflow. An important fact is that with the chosen approach, only the structure changes, and the content of the chosen activity should remain the same.

Education requires considerable effort on the part of students, often causes fatigue and boredom. Gamification of this process is designed to interest a person, thereby reducing the emotional burden. The considered technique has a significant positive effect when implemented in labor-intensive and monotonous processes.

It should be noted that this approach is most relevant for online activities, since in the traditional format, the presence of live communication increases the concentration of students. The use of gamification contributes to improving the quality of education due to greater interest on the part of the student, simplifies the control of knowledge, and also contributes to the development of creative abilities.

Role-playing games have always interested people. Here is an example of such a game. The first thing that can be done is the redistribution of groups and combining them into calcium, in which case students will be forced to communicate more with new people, thereby developing communication skills, according to the results of work in the classes of each coalition, points can be awarded, which will introduce the effect of rivalry and increase the level of concentration and activity of students in the classroom, if the results of classes depend not on each of the people but on the group as a whole, this will encourage stronger students to help weaker ones by increasing the academic performance of the whole group. Various kinds of meetings and conferences held both

within the coalition and the entire stream will be an interesting pastime for each of the students, and if their stronger colleagues or classmates act as speakers, it becomes much easier to be active at such events, various kinds of debate clubs on currently acute topics can be arranged, such events can significantly increase the conversational skills of students and make conducting pairs less routine and complex process.

Summing up, I would like to note that despite the advantages noted above, this approach has its disadvantages, for example, preparation for such events can take quite a long time and require financial costs to create the entourage necessary for immersion in history.

References:

1. O.V.Orlova, V.N. Titova Gamification as a way of organizing training. 2015. // Bulletin of TSPU. p. 275.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-kak-..obucheniya/viewer>

2. A.M.Novikov. Pedagogy dictionary of the system of basic concepts. Moscow-2013. p. 5.

URL: http://www.anovikov.ru/dict/ped_sl.pdf

3. Distance learning: Wikipedia. Free Encyclopedia (accessed October 2, 2021).

URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Distance_learning

4. Computer platform: Wikipedia. Free Encyclopedia (accessed September 30, 2021).

https://ru.wikipedia.org/wiki/Computer_platform

Application of composite materials in aircraft industry

Бутрина А.А.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

The purpose of our research is to show the significance of composite materials in aircraft industry. There are three objectives: 1. To show the main areas of composite material application. 2. Describe advantages and disadvantages of composite materials. 3. Introduce the leading companies-using advanced composite technologies.

Nowadays composite materials are widely used in many different aircraft units and pieces. Application of these materials is a rational way to improve the strength properties and to decrease the aircraft weight. There are many aircraft parts ranging from leading edges and engine pylon doors to beams and brackets. They are made from composite materials consisting mainly of carbon plastic and metal. There are two the most popular metals in aircraft industry — aluminum and titanium. The widespread composites in aircraft are carbon plastic and fiberglass. Composite materials have many advantages like low weight, high strength properties, high wear resistance and high stiffness. These advantages allow the designers to create more reliable and lightweight aircraft. But an ideal material doesn't exist. Thus, composite materials have some disadvantages, too, but they are much fewer. For example, high cost and anisotropy of properties. Such disadvantages generate the difficulties during aircraft designing and manufacture. Many famous Russian and American aircraft companies such as UAC, Boeing and Airbus use composite materials in their aircraft design. For example, The UAC has created the aircraft MC-21 with carbon wings. The MC-21 has the most effective proportion of carbon composites in the construction among Russian aircrafts — it is 35 %. The proportion of composite materials in Boeing 787 Dreamliner is about 50%.

Composites are materials of the future. Their application becomes more widespread in aircraft industry. For example, nowadays drones are made consisting mainly of composites.

References:

1. <https://rostec.ru/news/kompozitnaya-istoriya>

2. <https://composite.ru/tehnologii/infusion1>

3. <https://www.skb-077.ru/blog/post/composite>

4. László P. Kollár, George S. Springer, Mechanics of composite materials. Cambridge University Press.2009.

5. K. Srinivasan, Composite Materials: Production, Properties, Testing and Applications. Alpha Science International Ltd. 2009

Современные методы машинного перевода

Грубенко М.Д., Кирсанов Г.Р., Буловятов А.М.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

At first, all machine translation systems were based on rules. They worked with a set of rules, a bilingual or multilingual dictionary. These rules described methods for converting syntactic constructs from one language into constructs from another. Since the 90s of the last century, a new technology has begun to emerge that can eliminate the significant shortcomings of the previous system.

Statistical machine translation is a system based on the search for the most probable translation among parallel corpora of the input and output languages. Using statistical and probabilistic methods, the system extracts rules from a variety of corpora. For the system to work well, a sufficiently large volume of sentences and their translations is required.

Initially, the system has exclusively parallel texts and does not know which word corresponds to which translation, only the comparison of sentences is known. In the course of work, a selection of sentences is made in which the search word occurs and the number of repetitions of all words is analyzed. After that, with some probability, you can say the translation of the word. After analyzing a large number of sentences using this method, it is possible to obtain a satisfactory translation accuracy.

To improve the quality, it is necessary to get rid of possible errors and add coherence to the translation. For this, another component of the statistical system is used, which is called the probabilistic model of the language. The model determines for each sentence a certain rating, the higher it is, the more likely the translation will be error-free and correctly structured.

An important advance in statistical machine translation is the introduction of neural networks. They mimic the way the human brain works, allowing computer programs to find patterns and solve problems in a variety of areas, including machine translation. A vector is fed to the input of the neural network (each character from the sentence is assigned a numerical code). The output is a resulting vector denoting the translated sentence. The parameters of this neural network are created and refined by training the network with millions of pairs of sentences.

The sentence translated by the neural network is passed through a special language model (similar to the one used in statistical translation), which maintains the coherence of the text. The language model contains a list of most of the words and phrases used in the language with an indication of the approximate frequency of their occurrence.

When you first set the network parameters, it is almost impossible to get an adequately working algorithm, so a variety of error elimination strategies are used that change the weights to achieve the best quality. Since an error with a poorly trained network is quite likely, sometimes several translation algorithms are used simultaneously to eliminate this negative factor. For example, Yandex.Translate simultaneously translates using neural networks and using a statistical approach. A special algorithm, such as CatBoost, compares the two results and the user is presented with the best option.

Machine translation can be a huge time saver as it is able to translate documents in seconds. With the continuous development of artificial intelligence technologies, new natural language processing technologies will change the translation industry more than once. Already, the implementation of machine translation has stepped far ahead both in terms of linguistics and, of course, in terms of mathematical approaches. However, despite the high potential of modern methods, correction by a professional translator is still required to guarantee high-quality translation.

References:

1. Hirschberg J., Manning C. D. Advances in natural language processing //Science. — 2015. — Т. 349. — №. 6245. — С. 261-266.

2. Koehn P. et al. Moses: Open source toolkit for statistical machine translation //Proceedings of the 45th annual meeting of the association for computational linguistics companion volume proceedings of the demo and poster sessions. — 2007. — С. 177-180.

3. Koehn P., Knowles R. Six challenges for neural machine translation //arXiv preprint arXiv:1706.03872. — 2017.
4. Wu Y. et al. Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation //arXiv preprint arXiv:1609.08144. — 2016.
5. Zong Z., Hong C. On application of natural language processing in machine translation //2018 3rd International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE). — IEEE, 2018. — С. 506-510.
6. IBM Cloud Learning Center [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.ibm.com/cloud/learn>. — Access date: 15.10.2021.

Использование профессионально ориентированного английского языка в медицине на примере области нейропротезирования

Диденко Е.Д.

Научный руководитель — Мусина Е.М.

МАИ, Москва

Currently, medicine is one of the most actively advancing industries, because every person, regardless of material wealth and position, rests against the same barrier — average life expectancy. Another goal of medicine is to make a person's life as comfortable as possible. To do this, many medicines and devices have been invented that can improve the life of any hopeless person. One of the aspects of medicine is neuroprosthetics, which is actively advancing in our time.

Of course, all significant medical discoveries are of great importance for the entire modern world, therefore, without knowledge of professionally oriented English or Chinese, it is impossible to fully familiarize yourself with almost all developments in this field.

To understand the need for neuroprostheses, let's delve into history. The loss of a limb has always been considered a colossal problem, which meant almost the end of the life of the average person. In ancient times, there were no advanced technologies, which is why the very first prostheses were limbs carved from wood, attached to body parts with various ropes. Opening any encyclopedia or historical book in which pirates appear, we will definitely see that at least one of them does not have an arm or leg, and uses a prosthesis because of this. They were extremely uncomfortable, and the person with them did not could continue to function with the same efficiency, but at that time there were no alternatives.

Nowadays prosthetics is much better developed, but still has significant drawbacks. Firstly, the prosthesis cannot restore the motor functions of the limb, but only express their similarity, for example, to perform the simplest grasping movements. Secondly, you cannot feel objects that you touch with the help of prostheses. This is an extremely significant disadvantage, after all, without feeling what you are holding, you can apply extra force, or oppositely, not hold this object. Finally, ordinary prostheses are mostly non-ergonomic. At first they cause a lot of discomfort, and you need time to get used to them.

Neuroprosthetics is a relatively new industry that deals with the solution of all of the above problems, which is engaged in the manufacture of prostheses that are not used due to muscle motor skills, but are tied directly to the nervous conduction of a person. First device developed in this industry is a Cochlear implant — a prosthesis that acts directly on the auditory nerve and makes it possible to compensate for hearing loss in some patients with severe or severe sensorineural hearing loss. The cochlear implantation system consists of a sound processor, which is located behind the ear, and an implant that is surgically installed under the skin and allows you to insert an electrode array into the cochlea. The sounds are captured by the processor microphone, digitized and processed. The information encoded by the processor is sent to the implant via an inductor. The implant converts the information into electrical signals and sends them to the electrodes. Each electrode corresponds to a certain tone of the frequency range (high and low) and delivers electrical impulses to the auditory nerve, thus performing the function of hair cells. The auditory nerve transmits this information to the brain. The brain perceives the received signals as sound.

However, neuroprosthetics does not stand still. The first prototypes of prosthetic arms and legs are already being made, which are sewn directly with the nerves by neurosurgeons. These implants are much more ergonomic, more efficient, and more convenient than ordinary prostheses, because you can really feel your limb, and even touch various objects. Of course, now this technology is not fully developed, but it has a huge potential and significance for all mankind.

To sum up, prosthetics and microprosthetics are industries that have only recently begun to develop fully, which, however, does not take away from the importance for all of us. It has unlimited development potential, because who knows, perhaps in the future scientists will learn to completely replace the human body with various bionic prostheses and implants, what can greatly increase the duration of an effective human life.

Анализ лексики англоязычных источников при работе с текстом в области экологического ракетного топлива

Дмитриев В.И.

Научный руководитель — Абрамова О.В.

МАИ, Москва

In modern world, allied sciences formed at the intersection of classical disciplines such as physics, biology and chemistry are gaining in importance. Researchers in these fields are carried out by international teams of scientists due to its high complexity. As a consequence, English is becoming increasingly important as the language of scientific communication. For example, knowledge of physical chemistry, as a related science, allows us to understand the chemical terms further mentioned in the paper.

After consideration of all the English-language sources related to this topic, information material of studying ecological fuel are exhibited.

Green Propellant Infusion Mission demonstrates a «greener» alternative to chemical propulsion for future spacecraft. The aim of the program for the development of ecological rocket fuel is, on the one hand, to increase the overall efficiency, and on the other hand, to reduce the problems associated with the toxic fuel hydrazine [5]. From scientific fields such as chemistry and medicine, it is known that liquid hydrazine gets on the skin or mucous membranes of the eyes and oral cavity, a chemical burn of tissues develops [2].

Some facts: according to English-language sources the GPIM launched aboard a SpaceX Falcon Heavy rocket in summer of 2019 year as part of a test flights. The main fuel for the mission is hydroxylammonium nitrate. The data indicates that it has 50% higher performance compared to conventional hydrazine system. GPIM tested a monopropellant — a chemical propellant that can burn on its own without a separate oxidizer — called Advanced Spacecraft Energetic Non-Toxic (ASCENT). The ecological fuel is an ionic liquid. It is salt compounds in liquid form, the molecules of which have opposite electrical charges, which binds them together more firmly and turns the liquid more steadfast [4]. Although ASCENT is pink, it is still considered «green» due to significantly less toxicity compared to hydrazine, which requires hazmat suits and strict fuel loading procedures.

Data comparison obtained from various information sources allows focusing on the high performance of a new fuel. The safer monopropellant hydroxylammonium nitrate has the following benefits for future space launches:

- The longer missions
- The additional maneuverability
- The increased usable space
- The simplified startup handling.

Aviation terminology is an extensive lexical base of special terms and necessary for professional communication [3, с.10]. It is worth pointing out the new propellant needs less spacecraft energy to maintain its temperature, as it has a lower freezing point. These improved performances are made possible by the confluence of knowledge in fields of science such as chemistry and exact engineering.

Conclusion

Summarizing the above, it can be concluded that ASCENT fuel project presents an effective solution for future green propellant-based mission applications in the commercial spaceflight industry. According to scientists, the new propellant will become more available for commercial launches. Summing it up after analyzing the English-language sources on this topic, we can say a few words about the importance of scientific-practical conferences in a foreign language. Scientific-practical conferences contribute to the formation in future professionals of the necessary professional-oriented communication skills and abilities related to the search, analysis, and presentation of information in a foreign language [1, c.2].

References:

1. Abramova O.V., Korotaeva I.E. The practical importance of student conferences in a foreign language (from the experience of working with aerospace students) // Revista ESPACIOS. 2019. Vol. 40. N31.
2. Бугаев П.А., Антушевич А.Е., Рейнюк В.Л., Башарин В.А., Зацепин В.В. ГИДРАЗИН И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ: ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 4.;
URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26611>
3. Каллиоппин А.К. О подходах к организации научной работы на Факультете иностранных языков МАИ и о направлениях научных исследований факультетской молодежи // Актуальные проблемы современности в научном и творческом осмыслении студентов, аспирантов и докторантов. Сборник научных статей Факультета иностранных языков МАИ (НИУ). Выпуск №9. — М.: Издательство «Перо», 2017. — 348 с.
4. Dominic Freudenmann, Helmut K. Ciezki (29 July 2019). «ADN and HAN-Based Monopropellants — A Minireview on Compatibility and Chemical Stability in Aqueous Media»
URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prep.201900127>
5. Green Propellant Infusion Mission
URL: https://www.nasa.gov/mission_pages/tdm/green/index.html

Изучение темы «Ракеты» на занятиях английским языком в МАИ: повторное использование ракет-носителей

Доронин О.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Волкова Е.Б.
МАИ, Москва

The space industry is actively developing nowadays. An increasing number of countries are trying to occupy a niche in this industry. So, engineers and designers from different countries are engaged in the joint development of new technologies in large commercial companies. It follows that for people working in this field, a single generally accepted and accessible language is important. This language is English. Thus, the importance of mastering this language at a high level follows from this. It is also worth noting that the coordinated work of people who are directly engaged in the implementation of the developed plans is also important. This is ensured by a high-quality command of the English language. Due to the fact that space exploration requires a large investment of funds, the space industry needs new technologies that contribute to a smaller investment of resources. In the 21st century, the attempts to save material benefits on the basis of reuse of already launched modules have resumed. So, large companies, such as SpaceX, are engaged in the development of reusable launch vehicles [1].

The relevance of this work is explained by the need to analyze the economic benefits resulting from the use of reusable launch vehicles using jet landing, the time spent on rocket production, as well as on the recovery of returnable modules. Also, this topic is especially relevant for the Russian space industry, as large companies in the world are already actively occupying space.

The purpose of this study is to consider the prospects for the reuse of launch vehicles, to analyze the economic costs and time-costs for the production of rockets, as well as for the restoration of the returned stages, to analyze the reliability of new design solutions.

Based on the analysis of scientific works by scientists such as Andrew Boutique [2], Holder [3], the authors show that the first experience in creating reusable spacecraft was unsuccessful. It should be noted that scientists considered various options for reusable rockets, performed economic calculations, and, of course, assessed the reliability of flights and the safety of the crew.

The following aspects of reusable spacecraft technology are considered:

1. The first developments of reusable spacecraft for various purposes.
2. Classification according to the degree of reuse of rockets, depending on the returned modules and the method of their launch and landing.
3. Operational and economic difficulties in each category of the Holder classification.

Based on the scientific research and development of engineers of the XX century, as well as on the experience of launching the first reusable rockets, the authors identified the following problems:

1. Methods of restoring returned items are not attractive from an operational or economic point of view.
2. Due to the lack of rich experience in launching reusable rockets, it is impossible to immediately take into account all possible costs.
3. Using certain methods of returning spacecraft, testing and testing rockets have a big cost of error [2, 3, 4].

Possible solutions can be:

- Development of new composite materials capable of the highest quality, technologically easy and economical recovery after flight
- Conducting experiments and research to obtain data and forecasts
- Design of systems that ensure the safety of the crew and the reliability of the entire spacecraft

Summing up the results of the study, it is important to note that the trends in the development of jet landing technology give reason to believe that the future of the space industry lies in the use of this technology, which makes it possible to launch mass rockets. It is also worth adding that the study and development of this topic in English classes contributes to the development of vocabulary and general level.

References:

1. U. A. Sovetkin, D. V. Scherbin Evaluation of the Technical and Economic Efficiency of the Development of Launch Vehicles with Reusable Blocks of the First Stages. https://elibrary.ru/download/elibrary_16532916_20380380.pdf
2. Butrica A. (2006). Reusable Launch Vehicles or Expendable Launch Vehicles? a Perennial Debate <https://history.nasa.gov/SP-2006-4702/chapters/chapter10.pdf>
3. Holder W.G, Suiro W.D. (2004). Some Thoughts On Reusable Launch Vehicles. <http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/aureview/1970/nov-dec/holder.html>
4. Bolatkanuly R. Future with the Reusable Launch Systems https://elibrary.ru/download/elibrary_27001168_89106728.pdf
5. AST (1998). Reusable Launch Vehicle Programs and Concepts by Associate Administrator for Commercial Space Transportation (AST). <https://spp.fas.org/guide/usa/launch/98rlv.pdf>
6. Rudakov D.V., Ahmetova G., Kuzina N.A., Makoveckiy M.U. Improving the Methodology for Evaluating the Effectiveness of Partially Reusable Rockets over Disposable Launch Vehicles https://elibrary.ru/download/elibrary_46511418_29085671.pdf

Инновационные методы обучения английскому языку в космической отрасли

Дубровин Д.К., Литовченко А.А.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

In the area such as aerospace, new heights can be reached only by joint efforts, hence the importance of correct and rapid communication reaches a completely different level. Proficiency in English (international) language is a necessary skill for teamwork, no matter what project researchers are involved in, whether it is space exploration or the development of new technologies.

In any case, interaction among the members of the group should be effective. New methods of language learning will make it possible to acquire knowledge quickly and qualitatively. Changes should affect the format of the training, as well as the time needed to absorb the material.

Level of scientific development of the problem: Additional courses in parallel with basic training were the main point of topic's development in recent years. This increases the flow of knowledge, but also increases the overall workload and learning time.

Objective: "To develop a methodology capable of bringing language proficiency to the required level within a certain time-frame"

Source (empirical) basis of the research: book "Innovations in learning technologies for English language teaching" by Gary Motteram; "Innovative forms of foreign language learning" by Popova Vera Vladimirovna.

Space work is complex and hard — the training of astronauts involves not only physical training and testing, but also mental activity. Future astronauts study various subjects and areas of knowledge that will assist them in their future research. It is clear that the most effective interaction between the different crews on the space station requires high level of language knowledge as well as of various terms in biology, astrophysics and technology and also in many other fields.

Description of current methodology

The classical method of learning English is a long work with translation and studying difficult grammar. Schools focus on successful exams rather than language learning. This problem leads to gaps in knowledge and vocabulary that have to be filled in at an older age.

Description of our method

The main focus of our proposed methodology is to increase the vocabulary due to the need to use a large number of different terms in the expedition. Course composition: Theoretical material; Practising; Memory cards (sorted by study topic); Grammar; Parallel reading — translation (technical and scientific texts)

The course for Technical English should be focused on developing reading, listening, speaking and vocabulary skills, without emphasis on complex grammatical constructions making it easier to prepare the astronaut for a flight that's already a complicated process itself. Due to the fact that the main purpose for using English on a space station is communication. In addition, to increase the autonomy and time available, the course can be transferred to a mobile application.

To sum up, we would like to point out the flexible composition of the course, which can be adapted for every crew member (with his level of knowledge, composition and also number of lessons), as well as its conciseness and efficiency, which help to acquire the necessary material.

Значение технической терминологии в английском языке для понимания текстов в новой сфере авиационного биотоплива

Еськина А.А.

Научный руководитель — Абрамова О.В.

МАИ, Москва

The aim of study

The evolution of contemporary society, the changes in the professional sphere increase the requirements to the specialists who possess deep knowledge in foreign languages and linguistics competencies [1, p. 329]. The paper offers a better insight into the analysis of English-language articles devoted to the problems of power engineering taking the subject "Biofuel — challenge in the field of aviation power engineering" as an example. Special attention is paid to specific features of highly-qualified translation and importance to gain comprehensive valuable information.

Background status

Aviation is the basis in our interconnected world. The rapid development in the field of aviation indicates that global demand for aviation fuel is expected to grow in the next few decades, and it is projected to double more by 2050 [4, p. 1]. The use of fossil fuel creates a large amount of carbon emissions that affect climate change and have a dangerous impact on the environment. Consequently, there is a serious need for the widespread use of aviation biofuel or sustainable

aviation fuel (SAF). Biofuel is made from plants or waste and can produce 80% less carbon emissions than conventional jet fuel. SAF can be mixed no more than one-to-one with traditional jet fuel, and all quality safety tests will be performed in accordance with conventional aviation fuel, so no additional modifications are required for the aircraft [5].

Concept development

Availability of raw material is a very important factor for the production of alternative fuel. At different latitudes alternative aviation fuel is more popular than the other. This study can provide theoretical guidance to improve aviation fuel. According to the specialists biofuel can be divided in four generation feedstocks.

First-Generation Feedstocks (1-G).

Edible food crops, such as oil palm, corn, sugar cane, sugar beet and wheat, belong to category 1-G. However, these plants should be watered a lot, that can lead to the depletion of the country's water resources and the problem of competition for land, water and energy costs with food production [5].

Second-Generation Feedstocks.

Second-generation raw materials can be divided into two main groups: biomass waste and energy crops. The most frequently mentioned oilseed plants used in the production of aviation biofuel is jatropha which contains from 30 to 40% oil by weight. Jatropha is poisonous to humans and animals, so it cannot be a food source and can be grown up in arid, hard-to-reach areas [3, p. 41].

Third-Generation Feedstocks.

The raw materials of the third generation are algae, they have no nutritional value and can grow in polluted water. Algae grow fast, have high energy and are completely renewable [3, p. 42].

Fourth-Generation Feedstocks.

The raw materials of the fourth generation are non-biological resources such as carbon dioxide, renewable electricity and genetically modified organisms such as microalgae, yeast, fungi or cyanobacteria. Despite their promising biofuel potential, the research on healthy and environmental risks is needed [2].

Advantages

The analysis of the collected data makes possible to outline that concerning the biofuel to be an environmentally friendly alternative, emission savings are required at all stages of the production: extraction, processing and transportation. It is expected that production technologies will be developed fast, the cost of biofuel will decrease, and the majority of airlines will start using it for refueling aircraft. An unchallenging advantage will be seen in the development of agriculture sector and promotion in jobs.

Conclusion

Summarizing the accumulated experience working with English-language texts the following conclusion can be drawn: the professional language proficiency increases the range of possibilities for the researcher, gives an opportunity to work with foreign-language sources. Profound knowledge in vocabulary, technical terms, abbreviations in aerospace field results in gaining much more information necessary for further educational-research activity.

References:

1. Аниеева И. Г. Особенности формирования профессиональных компетенций в процессе подготовки переводчиков. В сборнике: Язык и текст: структура, дискурс, перевод 2015. С. 329-334.

2. Doliente, S. S.; et al. Bio-aviation Fuel: A Comprehensive Review and Analysis of the Supply Chain Components // *Frontiers in Energy Research*. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2020.00110/full>

3. Kurzawska, P. Overview of Sustainable Aviation Fuels including emission of particulate matter and harmful gaseous exhaust gas compounds // *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 59, pp. 38-45.

4. Ng, K. S., Farooq, D., & Yang, A. Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, vol. 150, pp. 1-14.

5. www.bp.com

Значение английского языка при изучении технических текстов в сфере космической психологии

Ефремчикова Д.С.

Научный руководитель — Абрамова О.В.

МАИ, Москва

Main objective

In connection with the rapid development of technologies and the increase in the scope of scientific and technical information the practical value of aviation translation has greatly increased and the ability to translate publications on aviation is of particular importance [2, c. 134].

This paper focuses on the important concept to learn a foreign language that improve communication skills, develop creative thinking, and cognitive ability. The comparison of data from various information sources offers an opportunity to present this paper on human psychology in space conditions.

Concept description

Space psychology is a section in psychology that studies the peculiarities of mental activity when a person works in space. This science helps to prepare astronauts for space missions, to understand a person's mental reaction to the conditions of a different physical environment, isolation, interpersonal communication with the crew and the ability to make decisions in critical and extreme situations.

Background

There is a huge amount of information presented in information resources: data and theoretical models, including formal models concerning how people make decisions. Decision-making issues in spaceflight are generally recognized as paramount because of their obvious operational significance. From the combined scientific and comprehensive approach it was found that astronauts work in zero gravity, and weightlessness can impair executive functions and, consequently, the decision-making process, probably due to changes in the functioning of the prefrontal cortex, possibly caused by a restriction of the normal level of physical activity.[3, c.2]

Important aspect

Analyzing the information from reliable sources it can be stated that: in the conditions of the space environment, two fundamental terms can be distinguished that indicate a stress factor: "stressor" and "stress". To understand these terms an important assistance was provided by related sciences, such as biology, medicine, psychiatry. A stressor is a stimulus or feature of the environment that affects someone, usually in a negative, exciting way. There are four types of stressors in space: physical, habitable, psychological and interpersonal. For example, microgravity and radiation dictate certain habitability constraints that produce vibration and increased ambient noise.

In space, there are four kinds of stress that affect human beings: physiological, performance, interpersonal, and psychiatric. For example, some long-term space travelers have experienced feelings of depression or mild asthenic reactions, which can be eliminated with increased audiovisual contact with family and friends on Earth. Some facts can negatively affect the health and well-being of crew members, influence people responsible for flight control and consequently create dangerous situations.[5, c. 1, 2, 3]

Project development

To help the astronauts to overcome the psychological difficulties that arise when they are in the space environment, it is necessary to provide support measures. The paper offers a better insight into a human psychology: the astronauts can be provided with psychological support by helpful flight doctors to minimize the interference of the media and to be encouraged by families and friends. It is significant to point out that further efforts should be taken into account to develop a roadmap for human space exploration in relation to psychosocial and neurobehavioral aspects. These recommendations relate to various aspects, ranging from new technological devices and their applications to variety of personality areas in research and well-being.[4, c. 17]

Conclusion

Knowledge of a foreign language opens up limitless opportunities in studying technical and professional publications which is undoubtedly necessary for a student for self-development and education. Participation in Conferences helps to expand the understanding of different partners that is impossible without language skills [1, с 11].

References:

1. Абрамова О. В. Речевая культура и ораторское мастерство современных студентов технических ВУЗов (на примере дисциплины «Иностранный язык»). Проблемы современного педагогического образования, Выпуск 69, Часть 1, Ялта, 2020.
2. Зубанова С. Г., Семашко А.Г. Переводчик в сфере профессиональной коммуникации (юриспруденция). Сборник учебно-методических материалов по программе дополнительной квалификации, 2008.
3. Future perspectives on space psychology: Recommendations on psychosocial and neurobehavioural aspects of human spaceflight. Gabriel G, De La Torre, Berna van Baarsen, Fabio Ferlazzo, Nick Kanas, Karine Weiss, Stefan Schneider, Iya Whiteley.
4. Psychology of Space Exploration. Douglas A. Vakoch
5. Space psychology and psychiatry. Nick Kanas, Dietrich Manzey

Изучение английского в тематике занятий по использованию нанотрубок в композитах для аэрокосмоса

Зеленов М.Д., Солдаткин М.Ю.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

The global aerospace industry is constantly in need of innovation. One of the promising trends is the modernization of technological design, where the current information is published in English.

Relevance. Creating a lightweight and durable material is one of the main goals of the aerospace industry.

Hypothesis. It is assumed that the use of CNTs in CM will improve the design of such systems as aircraft skin (electrical conductivity), launch vehicle nose fairing (heat resistance), orbital station skin (radiation protection).

The study aims to determine ways to improve existing technologies in the development and application of CNTs based on the study of the scientific heritage and analysis of the current state of the aerospace industry.

The study of the works of such scientists as Lebedev O.V., Raziieh Beigmoradi, Hongjie Dai, Eletsy A.V. allows the authors of this study to consider CNT-based CM as a special material of a hollow cylindrical structure, consisting of a rolled carbon sheet — graphene, which meets the necessary strength requirements for engineering.

CNTs are significantly superior to traditional materials. So, for example, the elastic modulus can reach values of 5000 GPa in single-walled CNTs, while 200 GPa for carbon steel. The strength-to-weight ratio of CNTs is up to 750 GPa for CNTs, which is dramatically higher than 0.05 GPa for steel.

The authors identify the following issues:

1. Economic aspect.

1.1 lack of capacities for domestic production of CNTs;

1.2 high cost of the product.

2. Scientific and technological aspect.

2.1 the difficulty of integration the nanotube surface with the polymer matrix.

The authors suggest the following ways to solve these problems:

1.1 In 2020, the Siberian company OSCiAl was the first in the world to launch the Graphetron 50 plant at full capacity, which allows the production of 600 million km of CNT per second.

1.2 For more efficient synthesis of CNTs, SkolTech applied the CVD aerosol method, which showed an increase in productivity up to 9 times. Due to the development of industrial production, the self-cost is reduced.

2. Studies of Taiwanese scientists and our compatriots, Tarasova V.A. and Stepanishcheva N.A. and others made it possible to apply the method of uniform dispersion of CNTs in the resin using ultrasonic treatment and centrifugation of the solution.

Researching information in English on the topic of the study requires knowledge of the following basic specialty vocabulary: carbon nanotube (CNT), carbon composites, coaxial single-walled tubes, hexagonal lattice, laser ablation, catalytically grown multiwall nanotubes, nanotubes–epoxy composites, elastic properties, semi-conductors.

According to the results of the study, the proposed hypothesis is correct. The following conclusions are made:

1. The analysis of the situation in the modern scientific world shows that CNT materials have a wide range of applications.

2. In the past 10 years, the production capacity of companies has increased due to the improvement of technology.

3. As a result, the use of CMs with CNTs has become more widely available.

4. Knowledge of English is necessary.

References:

1. Dudchenko A.A. Optimal design of elements of aircraft structures from composite materials / Dudchenko A.A. — Moscow: MAI, 2002. — 60-64 p. URL: https://www.studmed.ru/dudchenko-a-a-optimalnoe-proektirovanie-elementov-aviacionnyh-konstrukciy-iz-kompozitsionnyh-materialov_ce7eda48845.html

2. Lebedev O. V. Structure and properties of polymer composite materials with different options for spatial segregation of nanosized electrically conductive carbon filler// 2020. —p. 79-87. URL: https://www.chph.ras.ru/images/dissertations/lebedev_ov/lebedev_disser.pdf (Date of access: 01/23/2022)

3. Reznichenko V. I. Development of multilayer combined structures to protect aircraft from small arms damage / Reznichenko V. I.// Electronic journal "Proceedings of the MAI". — 2020. — No. 65 — P. 3-10. URL: <https://mai.ru/upload/iblock/f28/f2882764c1c8f06f8afc872b9c2012ec.pdf> (Date of access: 02/07/2022).

4. Mona Ibrahim Kamal, Svetlana Zubanova, Anastasia Isaeva, Vasily Movchun. Distance learning impact on the English language teaching during COVID-19. Education and Information Technologies. 2021

5. Razieh Beigmoradi, Abdolreza Samimi Engineering of oriented carbon nanotubes in composite materials // Beilstein Journal of Nanotechnology 2018. No.9 (1). pp. 415-427. URL: https://www.researchgate.net/publication/322938100_Engineering_of_oriented_carbon_nanotubes_in_composite_materials (Accessed: 01/30/2022)

6. Wafeeq Davids Consolidated Nanomaterials Synthesized using Nickel micro-wires and Carbon Nanotubes/2007 pp.14-53 URL: https://etd.uwc.ac.za/bitstream/handle/11394/2856/Davids_MSC_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Изучение английского языка на примере темы «Влияние отрасли гражданской авиации на экономику государств»

Земсков В.А.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

In the modern world, the influence of investors on the economic life of countries can be both positive and negative. One of the promising tendency is the modernization of statistical analysis, where the information is mostly given in English.

The relevance of the study is due to the fact that in order to reduce the risks of investments, a thorough and reliable analysis of the mutual influence of various spheres of state life on its

economy is necessary. Including the assessment of dependence on the sphere of civil air transportation.

The author of the study hypothesizes the possibility of a more complete analysis of investment risks when studying the correlation of the impact of air transportation on the economy of regions and states.

Based on the works of M. Alshammary, XiaoJin Li, Wali Mughni, the author obtained the necessary data on the economic condition of 12 countries with different geographical, social and economic features of development: Russia, China, Great Britain, USA, Canada, Italy, South Africa, France, Germany, Japan, Ethiopia, Indonesia. The indicators of the sphere of civil air transportation over the past 20 years were also studied. The information found was processed by using the Python programming language using statistical research methods.

Based on the results of the analysis, the author developed a draft model that can cover the largest number of factors to study the impact of the civil aviation sector on the economic performance of states.

Principles of model development:

1. Considering various economic indicators when calculating their impact.
2. The study of the historical features of the development of individual states.
3. Comparison of events in the political and social spheres of the mentioned countries and the data obtained.

Problems when using the proposed model:

1. False correlation errors in determining the significance of individual indicators of the sphere of civil transportation on the economy of states.
2. The causal relationship between events in various spheres of life of states and the influence of the civil aviation industry on their economy may be false.

Solutions:

1. Considering the largest number of indicators of the sphere of civil transportation.
2. Expansion of the time range of the analyzed influence metrics.

The following obtained results are particularly interesting:

- 1) States with large state-owned air carriers, such as Germany, Japan, and China, have the greatest dependence on the field of civil aviation.
- 2) The presence of large hub airports in states increases their dependence on air transportation.
- 3) The development of other types of cargo and passenger transportation, such as rail transport, road transport, river and sea transport, reduces the impact of civil air transportation on the economy of countries.

The practical application of this assessment model will help students of aerospace engineering schools to more accurately analyze the impact of events on the civil aviation and air transportation market on the economic situation.

When working with English-language sources, the author compiled a basic dictionary of terms on the proposed topic: GDP growth — рост ВВП; passengers carried — перевезенные пассажиры; registered carrier departures — зарегистрированные авиабилеты; freight — перевезенный груз.

According to the results of the study, the proposed hypothesis is correct. The following conclusions are made:

- 1) The results obtained confirm the need for a comprehensive analysis of regions and states to study the impact of the sphere of civil air transportation on their economy and subsequent conclusions about it, most of all, in English.
- 2) To study the factors of the impact of air transportation on the economy of countries, a holistic analysis of states and regions is required.
- 3) The correlation between a certain indicator of the sphere of civil air transportation and the economy of the state may be false, which necessitates the use of other methods of analysis.
- 4) The degree of influence of the aviation industry on the country's economy depends on the state of the social and political spheres, as well as on the regional location of the state and the structure of its economy as a whole.

5) By including more different factors in the analysis and excluding their false influence on the economy, it is possible to increase the investment value of this study due to the reduction of potential risks for depositors.

References:

1. Авианорт [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.aviaport.ru> (дата обращения: 25.01.2022)
2. Forbes [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.forbes.com> (дата обращения: 19.01.2022)
3. Kaggle [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.kaggle.com> (дата обращения: 11.02.2022)
4. John D. Bitzan. Airline Efficiency (Advances in Airline Economics Book) M.: Emerald Group Publishing Limited, 2016. — 518 с.

Особенности метода литья по выплавляемым моделям

Кабдыжалелов А.Е., Пилипенко А.А.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

Investment casting (ICM) is a method of producing cast parts from single (smelted, annealed, or dissolved) models, in multi-layer, inseparable refractory moulds that have been calcined and poured in hot or cold.

Due to the high requirements for dimensional accuracy and surface quality of the castings produced by the ICM, it is necessary to monitor the quality of the initial model materials systematically and check the properties of the model compositions that have already been in use periodically.

The properties of model compositions and their materials influence decisively on the ways they are prepared for application and on the ways the models are made.

Ceramic cores are used when long, narrow cavities are required in the castings (e.g., for gas turbine blades).

Electrocorundum is used as refractory material for the cores. Silicon carbide as added, and paraffin is used as plasticizer. The ceramic mass is pressed into the core box cavity at the temperature of approx. 100 °C. The moulded cores are placed into a box and covered with alumina, calcined up to about 1300 °C and then cooled together with the furnace.

Ceramic cores are inserted into the core marks of the mould. After melting the model, the core remains in the mould cavity.

The casting models are assembled onto the common gating system into pattern blocks by brazing them together with the gating system. After the model block has been made, a ceramic shell mould is made from wax material.

Refractory materials of granular and dust-like fractions are used to make ceramic moulds. The casing consists of 95-97% refractory base material (suspension filler and sprinkling material), and its grains cement the binder. Therefore, the most important properties of the moulds (refractoriness, heat resistance, deformation tendency) depend primarily on the refractory material.

A slurry containing binder solution and refractory oxide powders (quartz, fused quartz, aluminosilicates, electrocorundum, etc.) are applied layer by layer to the model block.

The suspension must be thoroughly mixed with the dusty refractory base during the preparation. Rather fine (dust-like) powders of the refractories are used. Their grain size is often measured in microns, and they are prone to clumping due to the surface force of attraction, or in conditions of high humidity. The size of these clumps is often small enough and they are able to pass freely through the cells of the screens which are normally used to pre-sieve powders, before the suspension preparation.

Then the model blocks are covered with fine-grained material such as quartz sand, fused quartz, electrocorundum or sillimanite. Each layer is followed by the increased fraction volume to create a stronger shell. Each layer dried either naturally by the air or artificially by ammonia and blowing. Four-eight are usually applied

depending on the size of the casting.

The melting of the models from the mould is followed by lowering the block into hot water at over 90°C (with the pouring funnel downwards) or by loading it into a heat chamber at 120-150°C, also the steam pressure is used in the boiler rooms, where the melting process takes place.

So, permanent moulds are produced, and they are completely in line with the shape of the model. It is worth clarifying that the shrinkage of the model mass itself and the metal after pouring into the mould is initially taken into account in the mould construction. Therefore, the moulds are manufactured with an allowance for linear metal shrinkage.

Before pouring, the moulds are placed in containers, which are often filled with chamotte chips, and they serve as a support material for the mould. Then the moulds are calcined at 900-950°C. This is done in order to remove residues of the model compound from the mould, moisture and substances capable to form gases. It leads to micropores formation that ensure sufficient gas permeability of the mould. The hardening of the moulds takes approx. 8-9 hours.

The strength of casings is increasing during calcination. The strength level increase is almost independent from the heating rate when materials have a low thermal coefficient of linear expansion.

The investment casting method makes it possible to produce castings in virtually out of all alloys. This method can be used to produce various complex structures, thin-walled parts, as well as a variety of castings, both small and very large in size. The casting is close to the finished part, and, in some cases, the cast part can be produced without additional processing immediately prior to assembly.

When casting alloys ICM is of special importance to make moulds. The ICM is more often used to cast parts for special applications (e.g., gas turbine engine blades), because it implies a special precision in the casting process.

Сложноподчиненные предложения в технико-эксплуатационной документации самолета Airbus 320

Карнаков Н.Д.

Научный руководитель — Коротун В.Л.

МАИ, Москва

В настоящее время проект Airbus, образованный четырьмя европейскими странами (Франция, Германия, Испания и Великобритания), является самым популярным в мире, а семейство самолетов Airbus 320 (сокращенно — A320) опережает Boeing 747 [1].

Оригинальная технико-эксплуатационная документация самолета написана на английском языке, а её перевод на русский язык — достаточно трудоёмкий процесс, требующий очень хороших знаний языка, а также специальной компетенции переводчика. Стоит заметить, что документация состоит в основном из сложноподчиненных предложений — это предложения, которые характеризуется наличием зависимости между его частями и средствами связи, показывающими эту зависимость [2]. Конструкция таких предложений выглядит следующим образом: «Чтобы избежать ... , необходимо ...»; «Для того, чтобы ...» и т.д.

Изучение именно сложноподчиненных предложений технико-эксплуатационной документации самолета Airbus 320 позволит понять их структуру и в дальнейшем упростит перевод документации остальных самолетов не только проекта Airbus, но и других. Кроме того, данный анализ позволит сделать перевод более качественно, что очень важно в современных реалиях т.к. действительно хороших переводов технико-эксплуатационной документации очень мало или вообще не существует. Также изучение данной темы очень полезно для студентов авиационных институтов: изучая технико-эксплуатационную документацию самолетов они не только приобретают знания в области самолётостроения, но и языковые навыки, которые в дальнейшем позволят участвовать в международных конференциях, а также иметь более грамотную и красивую речь, которая позволит общаться с иностранными коллегами.

Сложноподчиненные предложения (Complex sentences) в английском языке начинаются со слов: that — что, after — после, if — если, who — кто, because — потому что, where — где, when — когда, whose — который и др. [3]. В технико-эксплуатационной документации самолета Airbus 320 можно встретить следующие сложноподчиненные предложения: When things don't go as expected — take over: Когда что-то идёт не так — берите верх (6-ое «золотое» правило из данной документации); There is no hurry, because the aircraft is laterally safe: Спешить некуда, потому что самолёт безопасен с боков; When flying at alpha max, the PF can make gentle turns, if necessary: При полете на альфа-максимуме пилотирующий пилот может совершать плавные повороты, если это необходимо, и огромное количество других [4]. Как видно, именно сложноподчиненные предложения несут основную смысловую нагрузку в технико-эксплуатационной документации самолета Airbus 320, именно в них содержится информация при аварийных ситуациях: «Если необходимо, то ...», «Если произошло, то ...», «Этого делать не стоит, потому что...» и др. Кроме того, именно в сложноподчиненных предложениях содержится информация о правильных действиях пилота, о правильной эксплуатации самолета и т.д.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

1. Изучение сложноподчиненных предложений — очень важный аспект изучения английского языка т.к. наша речь в своём большинстве состоит из таких предложений;
2. В основном, именно сложноподчиненные предложения несут основную информацию из всего текста технико-эксплуатационной документации самолета Airbus 320.

Список использованных источников:

1. Айрапетян, А. Г., Лысенкова М. В. К вопросу о сложном предложении в современном английском языке. Казань: Молодой ученый. 2016. № 7 (111). — С. 1126-1129. — URL: <https://moluch.ru/archive/111/27669/> (дата обращения: 05.03.2022).
2. Волкова Е. Б. Сложноподчиненные предложения нерасчлененного типа в научном стиле русского языка (на примере произведений математического цикла). Автореферат на соискание ученой степени кандидата филологических наук. Вологда, 2016 г. —24с.
3. Как устроен самый популярный самолет в мире? [Электронный ресурс] URL:https://hit-tech.mail.ru/review/Airbus_in_Hamburg/ (дата обращения 04.03.2022).
4. Flight Crew Training Manual A318/A319/A320/A321 [Электронный ресурс] URL: https://dream-air.ru/assets/files/piloty/fctm_sa_env_jan07-copy_2.pdf (дата обращения 04.03.2022).

Linguistic analysis of the technical documentation of the Linux operating system

Кирсанов Г.Р., Грубенко М.Д., Булвяттов А.М.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

Modern life is unimaginable without active work with both the Linux operating system itself and similar UNIX-derived systems. One of the canonical ways to get documentation is to refer to the man utility. The developers note the non-standard and, sometimes, free style of writing this type of documents. There is interest both in the question of the possibility of classifying and separating these texts, and in the question of the difference from the point of view of linguistic analysis of this category from the classical documentation of IT resources.

Let's analyze in a little more detail what man and man pages are. In general, this is a reference page. It is a form of software documentation commonly found in Unix or Unix-like operating systems. Topics covered include computer programs, formal standards and conventions, and even abstract concepts. The classic call involves using the man command.

As part of the linguistic analysis, the following parameters were selected: the average length of a sentence (characters), the average length of a sentence (words), the number of unique words, statistics on the use of parts of speech in each sentence.

It should be noted that such an approach makes it possible to consider a wide range of comparative characteristics, since it is possible to reduce the study even to the analysis of word pairs.

Based on the above provisions on the characteristic parameters of the analyzed group of texts, we reduce the problem of analysis to two mathematical macro-tasks. The first task is to count graphic and lexical units. The second is the classification of the lexical units used.

From the point of view of linguistics, both of these tasks are not highly complex. However, a slightly more complex aspect arises in the question of comparative characteristics of styles. To analyze the style of texts, it is necessary to study a large number of materials. This is not always possible manually. But, with our choice of comparative parameters, we can reduce the problem to an algorithmic one and create a computing system that automates our approach. Within the framework of a computing system, only the need to classify parts of speech is a matter of average complexity (by implementation), counting graphic and lexical units is trivial.

In the course of the work, a lexical analysis of more than 500 different texts was carried out. Thus, a computing system was created that helps in carrying out linguistic analysis of materials, comparative characteristics of both classical documentation of IT resources and characteristics of man pages were obtained, in particular, a comparative analysis of these values was carried out.

Список использованных источников:

1. Головина Е. Лингвистический анализ текста. — Litres, 2017.
2. Митина О. В., Евдокименко А. С. Методы анализа текста: методологические основания и программная реализация // Психология. Психофизиология. — 2010. — №. 40 (216). — С. 29-38.
3. Щербакова И. В. Особенности перевода технических текстов // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — №. 2-2. — С. 201-201.
4. Кросслей С. А. Лингвистический анализ упрощённых и оригинальных текстов // Журнал Современная лингвистика. — 2007. — Т. 91. — №. 1. — С. 15-30.

The manufacturing process of the “tee” part in PDM system

Кньш О.Д.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.
МАИ, Москва

At present, due to the rapid development of information and computer technologies, the most important successful factors in the design of the technological processes are the use of computer-aided design systems (CAD). This concept means software that allows to create a model of an object with maximum accuracy and provide the manufacturer with a complete package of design documentation according to the international standards.

The use of simulation models is one of the most accurate and reliable method to analyze planning processes at an industrial enterprise, since it allows to take into account the probability characteristic of external and internal time factors in traditional calculations.

The paper considers the development of the simulation model of the production process and determination of the parameters of intershop routes manufacturing the “tee” part. The simulation model for the production of the “tee” part based on the developed technological process in the AnyLogic program.

“Tee” is a part that is used to connect piping systems in the aerospace industry. The tee has three connecting ends, which are used to attach the pipe side branches to the main line. This part helps to change the direction of the transported substance flow at an angle of 90 degrees. With the help of the automated system for production technological preparation, integrated into the PDM-system a technological process for the production of a tee was developed. For this purpose, information about the “tee” part is entered in the so-called nomenclature reference book. But before that, a 3D model of the tee was created using the available dimensions in the Solidworks program and firstly, imported into T-Flex CAD, and then into T-Flex DOCs.

The results of the work show that the use of simulation model allows to analyze how different enterprise areas work, also, what equipment needs to be added to one of the sections, or, on the contrary, to analyze what equipment is not involved and can be used to produce other manufacture articles.

References:

1. Hayday Gafurov, Timur Gafurov, Viktor Smirnov. Emergency design systems. Textbook. — Shipbuilding. 2000. P.156.
2. T-FLEX DOCs User Guide. 2010. P. 209.
3. Textbook Alexander Pasko, Andrey Baranov, Nariman Memetov, Igor Shubin. Technologies for designing solid-state machine-building products in t-flex cad 3d.
4. Yuri Karpov. Simulation modeling of systems. Introduction to modeling with AnyLogic. St. Petersburg: BHV-Petersburg. 2005. P. 400.
5. Andrey Kupriyashkin. Fundamentals of system modeling. Norilsk: NII. 2015. P. 135.
6. Musa Iskandarov. Brief review of modern means of simulation modeling of production systems / Scientific community of students: Interdisciplinary research — URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/5\(40\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/5(40).pdf).

Подход к установлению авторства научных текстов

Константинов И.А., Серебрянская Д.С.

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

МАИ, Москва

В статье, с применением базовых алгоритмов математической статистики и прикладной математики, предложен способ установления (подтверждения) авторства научных текстов, на основе сравнения созданного по контрольной выборке авторских текстов «частотного авторского портрета» с «частотным портретом» текста, что требует идентификации. В основу способа положена идея идентификации автора сопоставлением частотных характеристик текста, подлежащего идентификации, с авторским «портретом». Проведено практическое исследование нескольких подходов, их эффективности и обоснован вывод о возможности установления авторства текста на основе предложенного способа.

Задача идентификации авторства текстов, в том числе научных, встречается в разнообразных сферах деятельности человека [1]. Специальные эксперты могут идентифицировать автора неведомого текста с помощью характерных для автора особенностей авторского стиля, специфических языковых конструкций. С одной стороны, процесс экспертизы является достаточно трудоемким по времени, а с другой стороны количество задач, требующих таких экспертиз, в последнее время постоянно растет. Поэтому реализация таких экспертиз автоматизированными и формализованными методами, разработка новых и совершенствование таких алгоритмов становится актуальной задачей современности [2, 3].

Цель исследований. Рассмотреть базовые алгоритмы математической статистики, прикладной математики в отношении частотного анализа:

- Предложить способы частотного анализа научных текстов;
- Провести практическую апробацию сформулированных алгоритмов;
- Рассмотреть отдельные работы авторов и создать для этих текстов частотные таблицы — «частотные авторские портреты»;
- Сделать вывод о возможности установления авторства текста.

В работе предложен способ анализа текстов. Предложенный подход может служить основой для первичного анализа задач установления (подтверждения) авторства научных текстов и решения проблемы нарушения прав интеллектуальной собственности.

Список использованных источников:

1. Д.С. Серебрянская, Д.Ю. Стрелец, Д.С. Шавелкин. Актуальные проблемы перевода авиационных терминов с английского языка на русский в научно-исследовательской работе. Совершенствование обеспечения полетов авиации: тезисы докладов XI военно-научной конференции курсантов и молодых ученых, Минск, 30 апреля 2021 г. / Белорусская государственная академия авиации; ред. коллегия: Малеронок В.В. — Минск, 2021. — 225 с. С.210-212.

2. Рогов А. А. Программная поддержка в решении задачи атрибуции текстов / А. А. Рогов, К. А. Кулаков, Н. Д. Москин // Программная инженерия. — Москва, 2019. — Т.10, №.5. — С.234–240.

3. Романов А. С., Мещеряков Р. В. Идентификация автора текста с помощью аппарата опорных векторов // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии — Вип. 8(15). — Москва, 2009. — С. 432–437.

Роль изучения английского языка в формировании профессиональных компетенций для решения задач использования нетрадиционных источников энергии

Коршунова Е.Р.

Научный руководитель — Абрамова О.В.

МАИ, Москва

Goal

It is important for today's students to train communicative and interactive skills. The participation in conferences helps to enlarge the understanding of various partners, that is impossible without taking into account the speech and behavior characteristics of the audience as a whole [1]. This article is based on the analysis of English-language sources, taking into account the linguistic properties in the texts on aerospace engineering: in particular, the development of the latest orbital generator.

It is stated that electricity can be transmitted over limited distances using power transmission lines. However, there are also a number of cases where it is necessary to efficiently transfer energy over distances that cannot be overcome by power lines; in the long term, these include the transfer of energy from space to the Earth. For such cases, there is wireless power transmission. The problem of the development of unconventional and renewable energy sources is becoming more and more urgent.

Now there is a unique new approach called SPS-ALPHA, short for a solar energy satellite using an Arbitrarily Large Phased Array.

Upon data processing taken from the sources it can be stated that SPS-ALPHA uses a large array of individually controlled thin-film mirrors, outfitted on the curved surface of the satellite. These mirrors intercept and redirect incoming sunlight towards photovoltaic cells affixed to the backside of the solar power satellite's large array. The Earth-pointing side of this large modular circular array is tiled with a collection of

microwave-power transmission panels that generate the beam of radio frequency energy and transmit that energy to the Earth. e.g [4]

It is interesting that to deliver energy to the Earth, SPS-ALPHA will be based in geosynchronous near-Earth orbit, where it will intercept sunlight. SPS-ALPHA can also be based on alternative near-Earth orbits or, for example, at the Earth-Moon libration points [3, p.20].

On the Earth, the radiation is received on the appropriate antenna, and after conversion to an current, it enters the power system or directly to consumers [2, p.202]. When analyzing the information it is mentioning that SPS-ALPHA has a number of important advantages over the previous development. Firstly, the cost of the platform was reduced by eliminating the need for a complex control system and distribution of energy. Secondly, the development concept makes it possible to create a solar-powered satellite that can be completely assembled from individual elements weighing less than 200 kilograms, which allows mass production of all parts at significantly lower costs.

According to the information sites SPS-ALPHA can provide a faster, more efficient response to natural disasters, and will also have a virtually zero "carbon footprint" and will contribute to achieving goals to reduce greenhouse gas emissions [5].

Historically, space missions have always been constrained in design choices due to limited power availability and the high cost of that power. As a result, there are a wide variety of benefits

that space solar power technology and systems could establish for prospective future space applications.

SSP technologies — in the areas such as space transportation, communications, in-space construction would be of immense value to a wide range of space missions.

Evaluation status:

1. The SPS-ALPHA architecture will allow to realize the concept of continuous delivery of almost limitless solar energy to the Earth's markets

2. SPS ALPHA would establish the capability to deliver power to space missions in space, on Moon, Mars. The availability of reliable, inexpensive and continuous power at high levels would change forever the character of space explorations.

3. The development of this project will make the contribution to improve technical skills of engineers and promote strong breakthrough in the field of energy.

There are a number of technical areas that will require additional study in order to refine the details of the SPS-ALPHA concept. This may arouse the interest of MAI students and become the basis for future research work.

Conclusion

The ability to analyze foreign-language sources of information expands the opportunities for professional research in technical fields. The activity in aerospace field requires experience in data searching and cognitive-linguistic abilities to work with the texts.

References:

1. Abramova O.V, Korotaeva I.E «The practical importance of student conferences in a foreign language (from the experience of working with aerospace students) », //Revista ESPACIOS. 2019. Vol. 40. N 31.

2. Виссарионов В.И Учебное пособие для ВУЗов «Солнечная энергетика»

3. Final report «SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrarily Large Phased Array» by Mr. John C. Mankins, Principal Investigator

4. <https://www.space.com/> (HTML)

5. <https://habr.com/> (HTML)

Can a computer joke?

Красоткин С.А.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

Every civilization has its own sense of humor. Can a computer have a sense of humor? Researchers in artificial intelligence say it's a hard problem. Nevertheless, computers can generate and detect humor.

There are a lot of theories about humor. One of them: humor is mapping of inconsistencies. Humor is based on an organic mechanism: researchers think that the resolution of contradictions caused by a joke produces laughter. There are a lot of ways humans can joke. For example: metaphors, idioms, alliterations, slang, antonyms and so on.

If we take the theory that humor is based on the resolution of inconsistencies when it's necessary to understand what it is for building a computer model of humor. But it's too hard to define what humans understand by contradiction. Also, long funny stories sometimes have a difficult allegorical narrative which is difficult to parse unlike short stories called as oneliners. That's why some think that humor is one of the most difficult problems of Artificial intelligence.

There are two common methods in computer humor generation: get existing humor theories and use it to create artificial humor; collect current trends and use them. One of the first methods to generate humor is to get pun-templates for childrens and do something similar. There was a system called JAPE created at 1990-s. It was a punning riddle generator.

A similar mechanism for generating humor is produced through acronyms, namely in the HANAcronym project. The goal of this project is to get existing acronyms and produce another one by replacing words from origin one to new ones with the same first letter making them funny at the

same time. The HAHAcronym project uses resources like augmenting WordNet with domain information.

Also, there is another way to develop a formal model of linguistic humor. Try to formalize the concept of incongruity and get a noisy channel of language processing that might give sophisticated linguistic and social meaning. In this model words are collected to vector by phonetic similarity for getting ambiguity.

The next step is to add some jokes to the weights and insert them into the sentence.

Even in non-humorous text, you can replace some words and make them funny. Computer-generated jokes are often coldly received by those who hear them, so the next problem is machine appreciation of humor to nurture a critical evaluation of creativity by the computer.

The first humor detection systems combined simple Bayesian classifiers. The next method is to use datasets with exactly unfunny snippets. Yes, it's hard to recognise large jokes but we could success at oneliners, using datasets. So we have two categories of datasets: absolutely funny and completely unfunny. In the first dataset we have a base of one liners and in the second: Reuters headlines, proverbs and sentences from the British national corpus. To recognize humor, 3 approaches were used: humor-specific stylistic features and content-based learning and combined. Experimental results show that heuristics using humor-specific features gives the biggest discrepancy oneliners with headlines; text classification with content features get sentences from the British Corps were closest to oneliners; third method show that oneliners looks like proverbs.

If we could teach computers to joke, many applications can be achieved: recommendation systems, generate wordplays or recognise it and understand, mental health (create the wall between oneself and the problem or to stand back); virtual assistants (gaining and retaining an audience), games (dialogue with NPC).

While humor remains a difficult problem for the machine, many researchers have already made some headway in this area. So automatic classification can produce and recognize one-liners. Moreover, there are ways without using machine learning: HAHAcronym project or match words by phonetic similarity.

References:

1. Christian F. Hempelmann, Victor Raskin, and Katrina E. Triezenberg. Computer, Tell Me a Joke ... but Please Make it Funny: Computational Humor with Ontological Semantics. Link: <https://clck.ru/dXPHD>
2. Graeme Ritchie, Ruli Manurung, Helen Pain, Annalu Waller, Rolf Black, Dave O'Mara. A practical application of computational humor.
3. Justine T. Kao, Roger Levy, Noah D. Goodman. The Funny Thing About Incongruity: A Computational Model of Humor in Puns. Link: <https://inlnk.ru/NDBQVR>
4. Kim Binsted. Computational Humor. Link: <https://inlnk.ru/DByYNX>
5. Miriam Amin and Manuel Burghardt. A Survey on Approaches to Computational Humor Generation. Link: <https://inlnk.ru/1PLM9z>
6. Oliviero Stock and Carlo Strapparava. Getting Serious about the Development of Computational Humor. Link: <https://inlnk.ru/84PDB4>
7. Rada Mihalcea, Carlo Strapparava. Making Computers Laugh: Investigations in Automatic Humor Recognition. Link: <https://inlnk.ru/0Q5395>
8. Thomas Winters. Computers Learning Humor Is No Joke. Link: <https://inlnk.ru/XO3N6Q>

Metric mesh quality parameters. Comparative Studies

Мазуров К.А., Коробов К.С., Багатов А.А.

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

МАИ, Москва

Recently, the manufacturing industry has rapidly pursued a Flexible Manufacturing System in order to satisfy customer requests. As a result, new product development time must be reduced along with a reduction in production costs. RE (Reverse Engineering) and RP (Rapid Prototyping) techniques, representative techniques to accomplish the concurrent engineering concept, now play a leading role in the innovation of trial production and manufacturing technology.

The RE and RP processes are carried out using the following consecutive steps: measuring the geometric shapes of the target workpiece; interpolating using parametric modeling; generating CAD data; and generating STL or Slicing files through a commercial package (see figure in presentation). The present paper proposes an improved RE process of 3-dimensional compound surfaces for rapid prototyping processes. As a first step, edge detection, one of the image-processing techniques, is applied to the scanned point data by laser scanner. Through this, the boundary information of the compound surface is extracted so as to divide the surface into several separate regions. For the next step, the triangulation method is applied to reconstruct the surface. After that STL and slicing files could be obtained.

Boundary information from scanned data

Generally, when reconstructing compound surface with only measured data obtained on a Coordinate Measuring Machine or laser scanner, it is very difficult to generate accurate geometric shape data. Measuring errors are concentrated in the vicinity of sharp boundaries between differently defined surfaces of compound surface. In order to efficiently accomplish the RE process, we divide compound surfaces into elemental sub-surfaces on the basis of detected sharp edges. For the purpose of carrying out the RE process on compound surfaces including sculptured and analytic surfaces, we use the image-processing technique for measured data in order to extract the boundaries.

Boundary extraction

An edge generally refers to the intersection line of two surfaces. In this case, an edge corresponds to the boundary of two differently defined surfaces inside a compound surface. In image processing, an edge corresponds to the boundary where the values of the gray level of pixels are suddenly changed. Therefore, if scanned data could be transferred into z-map type data, it would be then possible to use image-processing techniques to detect the edges a surface. For edge detection, we apply an edge operator, often referred to as a Laplacian operator.

Boundary data generation

Analyzing the boundary data, we verify whether analytic curves can represent the boundary shapes (circle, rectangle and so on). If they do not, we use the NURBS interpolation technique in order to obtain boundary shape data. Generally, analytic curves can be represented by a conic section curve, whose standard form is given by equation (see presentation). Extracted boundary data correspond to coordinate values projected on an xy-plane. In this case, if the i-th coordinate value is presented by (x_i, y_i) , this does not always satisfy Laplacian requirement; In this case we need to estimate errors value by adding ER to the previous equation.

In this study, using the approach presented above, we approximate acquired boundary data as a conic section curve and check the error amount between the acquired boundary data and the interpolated curve. If the checked error amounts do not fulfill the definite tolerance, we attempt to interpolate the boundary data by repeating the process to compare it with other types of conic section curves, that is, general analytic curves such as circles, ellipses, and lines.

In order to construct the curved surfaces and to establish a RP process from the segmented scanned points as previously suggested followed the procedure should be followed:

1. Combine scanned points inside divided regions and the detected boundary data with each divided patch data.
2. Project the coordinates of each divided patch on a 2-dimensional plane and obtain these projected 2D coordinates.
3. Carry out the Delaunay triangulation process with the projected 2D coordinates.
4. Transform the triangular topology information obtained in Step 3 into 3D space.
5. Optimize triangular patches on the basis of maximal distance using the triangular topology information.

In this paper, an improved method of Reverse Engineering for Rapid Prototyping of compound surfaces was proposed. This method consists of measuring shape data, detecting the boundary data through an image-processing technique, modeling the detected boundary by analytic and NURBS interpolation, dividing the compound surface into several regions on the basis of modeled boundary, independently applying the Delaunay triangulation method into divided regions, and generating STL and slicing files. Through this method, it was possible to obtain approximately a 90% reduction of modeling errors.

The latest developments of artificial intelligence in the field of robotics

Меджидли Махмуд

Научный руководитель — Трембач Т.Г.

МАИ, Москва

Since ancient times, there has been a desire to facilitate manual labor and optimize the achievement of successful results when performing certain types of a sufficiently large amount of unattractive labor. Methods of maximizing the benefits of the invented devices, which increase the efficiency of performing tasks in everyday activities, always attract the special attention of inventors and designers.

Nowadays, the development of robotics and artificial intelligence play an increasingly important role in this field. The purpose of this work is to find out how far the development of artificial intelligence in the field of robotics has gone and who is at the forefront of its development. I studied the data of well-known English-language publications and now would like to present the most advanced AI robots in the world in 2022.

Digit. Digit takes care of people in their homes and delivers packages. Digit can navigate difficult environments and carry out tasks using its nimble limbs and a torso packed with sensors. Manufactured by Agility robotics.

Pepper. Pepper is the first social humanoid robot that can recognize faces and human emotions. The robot has numerous functionalities such as attracting the attention of shoppers, stimulating purchase and keeping customers. Created by Softbank robotics.

Atlas. This is the world's most dynamic humanoid robot. This robot can perform breath-taking acts such as navigating uneven terrain, jumping around a parkour course. This robot is good for rescue operations, doing tasks in environments where people can't survive. Built by Boston Dynamics.

Spot. This is a robot dog designed for industrial uses such as carrying goods. Spot can run pretty fast at a speed of 5.2 feet per second and also has 360-degree cameras, which allows it not to bump into obstacles. The robot can be easily customised for needed tasks. Created by Boston Dynamics.

HRP-5P. An autonomous humanoid robot that can carry out heavy labor in dangerous conditions. This robot was created by AIST Japan's National Institute of Advanced industrial science and technology. It is equipped with environmental sensors and object recognition and full body motion planning.

Aquanaut. An underwater transformer that can transform itself from a long-distance submarine into a humanoid robot that can carry out complex underwater tasks. Aquanaut operates fully without support ships and can travel 124 miles in submarine mode. Designed by Houstoun Mechatronics inc.

Stuntronic robot. The exploration of dynamic movement with advanced robotic technology allows to perform aerial flips, twists and poses near perfectly. The robot itself can make real-time decisions all while flying 60 feet in the air. It knows how to perform a somersault with perfect landing.

Handle. This robot can autonomously identify and locate boxes, unload trucks. Handle can pick up to 360 boxes an hour. It's tail helps it balance movements and the weight of a heavy box. From Boston Dynamics.

In 2021 Tesla CEO Elon Musk presented the Tesla Bot that runs on an AI. The robot's height is expected to be 5-foot-8-inch, and weight 125 pounds.

The Tesla Bot will eliminate "dangerous, repetitive, boring tasks" for people and Tesla CEO provided an example, suggesting the robot could be told to "get the groceries." This task isn't usually dangerous, but people can find it boring [1].

Tesla's Director of Artificial Intelligence believes that this robot is "on track to become the most powerful AI development platform." [2].

I would like to point that the development of robotics gives more and more opportunities for people to get rid of the need for routine work. At the current level of development of technology, standard of living and science, the amount of repetitive, boring work that goes to automatic

execution increases. The amount of labour work that is performed by people decreases. This is why this topic is important.

References:

1. <https://www.cnet.com/news/elon-musk-unveils-tesla-bot-a-humanoid-robot-utilizing-vehicle-ai/>
2. <https://www.entrepreneur.com/article/415729>

Изучение английского языка на примере использования Искусственного Интеллекта в различных целях: ИИ в авиации и авиаперевозках

Павлов Д.Д.

Научный руководитель — Мусина Е.М.

МАИ, Москва

The pandemic caused financial losses in aviation industry but due to rising level of vaccination and better measures against the pandemic, the aviation industry is expected to recover. Now it seems that Artificial Intelligence is one of keys to improve the situation.

Artificial Intelligence is already used by top airlines in many different areas where machine learning can be helpful for aircraft industry. These areas can be divided into some major categories, such as customer service, ATM and autonomous machines.

Machine Learning in Air Traffic Control is meant to free up human employees from repetitive tasks and focus on more complex and important things not to replace human air traffic controllers. In Bluebird project AI is used to work together with people to create an ATM that is intuitive, sustainable, and risk-free. Machine learning algorithms and data science are used by people to suggest air traffic control teams some new collaborative actions and achieve net-zero carbon emissions.

Self-flying planes aren't going to be used for air transportation in the near future but researches in this field are already in process by two huge companies: Airbus and Boeing.

Five test flights of unmanned aircraft using AI algorithms were held by Boeing last year, where the speed of 270 kilometers per hour was achieved. There is a confidence that this successful test flights will stimulate autonomous technology to the forefront in the near future.

Data coming from different factories is analyzed by Airbus to predict appearance of changes in the technological processes. A problem is detected earlier and can be solved in the easier way. The fewer parts replacements and overhauls will be, the more money will be saved by the airline industry and aircraft manufacturers in the long term.

Studying the development and problems of space tourism within the discipline of English

Радюшкина А.А.

Научный руководитель — Коновалова С.В.

МАИ, Москва

As part of lectures and practical classes in English, students of technical colleges and departments are increasingly facing with the topic of space exploration. In the course of this work, the actual topic of space tourism was taken, which in the modern world is starting to develop more and more.

The idea of space tourism began to appear at the time of the first success in the development of spacecraft. For example, some of the ideas concerning space tourism were published in the work of Barron Hilton and Kraft Eric back in 1967. Exactly these researchers for the first time put forward the idea of commercialization of space travel. It is necessary to notice that if in the 20th century this question remained at the level of idea. Today this trend is quite a real way to see our planet from space that is directly connected with a high level of modern technological progress in the sphere of space-rocket technology [1].

For instance, on the 5th of October, 2021 there was a flight into space by Russian actors who were to shoot a movie "The Challenge". The filming took over 10 days on the International Space Station. On October 17, "tourists" returned home successfully.

Despite all attractiveness of space tourism, there are a lot of problems in this sphere, which hamper its effective development. One of the key problems is the question of security. Companies who are engaged in sending passengers into space cannot guarantee absolute safety of people onboard, because according to statistics 1 out of 100 spacecraft crashes on takeoff or landing [2].

Another basic problem is an economic side of a question. The cost of one private space flight is estimated by tens millions of dollars, proceeding from what the average person is not able to afford such a trip. The capital market is primarily interested in those niches that are able to return more than was invested initially. Proceeding from this, quantitative and qualitative models of financing should be constructed in the sphere of space tourism, by means of which it will be possible to achieve rational and effective distribution of means [3].

In addition to this, today active research is being carried out aimed at creation of reusable rockets by means of which flight cost can be reduced significantly. Six people can take part in a flight on such an apparatus for the price of \$200-250 simultaneously that is considerably cheaper than the existing offers for millions of dollars.

In conclusion, it is necessary to note that in spite of the existence of certain problems, space tourism has grand prospects for development. It is now necessary to pay special attention to its formation and to continue to improve the technology of sending people into space. This will entail the development and scientific research sector of space exploration.

References:

1. Chapenko A. A. Modern technologies of revue-management in space tourism // Economics and business: theory and practice. 2020.
2. Markina A.N. Space tourism: main problems and development perspectives // Economics and business: theory and practice. 2020.
3. Monastyrnaya V.S. Space tourism: for and against // Actual problems of aviation and cosmonautics. 2016.

Языковой барьер как причина авиакатастроф

Рублёв Д.О., Артёмова М.А., Ерошенко А.Ю.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

There are 11-12 thousand planes in the sky every hour. In 2019, the world's airlines transported 4.5 billion passengers, of which 128.1 million were carried by Russian airlines alone. According to official data of the Interstate Aviation Committee of Russia, 43 incidents occurred in the same year 2019, of which 22 were disasters that claimed the lives of 257 people.

The language barrier between the ATC and the flight crew has caused many aviation accidents. Let's start with the crash that occurred on March 27, 1977, at Los Rodeos airport on the island of Tenerife. As a result of the collision of the KLM Boeing 747-206B and Pan American Boeing 747-121 airliners, 583 people were killed. Civil aviation around the world has learned a serious lesson from this tragedy. Significant changes were made to the rules of radio communication and the phraseology of radio exchange. The second major plane crash occurred on November 12, 1996, near Delhi — a Boeing 747 of SaudiArabianAirlines collided in mid-air with an IL-76 of Kazakhstan Airlines close to Dhani Phogat village, India. The tragedy claimed the lives of 349 people.

In the eighties, a dramatic increase in international flights began, which, combined with insufficient command of aviation English by crew members, led to an increase in the number of plane crashes. In 2003, the International Civil Aviation Organization (ICAO) introduced a six-level language proficiency assessment system, where the 6th is a native speaker, and the 4th is the minimum for admission to flights. In Russia, this system started to use in 2008, and crews began to be fully certified in 2011. The main problem is that each country has its own differences from the standard, globally accepted phraseology of ICAO. For convenience, all such differences were

divided into 3 main groups: speech, phraseological and procedural differences. To conduct effective communication, it is obligatory to speak English at a high level.

To date, when solving the problem of the language barrier, one of the main difficulties is the process of examining pilots according to the ICAO scale. Studying the material on this topic and taking into account the opinion of pilots and teachers in specialized centers, we concluded that the most optimal way to pass the exam would be a combined format consisting of a test and an exam on a simulator with an instructor pilot. Such a format is much more expensive and difficult to implement, but then training and preparation for re-examination will not be memorizing the material and templates for solving the test but will give the motivation to learn the language under strict requirements.

Another important point is the confirmation of language proficiency at a certain level on the ICAO scale. Unlike international requirements, organizations can conduct an exam every year, observing the result of each pilot, to work out the problem areas individually afterward.

It is supposed to implement this in the form of a system containing the personal file of each airline pilot, which will contain the results of each such annual exam. Airline managers will be able to track the progress and see the real progress of employees, which will increase the professionalism of crew members.

An effective addition may be the introduction of a requirement for more airlines to negotiate in English with dispatchers even inside Russia. While ensuring a sufficient level and quality of language training according to ICAO standards, this practice can be useful for maintaining basic language skills of all participants in air traffic. This method is used in China, and among Russian airlines, Aeroflot can be noted.

In the modern world, with the development of the aviation structure, an increase in the number of ships simultaneously in the air, air accidents and plane crashes related to the problem of the language barrier have decreased, but have not completely disappeared. Therefore, aviation education should be improved, updated, and refined. This problem is global and it is desirable to implement all of the above as soon as possible to preserve the greatest value — people's lives.

We express our gratitude to Nikolai Alekseevich Levochkin, a Reuter examiner in MAI.

References:

1. Final report and comments of the Netherlands aviation safety board of the investigation into the accident with the collision of KLM flight 4805 and Pan American flight 1736 at Tenerife airport, Spain
2. Report of a court of inquiry on mid-air collision between Saudi Arabian Boeing 747 and Kazakhstan IL-76 on 12th november,1996 near Delhi — India (Charkhi-Dadri, Haryana) [CrossRef] <https://www.baaa-acro.com/sites/default/files/2020-12/UN-76435.pdf>
3. Al-Sabbah Baha, Potaluy V.V. English language-caused aviation accidents [CrossRef] <https://scienceforum.ru/2013/article/2013004467>

Актуальность темы «Исследование космоса: причины, результаты, перспективы» при изучении английского языка в МАИ

Рябов С.М.

Научный руководитель — Коротун В.Л.

МАИ, Москва

Одной из лексических тем, с которой встречаются студенты инженерных специальностей Московского авиационного института при изучении английского языка, является тема «Изучение космоса». Эта тема тесно связана с инженерным профилем вуза и, действительно, «реализация междисциплинарных связей создает дополнительную мотивацию и профессиональную направленность обучения в ходе изучения английского языка в техническом вузе» [2].

Исследование Куденко Д.А. показывает, что 90% россиян считает целесообразным освоение космоса для развития науки и технологий [1]. Целью данного исследования является выявление причин, которые заставляют людей исследовать космос, выявление

результатов и перспектив, которые могут ждать нас в будущем. А так же определение роли, которую играет космос в жизни человека.

Изучение пространства, которое окружает нашу планету, набирает большую актуальность с каждой минутой. В современном мире до сих пор есть люди, которые не понимают, зачем человеку исследовать космическое пространство. Большинство из них считает, что нужно сначала разобраться с проблемами на Земле. Но кто бы что не говорил, даже технологии, изобретенные на сегодняшний день внесли существенный вклад в нашу жизнь. Исследуя космос, человечество изобрело GPS, точное прогнозирование погоды. Также в космосе проводятся медицинские исследования, которые помогают лечить болезни и продлевать жизнь человека. Одним из изобретений был экзоскелет «Пингвин», который был сделан для создания осевой нагрузки на скелетно-мышечный аппарат в космосе. Спустя годы, его модифицировали и использовали для лечения и реабилитации больных с двигательными нарушениями.

Ни для кого не секрет, что на нашей планете с каждым годом увеличивается нагрузка на природные ресурсы. Человечество начинает использовать все большее количество невозобновимых ресурсов. Одной из причин является численность населения, которое растет экспоненциально. По расчётам, к 2050 году на нашей планете уже будет проживать около 10 миллиардов людей. Обе эти проблемы может решить исследование космоса. Стартапы, подобные Planetary Resources, хотят добывать астероиды, что означало бы фактически неограниченный запас сырья, которое редко встречается на Земле и добыча которого загрязняет атмосферу. Также исследователи до сих пор ищут способ колонизации других планет, ближайшей из которых является Марс и на которой проведено множество роботизированных миссий для её изучения. Если говорить о внешних угрозах, то все еще существует неизвестное количество больших астероидов и комет, которые могут врезаться в нашу планету. В прошлом это случалось несколько раз, и каждый раз приводило к массовому вымиранию. Дело не в том, упадет ли на Землю еще один крупный астероид, а в том, когда. Надежная космическая программа — единственная наша надежда на отклонение такого объекта.

Как итог, основными причинами исследования космоса являются:

1. Угроза исчезновения человечества;
2. Проблемы с экологией, перенаселением и др;
3. Исчерпаемость ресурсов.

Перспективы освоения космоса ограничиваются лишь нашим воображением, вплоть до создания червоточин, которые помогут путешествовать в пространстве, если не во времени.

Результаты проведенного исследования показывают, что изучение космоса необходимо для сохранения человечества и улучшения качества жизни, не только на Земле, но и за её пределами. А также это возможность не только открывать миры и создавать передовые технологии, но и работать вместе для достижения более масштабной цели, независимо от национальности, расы и пола.

Список использованных источников:

1. Куденко Д. А. Значение международного сотрудничества в аэрокосмической сфере в сознании людей. XLVII Гагаринские чтения 2021: Сборник тезисов работ XLVII Международной молодёжной научной конференции, Москва, 20–23 апреля 2021 года. — Москва: Издательство "Перо", 2021. С. 1275 — 1276. — ISBN 978-5-00189-126-0.

2. Чуксина О. В. Реализация концепции междисциплинарного образования в процессе обучения английской грамматике в авиационном вузе. В сборнике: Научно-практическая конференция в рамках «Неделя науки» ФИЯ МАИ-НИУ, посвященная 55-летию полета Ю. Гагарина. 2016. С. 190-197.

3. Why We Explore. [Электронный ресурс] https://www.nasa.gov/exploration/whyweexplore/why_we_explore_main.html#.Y1TPB_lBy5d (дата обращения 04.03.2022).

English as the language of international civil aviation: history, current problems and development prospects

Ткаченко Е.Ю., Саенко И.А.

Научный руководитель — Осьмина К.С.

МАИ, Москва

The requirements for the formation of a common language of international aviation and the relevant competencies of crew members have accompanied international civil aviation since its inception for a number of reasons. Researchers and publicists paid attention to the competitive advantages of the knowledge of foreign languages used by people in the field of aviation [4], while the lack of understanding by pilots of each other very often caused accidents [2].

The article describes the process of acquiring by through the regulation of the International Civil Aviation Organization (ICAO) [1]. Nevertheless, difficulties in the field of international aviation communication are still a significant problem, leading to economic costs, and often to more serious losses. The purpose of the work is to consider the reasons for the persistence of some problems of international aviation communication in the long term, as well as to propose possible ways to resolve them. The complex of aviation sciences and educational disciplines focuses primarily on mathematics and practical aspects of aircraft operation, which leads to a lack of theoretical knowledge in the field of aviation law, aviation language use, aviation sociology, and so on. This disadvantage determines the relevance of interdisciplinary research, to which this work belongs.

The methodology of the work is the analysis of international regulation practices in the field of civil aviation and the analysis of factors determining the education of crew members and their ability to intercultural communication.

The study concludes that the problem of difficult international communication is multidimensional. Among the significant factors, the difficulties of intercultural communication [5], the lack of uniformity of assessments of pilots' language competencies, problems at the level of educational systems of individual countries involved in the functioning of civil aviation [3] can be highlighted.

The solutions for these problems largely belong to the sphere of international cooperation of national air transport agencies and the ICAO.

Reference:

1. "Конвенция о международной гражданской авиации" (заключена в г. Чикаго 07.12.1944) (с изм. от 26.10.1990) (с изм. и доп., вступившими в силу на 01.01.2000)
2. Barnett, A., Higgins, M. K. Airline Safety: The Last Decade. Management Science, 35(1), 1–21. 1989 URL: <http://www.jstor.org/stable/2631961>
3. Education Index // United Nations Development Programme. 2019. URL: <https://hdr.undp.org/en/indicators/103706>
4. Huebener, T. Foreign Languages and Aviation // The Modern Language Journal, 27(4), 271–273. URL: <https://doi.org/10.2307/316602>
5. Yuting, Li. Civil Aviation English for Pilots: An English Air-ground Communication Course Based on Simulating Videos // Master's Projects and Capstones. 2016 URL: <https://repository.usfca.edu/capstone/346>

Присутствие птиц в аэропортах: опасность и решение (по материалам англоязычных сайтов)

Точилин Е.Д., Зиньковский А.О.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Волкова Е.Б.

МАИ, Москва

Миллионы людей каждый день летают на самолете, так как он считается самым безопасным видом транспорта. Однако есть много причин, которые могут помешать безопасному, "штатному" полету. Одна из таких причин — птицы. Этот проект очень актуален в связи с растущим числом столкновений самолетов с птицами. По данным

Росавиации, за 11 месяцев 2018 года произошло 930 столкновений самолетов с птицами в России. За весь 2017 год таких было 926 случаев. Цель нашего проекта — спроектировать, а затем построить беспилотный летательный аппарат, который может отпугивать птиц от взлетных линий. Все расчеты для проектирования нашего беспилотника были проведены с помощью руководства по беспилотной авиации, автором которого является К.В. Сидоркович. Этот квадрокоптер оснащен четырьмя двигателями мощностью 920 кВт, благодаря которым дрон может разогнаться до 50 км/ч по прямой и набирать высоту 150 м (разрешенная высота для полетов дронов в Российской Федерации). Светодиодная лента с белыми светодиодами, которые действуют как мигающие огни, прикреплена к передней части квадрокоптера. С левой и правой сторон расположены красные и зеленые огоньки соответственно, которые необходимы для определения направления полета дрона в темноте. По всем авиационным стандартам красные огни расположены по левому борту, а зеленые — по правому борту. Также дрон оснащен GPS-антенной и телеметрической антенной, что позволяет управлять дроном не только с помощью пульта дистанционного управления, но и со смартфона. Беспилотник также сможет автономно летать в заданные точки, сможет возвращаться в точку взлета по щелчку тумблера или при разряде батареи. Если связь между пультом дистанционного управления и дроном будет потеряна, он автоматически вернется в точку взлета и приземлится. Время полета дрона может варьироваться от 5 до 20 минут, в зависимости от емкости и мощности аккумулятора. Вес дрона со всем оборудованием составляет 1,3 кг. Беспилотник может брать на борт полезную нагрузку весом до 1,5 кг. Квадрокоптер оснащен камерой для удобства наблюдения за аэродромом и распознавания посторонних объектов, таких как незнакомцы, мелкие животные и, самое главное, другие беспилотные летательные аппараты, которые могут представлять большую опасность для других воздушных судов.

Англоязычное описание измерителя углов Эйлера и воздушной скорости для малых БЛА

Трахман Р.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Анурова О.М.

МАИ, Москва

The scale of implementation of small UAVs grows with an increasing rate from year to year. They are used as radio relays, perform many sorts of aerial surveys and monitoring missions. Thus, such UAVs are widely developed and manufactured, and Moscow Aviation Institute is not an exception. The general factor to reason this is the simplicity and cheapness of all the stages of such systems lifecycle. For further improvement of systems economical performance, it is feasible to automatize at least the flight stage at which the dedicated (purposeful) devices and sensors work. Eventually it requires an automated control system. An aerodynamic angle and velocity sensor is an intrinsic part of such system, and most UAVs, weighing above 30 kg are equipped with one, whereas lighter and smaller aircraft can't carry the existing systems due to their performance. Instead they use computational algorithms, which allow to estimate the Euler angles from the inertial frame coordinates measurements. Yet such algorithms are remarkably less robust and demand incomparably more computational resources than a sensor. In this regard we would like to offer an Euler angles and airspeed sensor which will be applicable on a small UAV.

Measuring a small UAVs airspeed has its own peculiarities. Low flight speeds allow one to imply well-known and proved solutions, as well as designing new ones with relatively low resources. Thus, in this paper we would like to offer two airspeed measuring devices. The first one is a time-honored Pitot tube, working with a differential pressure sensor. This solution is thoroughly researched and easily calibrated using the method we will offer later in this paper. The second one is the developed Euler angles measurer, which functions by transducing the total pressure at its ports, and thus is able to associate the values with the airspeed. It is clear that to make the pressure sensors output the correct values, they are to be mounted in the area, where the airflow is as close to free-stream as possible. Usually it is the front tip of the wing, but the common

landing methods for such UAVs force one to mount such precisely manufactured devices inside the outline of the vehicles silhouette. We offer to allocate it above the wings top surface, preliminarily evaluating the least reasonable distance at which the airflow conditions are the closest to free-stream. It is possible to conduct such evaluation in a CFD software, for instance.

Measuring the Euler angles for a small UAV is a more challenging task. The most common solution which is implied on most of the aircraft is a vane sensor. Its operating principle is simple and the design itself is relatively cheap, but what makes it inapplicable for small UAVs is its fragility. We offer a solution, that does not contain any moving parts, but associates the pressure values it measures at the specific points, or ports, with the Euler angle value. The absence of mechanical parts makes such sensor almost invincible and the sizes of electronical components allow to design it small and lightweight. The sensor we offer is a probe of a specific shape with several ports, where the total pressure is measured. The low flight speeds in our case allow the use of the geometrical primitives, which flow field can be predicted analytically. Thus, we have chosen a spherical shape for our probe. After we had the research conducted it was clear that 5 pressure ports will be enough. One is to be located at the stagnation point during straight flight, and the remaining 4 are to be on the same meridian with the angular distance of 90° . The meridian location can be defined by estimating the critical Euler angles typical for the aircraft. Knowing the shape of the probe it is possible to associate the pressure values and the Euler angles either by using a value array obtained in a CFD program or an analytic expression. Due to low velocities the flow may be considered incompressible and thus the analytic expression is obtainable from Navier-Stokes equation.

To prove the concept, it is necessary to calibrate and put the device to test. Low operating velocities allow one to use a moving test rig for calibration. We offer to use a 2 DOF turntable. The first iteration is to prove that the pressure sensors output the correct pressure value. For this the pitot tube should be mounted on the same rig as the Euler angles measurer with their lateral axes aligned. As a source of motion, one may use an automobile. If the pressure values correspond with the airspeed value the sensors may be considered precise. After the first test the Euler angle measurer can be rotated to test whether it outputs the correct angle values.

In this paper we have offered a design of an airspeed and Euler angles measurer, which does not contain any moving parts together with the calibration and trial method, which does not require a complicated test rig.

Английский язык как ключевой инструмент в международных космических проектах на примере проекта «Хаббл»

Тужилкин М.И., Малахова Т.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Волкова Е.Б.

МАИ, Москва

In the English language classes at MAI, when studying the topic "Spacecrafts", "Hubble"- the first telescope in space — cannot be unmentioned. It is worth discussing, as it is one of the greatest space projects ever created by humanity. In the space field, it is clear that knowledge of English is absolutely indispensable for successful communication for working on international projects. To improve the students' knowledge of English a number of English teaching techniques are being introduced at technological universities. N.M. Masyutina covers the teaching methods which use distant education systems [2]. S.M. Olifirenko deals with different teaching methods, she also emphasizes the role of discussion for professionally-oriented English [3]. So, discussing the "Hubble" project in English classes significantly expands the students' active vocabulary and contributes to the improvement of their professional competence.

Relevance

Today, "Hubble" is available to use for any person or organization for their scientific researches in astronomy and there are no restrictions on nationality or academic affiliation for scientists.

Purpose

The purpose of this study is to show the importance of international scientific space projects like "Hubble".

The depth of study of the topic in science

Hubble has enabled many important astronomical studies. By measuring the distances to the Cepheids in the Virgo Cluster, the value of the Hubble constant was refined by Dan Scolnic and Lucas M. Macri [4]. They partially confirmed the theory of supermassive black holes in the centers of galaxies. On the basis of observations, a hypothesis was put forward linking the mass of black holes and the properties of the galaxy by K. Gebhardt and A.V. Filippenko [5]. In 1995, Hubble surveyed an area the size of one thirty-millionth of the area of the sky, containing several thousand dim galaxies. Comparison of this site with another, located in another part of the sky, confirmed the hypothesis of the isotropy of the Universe. This research was done by a Russian scientist D.Y. Klimushkin[1]. In 2004, a section of the sky was photographed with an effective exposure of about 106 seconds (11.3 days), which made it possible to continue the study of distant galaxies until the epoch of the formation of the first stars. For the first time, images of protogalaxies, the first clumps of matter that formed less than a billion years after the Big Bang, have been obtained. In 2013, after studying the images taken by the telescope in 2004-2009, Neptune's satellite Hippocampus was discovered.

In March 2016, astronomers using the Hubble telescope discovered in the pictures the bright galaxy GN-z11. In 2018, at the 231st meeting of the American Astronomical Society in Washington, it became known that the telescope was able to close-up one of the oldest known galaxies in the Universe, which exists for 500 million years after the Big Bang [6].

The study examines the following aspects of problems in this project:

Many technical issues

The impossibility of providing the telescope to everyone due to performance limitations

Difficulty in maintenance

Equipment obsolescence

Possible solutions to this problem can be:

Sending space expeditions to maintain the telescope

Creation of new and improvement of old equipment

Construction of a new space telescope using current technologies and modern equipment

Conclusions

To sum up, this project was a great step forward for astronomy and theoretical physics. At the beginning Hubble had many technical problems, but 4 space expeditions managed to solve them. For more than 30 years, scientists from all over the globe have conducted many studies using data obtained by Hubble. However, the Hubble mission is coming to an end. It is scheduled to be decommissioned sometime around 2030, as just recently people have launched a new space telescope called "James Webb" that will continue to carry out the Hubble mission.

References

1. Климушкин, Д. Ю. "Галактики на краю видимой Вселенной"
2. Масютина, Н.М. "Опыт проведения видеосемinarов при дистанционном проведении занятий по иностранному языку в ВУЗе" [<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44467140>]
3. Олифиренко, С.М. "Методы изучения английского языка в техническом ВУЗе" [<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29458081>]
4. Dan Scolnic, Lucas M. Macri, Wenlong Yuan, Stefano Casertano, Adam G. Riess. "Large Magellanic Cloud Cepheid Standards Provide a 1% Foundation for the Determination of the Hubble Constant and Stronger Evidence for Physics Beyond LambdaCDM"
5. Gebhardt K., Filippenko A. V., Green R., Grillmair C., Ho L. C., Kormendy J. "A Relationship between Nuclear Black Hole Mass and Galaxy Velocity Dispersion"
6. Paul Rincon "Hubble scores unique close-up view of distant galaxy"

Изучение английского и немецкого языков на примере темы: Безопасность взлёта и посадки пассажирского самолёта в турбулентном спутном следе

Шевко А.В.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

The growth of air traffic leads to an increase in the fleet and to growing airport congestion. Disturbance of air flows created by aircraft can create potentially dangerous conditions for aircraft to get into a turbulent wake.

Relevance. Ensuring flight safety in a turbulent wake conditions is the most important task, since vortex flows limit the capacity of the runway and reduce the separation time.

Hypothesis. It is assumed that the analysis of measures to reduce the danger from the turbulent wake of a passenger aircraft during takeoff and landing will improve the safety of air travel.

The author studied the works of scientists N.E. Zhukovsky, S.M. Belotserkovsky, F.U. Lanchester and chose 2 areas of work to avoid the impact of the turbulent wake on aircraft during takeoff and landing:

1. Preventing the formation of vortices and reducing the influence of the turbulent wake.
2. Control over the dangerous reduction of the distance between the aircraft.

For the first point, the following solutions are proposed:

- 1) Intensification of computational programs by the method of discrete vortices for tracking a turbulent wake in the takeoff and landing mode (A.I. Zhelannikov).
- 2) Active use of programs for calculating the growth of long-wavelength instability of the vortex wake in order to control the coordinates of the perturbed turbulent wake trajectories.
- 3) Use of calibrated microphone arrays for a turbulent wake modeling by aerodynamic noise.
- 4) Application of laser radars at airports based on the work of Halldorsson Thorsteinn.
- 5) Development of plates for dispersion and relief of the wake in the runway area following the example of the German Aerospace Center.
- 6) Computer modeling of the turbulent wake and methods for calculating vortex flows in order to determine the parameters of the aircraft in the turbulent wake and analyze the distribution of the vortex in space.

On the second point, the following work paths have been chosen:

- 1) Echelon control. One of the ways is the purposeful training of pilots on flight simulators according to the projects of I.S. Bosnyakova, Yu.N. Sviridenko, K.G. Khairullina, D.A. Gadzhiev. The programs are based on the analysis of the forces that affect the flight of the aircraft relative to the turbulent wake, with further neural network approximation, which is computerized, making it possible to simulate the aircraft hitting the turbulent wake in real time.

The basic vocabulary is the following: «analysis of the reasons for the occurrence of a turbulent wake — Analyse der Gründe für das Auftreten eines turbulenten Nachlaufs», «ensuring the safety of takeoff and landing — Gewährleistung der Sicherheit beim Start und bei der Landung», «runway capacity — Start-und Landebahnpkapazität», «growth in air travel — Wachstum des Flugverkehrs».

According to the results of the study, the proposed hypothesis is correct.

The following conclusions are made:

1. Prevention of hazards from the turbulent wake during takeoff and landing is possible by preventing the formation of vortices and on the basis of reducing the dangerous effect of already formed the turbulent wake: computer modeling, pilot training in simulators, the use of calibrated microphone arrays, the use of laser radars at airports, the development of plates for wake dispersion in the runway area.
2. To analyze the current state of methods of preventing the impact of the turbulent wake on aircraft, knowledge of foreign languages is necessary.

References

1. Грязин В.Е. Повышение безопасности полета в условиях турбулентности спутного следа путем автоматизации режима директорного захода на посадку. // Ученые записки

- ЦАГИ, 2000, выпуск 1-2, стр. 163 — 173. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasn>. (Дата обращения: 29.01.2022)
2. Желанников А.И. // Научный вестник МГТУ ГА, Том 24, № 1 (2021), С. 23-31. URL: <https://avia.mstuca.ru/jour/article/view/1786/1240>. (Дата обращения: 03.02.2022)
3. Свириденко Ю.Н., Щеглов А. С., Назаров А.М., Попкова Н. Б., Алексеев М.О., Кудров М.А. Моделирование полета пассажирского самолета в вихревом следе // ТРУДЫ МФТИ. 2020 Том 12, № 4 С. 177-184 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-poleta-passazhirskogo-samoleta-v-vihrevom-slede> (Дата обращения: 17.12.2021)
4. Gerz T., Holzapfel F., Darracq D. Aircraft Wake Vortices // WakeNet Position — 2011. URL: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2011> (Дата обращения: 09.02.2022)
5. Hoogstraten M., Visser H. G., Hart D., Treve V., Rooseleer F. Improved Understanding of En Route Wake-Vortex Encounters // Journal of Aircraft, 2015, С. 981-989 URL: https://www.researchgate.net/publication/277917784_Improved_Understanding_of_En_Route_Wake-Vortex_Encounters (Дата обращения: 21.12.2021)
6. Xiaoying L., Xinyu Z., Xiaochun Z., Hongwei Z., Bingyi L. Observation of Aircraft Wake Vortex Evolution under Crosswind Conditions by Pulsed Coherent Doppler Lidar — 2020 (Дата обращения: 06.02.2022)

Семантическая модель познания в интеллектуальных системах

Барашков А.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Нетребская О.Н.

МАИ, Москва

The purpose of the research is to show the importance of studying the work of the cerebral cortex for designing intellectual systems. The task of describing the perception of being the human mind, perception and processing of new and available the information are relevant not only in the framework of the study of the nature of human consciousness by philosophers and scientists, but also in terms of developing the latest technologies in the field of robotics, artificial intelligence (AI), projects to create methods for simulating functioning human thinking.

In modern technologies in the field of AI, such as deep machine learning methods (neural networks), computer vision and others the principle of similarity is applied — the program correlates (looks for similarity) the object under study (it can be an image or voice intonation in speech recognition systems) with a set of others which it has already "seen", "studied" and formed a certain base of "knowledge" on their basis. In other words, in the operation of modern intelligent systems, a semantic model is implemented — a model in which the "understanding" of the "meaning" (semantics) of the processed data is provided by the computer algorithm.

To develop a semantic model of the human mind it is necessary to analyze deep processes taking place in the human brain.

The phenomenon of consciousness is connected in certain, but yet little understood way, with cellular activation in the neocortex. Neocortex — cerebral cortex — is responsible for higher cognitive functions (speech, writing, problem solving), and also controls analytical and mathematical thinking.

The primary attribute of human consciousness is the ability to create new models of behavior in conditions of unknown experience, research activity. Particularly significant is the ability of a person to abstract research, closely related to the physiological structures of the brain. Through a process of exploration based on novelty, the "chaos" that constitutes the unknown becomes a predictable "cosmos." Russian philosophers, representatives of the philosophy of integral knowledge, believed that the appearance of concepts denoting things is connected first of all with the separation of a thing "from a continuous, undivided, chaotic mass" of being.

However, when developing AI systems it is necessary to take into account that consciousness and intelligence are formed in the conditions of society, joint activity of individuals. Even Aristotle defined human as a "social animal". A person lives in a very complex social environment, characterized by a constant exchange of information. Existence in society implies a variety of channels for its receipt: the ability to verbal and wordless (mimic) communication; numerous texts; the ability to learn from those who perform actions in ordinary life, in a fictional novel or on stage, etc. The information is collected through active research and changes in the process of constant communication between individuals and entire generations.

Thus, semantic maps, i.e., maps of the "understandable part of the world", are, to a large extent, maps of patterns of action — types of behavior worked out as a result of creative research and changed during use in the process of communication in society.

References

1. Джоржан Питерсон. Карты смысла. Архитектура верования. Питер. 2020
2. Лосев А.Ф. Вещь и имя // Лосев А.Ф. Бытие. Имя. Космос. М., «Мысль». 1993. — с. 815
3. Нетребская О.Н. Целное знание как методологическая основа разработки систем искусственного интеллекта / Сборник тезисов докладов 19-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика» М., МАИ 23-27 ноября 2020 г. — с. 429
4. Daniel L. K. Yamins, На Hong. Performance-optimized hierarchical models predict neural responses in higher visual cortex. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. 2014
5. O Netrebskaya Integral knowledge as methodologic foundation for design of Artificial Intelligence systems 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1925 012064

Особенности акронимов в англоязычных аэрокосмических текстах

Бернацкий М.С., Резвая С.О.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

The purpose of this study is to examine and consider the use of acronyms in aerospace texts. The translation of professional vocabulary, being the basis of scientific translation, is an important means of intercultural communication and constantly attracts the attention of researchers. Theoretical and methodological guidelines for the translation analysis of terminology, the multidimensionality of interrelated problems require the creation of modern integrated approaches to the study of terminology, in particular aviation terminology; the identification of the characteristic features of acronym translation along with the need for technical translation create a solid foundation for scientific research to optimize the translation process, and, therefore, determine their relevance and timeliness.

It is worth starting with the fact that acronyms are words that are formed from the initial letters of other words. Acronyms are a type of abbreviation. The most common, widely used acronyms are likely to be assimilated into the language, becoming words in their own right.

A simple example of an acronym used in aviation is MIRL — Medium Intensity Runway Lights or HEMS — Helicopter Emergency Medical Services. Many researchers characterize acronyms as a phenomenon that exists in every language.

The phonetic structure of the initial abbreviation is extremely specific; it hardly fits into the phonological system of the language. It is because of this that initial abbreviations tend to follow the usual, typical phonetic structure of the word: COTS — Commercial off the Shelf.

That is why letter abbreviations tend to become acronyms: thus, the acronym MALLAR — Manned Lunar Landing and Return is preferable to the initial abbreviation MLLR with the same correlative.

It is important to note that there are several types of acronyms, for example, acronym homonyms are explicit words specifically created for nomination — usually in the context of limited language collectives.

Thus, it can be argued that aviation terminology is replenished by the formation and subsequent standardization of new concepts introduced at the expense of a stable terminological combination expressed in the form of an acronym. A number of intralinguistic factors, such as the development of written communication among aviation structures and specialists; the situation, the context, the commonality of language skills of native speakers and the stereotype of the derivative unit contribute to the wide spread of acronyms. Acronyms perform the task of encoding and transforming information, and from the point of view of intralinguistic factors are formed according to certain linguistic models.

References:

1. Kubyshko I.N. Phonetic and Graphical features of the translation of abbreviations in English // Proceedings of the conference Language. — Omsk: Omsk State Technical University, 2016. — P. 112-117.
2. Shpalchenko E.P. Topical issues of the emergence of acronyms and abbreviations in the paradigm of language globalization processes (on the example of military aviation terms of the English language) // Studia Germanica, Romanica et Comparatistica. Volume 16. № 1. — Donetsk, 2020. — P. 25-43.
3. Khrolenko A.G. The difficulty of translating acronyms in scientific and technical literature // Proceedings of the conference Language. — Omsk: Omsk State Technical University, 2015. — P. 210-212.

Особенности канадской версии английского языка

Богдановский Г.В., Феник А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

The purpose of this scientific research is to examine the phonetic, lexical and grammatical features of Canadian English.

Phonetic peculiarities of the Canadian version of English tend to resemble more the American norms of pronunciation, although there are some differences between those two resembling types of English.

One of the typical features of Canadian English can be the absence of concept of vowel length. Basically, short vowel sounds tend to be prolonged when the syllable they are in is stressed, especially when a speaker changes their tone, for instance, at the end of the utterance when the intonation falls or rises depending on the context.

Diphthongs are more similar to the American pronunciation. As an example: [au] is pronounced with a higher pitch of its first element when the diphthong is located before a voiced consonant at the end of a word (Down, cow, house, wow).

Also, it is more prestigious to sound like a British when pronouncing words such as news, duke, suit etc., inserting the [ju:] after the alveolar consonant sound, but basically, under influence of American English people stick to use the American norm, where the first element of the diphthong is supposed to be voiceless turning the diphthong into a prolonged monophthong [u:]

The pronunciation of words such as dance, class, bath is American, where instead of voicing a long [a:] sound they use the [æ] sound.

As for vocabulary, Canadian national English has its own peculiarities, as well as any other form of English. The enormous cluster of words was produced in Canada since a lot of different cultures and different people have lived there. The vocabulary will only be understood by native Canadians. Here are some examples: the word “fog-eater” is used for describing the rainbow. The phrase “salt fishing” is used to describe the process when fishers salt caught fish that they just hooked out of water. The word “caribou” describes a deer. Furthermore, there is the dictionary of Canadian terminology that specifies this version of English as the whole and depicts its features.

When it comes to writing Canadians are used to mixing American and British ways of writing words. For example: Canadian would write “centre” meanwhile in the US a native speaker would write “center”, though Canadians and Americans are the same at writing such words as “airplane”, “organize”, “realize”, “tire”.

Grammar norms mostly stick to the British standard, although the tendency of declining usage of Past perfect continuous and replacing it with Past perfect takes place and this is the significant change of grammar.

To sum up, Canadian English is a particular version of the language with its own peculiarities and features by which we can distinguish it from any other standard of English. Becoming a separate variant, it was influenced by such factors as multiculturalism, multinationality as well as the rich history of Canada.

Особенности употребления частиц в текстах авиационной тематики

Ежовкина У.С., Зимина А.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

At present, science and technology are developing rapidly, and translation studies follow this development. Aviation is actively developing as well as other areas related to it. However, unfortunately, today few researches study the aspects of the proper use of particles in aerospace texts. This determines the relevance of this study.

The object of the study is to reveal the frequency of the use of particles and their types in aviation texts.

The purpose of this study is to examine and consider the aspects of the proper use of particles in aerospace texts.

In accordance with the purpose of the study, the following tasks were identified:

1. Define particles
2. Study particle classification
3. Determine the frequency of the use of particles in aviation texts
4. Find out exactly which particles are common in aviation-themed texts
5. Draw a conclusion from statistics

It is worth starting with the definition of participles in English. Particles are auxiliary words that express additional semantic shades of sentences, phrases and individual words. So, for example, a particle can relate to a whole sentence and can give it the character of a question; the particle even enhances, emphasizes the meaning of phrases and words. In addition, particles can express emotional shades of meaning. Particles express the general logical-semantic, emotional and modal-volitional shades of a word or phrase, as well as the sentence as a whole. In their function, particles are opposed to prepositions and conjunctions that express grammatical meanings.

Particles can be both prepositive and postpositive in a sentence. Most of the particles do not have a permanent place in the sentence.

Speaking about the classification of particles in English, particles can be divided into 5 main groups:

1. limiting particles
2. intensifying particles
3. specifying particles
4. negative particle
5. additive particle

The scientific analysis of particles was conducted in this work. The analysis was carried out on the basis of the aerospace text in the English language. As a result of this analysis it was found out that 50 percent of examples are occupied by limiting particles, the remaining 50 percent are divided among intensifying and negative particles.

In general, it can be concluded that the text under analysis is dominated by particles that emphasize a certain word or limit the idea expressed by it, as well as particles that enhance the meaning of the corresponding word or emphasize its significance and the negative particle "not".

References:

1. Makoveeva S.E. Particles in Modern English — St. Petersburg, 2001. — 169 c.
2. Minchenkov A.G. English particles. Functions and translation. — M., 2004. — 96 pp.
3. Muryasov R.Z. Grammatical peculiarities of particles. — St. Petersburg, 2018. — 521 pp.

Приемы формирования и развития переводческих компетенций

Каралюнец К.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Одной из актуальных задач современной дидактики перевода является поиск эффективных приемов формирования и развития профессиональных переводческих компетенций — языковой, коммуникативной, технологической, операциональной, текстообразующей, компенсаторной, предметной и социокультурной.

Проведенное нами исследование широкого спектра используемых в настоящее время в преподавании перевода приемов обучения (упражнений и заданий) позволяет утверждать, что не все они достаточно продуктивны и результативны. Причинами этого являются следующие: несоответствие задачам и этапу обучения, а также характеру формируемых компетенций, нелогичность расположения, непоследовательность предъявления, отсутствие системности, использование неактуального, а зачастую и вовсе устаревшего языкового, речевого и текстового материала.

Будучи базисной методической категорией, прием традиционно рассматривается как элементарное обучающее действие, направленное на сообщение студентам знаний и

формирующее у них навыки, и/или развивающее умения. Следовательно, всякий прием в обучении переводу должен иметь своей целью решение конкретной лингводидактической задачи, достигая при этом определенного обучающего эффекта, создавая благоприятные условия и стимулируя обучающихся к осуществлению учебной деятельности.

Таким образом, комплекс упражнений и заданий, направленных на формирование и развитие профессиональных переводческих компетенций, должен подчиняться логике процесса обучения тому или иному виду переводу, учитывать уровень языковой подготовки студентов, быть релевантным этапу и условиям обучения, обеспечивать системность и последовательность овладения знаниями, навыками и умениями.

Для того, чтобы результативно выполнять свою основную дидактическую функцию, эти приемы также должны соответствовать следующим принципам обучения переводу: учитывать межязыковой и межкультурный характера процесса перевода, обеспечивать необходимый уровень адекватности и эквивалентности, учитывать вторичный характер процесса перевода, опираться на теорию перевода при обучении практическим навыкам и умениям, поэтапно формировать ключевые компоненты профессиональной переводческой компетенции, обеспечивать аутентичность и оригинальность учебных материалов, алгоритмизировать процесс обучения переводу, ориентировать обучаемых на овладение профессионально значимыми качествами, учитывать взаимосвязь сознательного и интуитивного при обучении переводу, принимать во внимание специфику условий протекания переводческого процесса, а также психофизиологических механизмов, релевантных тому или иному виду перевода, компонентного состава переводческих навыков и умений, формы репрезентации переводного текста, структуры перевода, его функций и результата.

Список использованных источников:

1. Егорова Л.Ф., Чуксина О.В., Яновская Г.С. Приемы обучения переводческой деятельности в неязыковом вузе // Труды МАИ. 2007. № 27. С. 3.
2. Зайченко А.А. Подготовка переводчиков: методика содержательного дуализма // Высшее образование в России, 2006. № 4. С. 103-105.
3. Зайченко А.А. Организационно-педагогические условия оптимизации языковой подготовки переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 2. С. 399-401.
4. Астафурова Т.Н., Вишневецкая Н.А. Формирование иноязычной профильной компетенции у студентов экономических специальностей (немецкий язык). Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. 170 с.

Концепция разработки пособия по аэрокосмическому английскому языку в помощь студентам инженерам аэрокосмической специальности

Кокутина А.С.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

The relevance of this work is determined by the need to improve the level of training interpreters and engineers for the aerospace industry, the competition in which is constantly growing today.

The hypothesis of the study lies in the assumption of a possible improvement in the efficiency of mastering the aerospace vocabulary by linguists and engineers with the help of the tutorial developed by the author in English, reflecting the basic terminological groups on the topics "Rocket science", "Design of aircraft", "Aircraft operation".

The study of the works of such scientists as Klimzo B.N., Sdobnikov V.V. allowed the author of the study to suggest that students of linguistic and engineering departments who are not familiar with engineering or grammatical terms need to be immersed in the aerospace environment and trained by special tutorial.

The concept of the future allowance is based on the following positions:

1. the availability of educational material based on the visual semantization of active vocabulary (basic aerospace diagrams, models of the design of aircraft, helicopter, launch vehicles are presented, texts of an aerospace area are given);

2. logical and structured sections are achieved by systematizing the material into sections for better understanding;

3. interdisciplinary approach, "linguistic guessing", the integration of linguistic and sociocultural knowledge.

The tutorial consists of sections:

1. Introducing a new term.

a. Meaning of the word.

b. Practicing pronunciation.

c. Spelling work.

d. Term in context.

2. Active vocabulary.

a. Teaching reading and writing, developing listening, speaking skills based on authentic materials;

3. Consolidation and development of basic grammatical rules on the aerospace vocabulary.

The author is based on the following already existing textbooks: Philip Shawcross "English for aircraft system maintenance 2", C. Douglas Billet "Ready for Take-Off. Standard Aeronautical English".

At present the author has developed the first chapter containing

1. Grammar material

"(c) Grammar revision. Past Simple VS Past Perfect.

1. The aircraft (___) without incident in a field of long grass. After loading a passenger, take-off speed could not be attained in the distance available, due to the long grass. (to land)"

2. Exercises to develop reading skills

a) "Choose the right picture to the definition."

b) "Do the crossword puzzle below."

3. Tasks for updating the specialty dictionary

a) "Study abbreviations on page 2."

b) "Complete using the verbs in the box on page 2."

1. "Many modern jet engines have a (___). This automatically controls the flow of fuel to the engine combustion chambers by the fuel control unit."

Approbation of the prepared exercises takes place with the participation of students of the first — second year.

The author sees problems in the lack of motivation, non-involvement in translation activities in the engineering profile from the first years of study. Also, in the lack of speaking skills and vocabulary in English by engineers.

According to the results of the study, the proposed hypothesis is correct. The following conclusions are made:

1. To improve the efficiency of mastering the aerospace vocabulary, the creation of a tutorial for teaching aerospace terminology in English is necessary.

2. It is important for students of linguists to immerse themselves in the aerospace environment, visit engineering laboratories, aerospace exhibitions, and conferences.

3. It is significant for students of engineering specialties to have a lot of speech practice and improving their active vocabulary both in everyday language and aviation English.

References:

1. Аникиева И.Г., Овсянникова М.Н. Методологические основы иноязычной подготовки в вузе авиационного профиля // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. 2017. №1.1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-osnovy-inoazychnoy-podgotovki-v-vuze-aviatsionnogo-profilya> (дата обращения: 07.02.2022).

2. Климзо Б.Н.. Ремесло технического переводчика. М.: «Р.Валент», 206. — 508с.

3. Комиссаров В.Н. Современное переводоведение. Учебное пособие. — М.: ЭТС. — 2002. — 424 с.

4. Коротаева, И. Э. Интернационализация образования как перспективное направление развития российских вузов (на примере международной магистратуры МАИ — ШУЦТ) / И. Э. Коротаева // Проблемы современного педагогического образования. — 2020. — № 66-2. — С. 175-178.

5. Сдобников, В.В. С27 Теория перевода: [учебник для студентов лингвистических вузов и факультетов иностранных языков] / В.В. Сдобников, О.В. Петрова. — М.: АСТ: Восток—Запад, 2007. — 448 с.

6. Krivova A.L., Kalliopin A.K., Korotaeva I.E., Shafazhinskaya N.E., Ermilova D.Y. Social Networks as a Means of Monitoring Students' Progress. Propósitos y Representaciones. May. 2021, Vol. 9, SPE(3), e1264

Основные подходы к обучению специальному письменному переводу

Кузнецова П.М.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Современный этап развития дидактики перевода характеризуется широкой вариативностью представлений о целях, задачах и содержании обучения; мозаичностью и эклектичностью используемых методов; отсутствием единого мнения относительно приемов, форм и средств обучения.

Сложившаяся в высшей школе ситуация с преподаванием перевода неизбежно требует анализа, оценки, осмысления и обуславливает актуальность изучения основных подходов к преподаванию специальному письменному переводу.

Транслатологическая дидактика, являясь достаточно молодой отраслью научного знания, находится в постоянном поиске эффективных принципов обучения переводу и нуждается в разработке не только методологических основ, но и в установлении базовых закономерностей обучения переводу в зависимости от его вида, конкретных условий преподавания, уровня языковой подготовки обучаемых, этапа обучения и предметной специализации.

Целью проведенного нами исследования являлось выявление доминирующих в отечественной профессиональной лингводидактике практических моделей обучения специальному письменному переводу.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- Установить содержательную специфику профессиональной подготовки письменных переводчиков в ведущих вузах страны;

- Определить теоретические основы обучения специальному переводу и провести анализ имеющихся в отечественной науке исследований по вопросам обучения специальному переводу;

- Выявить методы, реализующие тот или иной подход к преподаванию специальному письменному переводу;

- Определить обоснованность выбора приемов, форм и средств обучения специальному письменному переводу;

- Осуществить классификацию выявленных подходов на основе учета ряда лингвистических, педагогических и психологических факторов.

Теоретическую базу исследования составили работы Е.В. Аликиной, И.С. Алексеевой, В.В. Алимова, Н.К. Гарбовского, Н.Н. Гавриленко, М.П. Брандес, В.А. Иовенко, А.А. Зайченко, В.Н. Комиссарова, Л.К. Латышева, Л.Л. Нелюбина, О.Г. Оберемко, В.И. Провоторов и др.

В качестве материала были использованы учебники и учебные пособия по специальному письменному переводу, научные статьи, доклады на научных конференциях и монографии.

В результате проведенного исследования нами были выявлены и классифицированы следующие подходы, определяющие стратегию преподавания специального письменного

перевода на современном этапе: проблемно-аналитический (В.Н. Комиссаров); комплексный (И.С. Алексеева); междисциплинарный (Н.Н. Гавриленко); сравнительно-сопоставительный (Н.К. Гарбовский, А.В. Федоров, А.Д. Швейцер); интегративный (Е.В. Аликина, А.А. Зайченко); текстоцентрический (М.П. Брандес, С.А. Королькова, В.И. Провоторов); коммуникативно-функциональный (О.В. Петрова, В.В. Сдобников); компетентностный (Е.В. Поршнева, Т.С. Серова, А.В. Штанов); стратегический (А.Н. Базуева).

Полагаем, что осуществленный нами анализ и разработанная классификация подходов к преподаванию специальному письменному переводу будут способствовать совершенствованию дидактики перевода и разработке наиболее эффективных моделей обучения. Однако заметим, что ни анализ, ни классификация, безусловно, не являются полными и всеобъемлющими и подлежат дополнению и уточнению.

Список использованных источников:

1. Аликина Е.В. Педагогика перевода: монография. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. 168 с.
2. Аникеева И.Г., Искандарова О.Ю. Формирование готовности студентов-переводчиков факультета иностранных языков к будущей профессиональной деятельности на основе профессионально-информационного подхода. М.: Изд-во МАИ, 2005. 90 с.
3. Белькова Е.В. Методика обучения абзацно-фразовому переводу студентов экономического вуза (дополнительная квалификация, английский язык). Иркутск, 2009. 197 с.
4. Гавриленко Н.Н. Междисциплинарный подход к обучению отраслевого переводу // Вопросы методики преподавания в вузе. № 29. Т. 8. № 29. С. 12–23.
5. Дидактика перевода: традиции и инновации: монография / В.В. Алексеева, Е.В. Аликина, Д.А. Алферова [и др.]; под общ. ред. Н.Н. Гавриленко. Москва: ФЛИНТА, 2018. 224 с.
6. Зайкова И.В. Специфика специального перевода как объекта преподавания и обучения // Вестник Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н.А. Добролюбова. Вып. 5. Лингвистика и межкультурная коммуникация. Нижний Новгород: НГЛУ им. Н.А. Добролюбова, 2009. С. 98–104.
7. Зайченко А.А. Подготовка переводчиков: методика содержательного дуализма // Высшее образование в России, 2006. № 4. С. 103–105.
8. Зайченко А.А. Организационно-педагогические условия оптимизации языковой подготовки переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ. Пятигорск: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 2. С. 399–401.
9. Методические основы подготовки переводчиков: обобщение опыта: коллективная монография / Под общ. ред. В.В. Сдобникова. — Н.Новгород: НГЛУ, 2017. — 238 с.
10. Фалькович Ю.В. Организационно-педагогические условия формирования переводческой компетенции студентов: дисс. ... канд. пед. наук. Новокузнецк, 2010. 225 с.

Современные грамматические тенденции английского языка

Кэлих А.Е., Дешковец В.В., Погорельцева Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

The purpose of the research is to analyze the latest trends in English grammar as the language is a living organism and under the influence of external factors it changes gradually. Modern tendencies in the development of English language can be seen in nearly every sphere of human's life.

The study of this topic constitutes an integral part of a dynamic process of examining grammar as well as the spoken language. Authors examine advanced idioms, acronyms, loanwords, blending-formed abbreviations, and etc. Examples of highly specialized vocabulary, terminology are given, the study of which allows not only to study modern literature in English, but also to negotiate, participate in international conferences and exchange views with foreign colleagues.

English grammar is undergoing significant changes. Native speakers tend to speed up the process of writing, and for this reason they skip vowels in words, or use them in a form close to the pronunciation option.

Unification for the purpose of international use leads to a reduction in the volume of lexical units and a simplification of grammatical forms so that it can become a convenient and simple means of international communication.

In search of a system of verb tenses that replaced the binary tense system of the Old English language, which arose as an expression of the idea of time as contrasting the present and future tenses with the past, two discussions of changes can be seen. The first pattern is the use in all cases of the extended forms at the expense of simple forms. This change stems from the desire to give the action described by the verb more liveliness and realism. The second one is the desire to simplify speech in order to make it more convenient for everyday communication.

Speaking about the English language, two main trends in its development should be noted. The first is further unification for international use, which leads to a reduction in the volume of lexical units and a simplification of grammatical forms so that it can become a convenient and simple means of international communication. The second trend is the internal development of the language, a change in the norm within the English-speaking community.

The general trend is, of course, unification and simplification, dictated by the rhythm of modern life, its dynamism. All these factors have a great influence on grammar, in consequence of which it undergoes great changes.

References:

1. Mushtat A.R. The development trends and use of abbreviations in different areas in English language. — Krasnoyarsk, 2019. — Pp. 146-148.
2. Tarazbiev A.A. Tendencies of development of reduction as a word in English language. — Ufa, 2017. — Pp. 40-43.
3. Antonenko S.S. Modern tendencies and perspectives of English language development / S.S. Antonenko, A.S. Kucherenko. — Krasnodar, 2019. — Pp. 103-106.

Exploring the Modality of the English Technical Language

Лелюк С.В.

Научный руководитель — профессор, к.фил.н. Курбакова С.Н.

МАИ, Москва

Relevance. Modern advancements in science and technology pose new challenges for professional communication of representatives of different countries, with special attention paid to the quality of translation of technical texts. The skills demanded of a new generation of translators are surprisingly traditional; many of the basics one would identify as a good command of both languages (original and target), precision and accuracy in dealing with professional technical terminology. However, the ability to communicate and engage in a wider variety of contexts of professional communication represents a new demand upon the skillset of a translator or interpreter. A new confidence is required for a mediator to catch the modal meaning of texts for effective communication between the professionals.

Subject. The use of modal verbs and their equivalents in the technical texts about aviation constitutes the subject of the present research.

Research methods. The research has been performed with the methods of logic, contextual and semantic analysis.

Hypothesis. To provide effective professional communication a translator/interpreter should have the ability to assess the modality of the text and offer a relevant equivalent in the target language.

Analysis of the authors' works. Technical translation has traditionally been studied from the point of view of terminology and professional slang. But recent developments in professional communication and a leap in the number of technical articles published in journals and magazines, aside from a growing interest in technical literature, have required scientists to explore the so-called delicate side of such texts — modality, which shows the attitude of the author to the subject of his article. Anikeeva I.G. insists 'revealing verbal representations and cognitive features of the ethno specific' concepts should be in the focus of a translator. Moreover, Lysenko S. V. points out the 'activity-based representation of aviation English' which promotes better understanding of

differences of the usage of the English and Russian technical terms. Denisova O. I. argues profound knowledge of grammar is the basis for success in translating technical texts. This serious approach to technical translation is also applicable to develop scientific and creative potential of students. The authors believe the verbal means of expressing modality vary greatly due to differences in the character of professional communication. Besides, the scholars and educators assume modern digital platforms and expanding communication in e-environment pose great challenges and provide new opportunities for both students and educators. The recent researchers have pointed out 'the necessity of constant upgrading of technical knowledge' of translators/interpreters. Thus, it seems necessary to thoroughly explore the verbal means of modality in the technical texts.

Conclusion. The research has demonstrated a limited number of modal verbs used in the texts of instructions, manuals and recommendations. They all have the meaning of 'obligation, recommendation'. These cases didn't cause any difficulties in translation. It has also become evident articles in journals and magazines on some technical subject contain modal verbs and their lexical equivalents with the meaning of 'probability', 'capability'. This may require a rethink of the approach toward choosing the appropriate equivalent due to the purposes and general context of communication.

Ellipticity of a technical text and its means of translation from English into Russian

Лыков А.А.

Научный руководитель — профессор, к.фил.н. Курбакова С.Н.

МАИ, Москва

Relevance. Syntax has traditionally been one of the most complicated aspects of translation due to evident disparities between the verbal systems of the Russian and English languages. Recent advancements in the cognitive science have explained the mechanism that promotes creating and functioning of elliptical structures in speech. However, informal modern professional communication is fraught with such structures, and ellipsis is still deemed a challenge in translation. The transformation techniques need further assessment and improvement.

Subject. The functioning of ellipsis in aviation texts and the transformation techniques in translation make the subject of the present research.

Research methods. The research has been performed with the methods of logic, contextual and semantic analysis.

Hypothesis. Translation of elliptical structures requires a good command of grammar of both languages (original and target) and application of transformation potential, when engaged in a wide variety of contexts of professional communication.

Analysis of the authors' works. A number of works of well-known scientists are devoted to the study of problems of text organization, namely in the sphere of aviation. In the first place Anikeeva I.G. suggests that text organization should be characterized on the basis of 'revealing verbal representations and cognitive features of the ethno specific' concepts [1]. Moreover, this approach is applicable both to grammar features of a text, its logical and emotional aspects. Ivanov N., Komissarova E., Kryukov A., Lysenko S. highlight that the 'analysis of the current state of translation in the English-Russian sphere has shown that at the moment when translating texts, there are some difficulties associated with semantic, linguistic, and cultural differences between the two languages. It was concluded that any transformations made during the translation of a text are aimed at overcoming the differences in the communicative structure of English and Russian utterances' [3, 5]. Scholars insist on defining the main functions of ellipsis in textual organization as assisting in underlining the topic-comment correlation which constitute the basis of appropriate transformation of the elliptical structures in translation [2, 4]. By giving the priority to the development of cognitive abilities of students [6], the researchers put emphasis on recognizing these structures in a text and selecting the appropriate technique of expressing the idea in the target language without any distortion.

Conclusion. The research has demonstrated an increasing use of elliptical structures in professional communication, as they considerably increase the persuasive impact of a text and make speech laconic.

References:

1. Anikeeva I.G. Language explication of the conceptualized meanings in ethno-cultural and socio-political aspects of discourse./ Tameryan, T.Y., Zheltukhina, M.R., Anikejeva, I.G., Arkhipenko, N.A., Soboleva, E.I., Skuybedina, O.N. Opcion. Volume 36, Issue SpecialEdition26, 2020, Pages 456-475. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/opcion/article/view/31725>
2. Bloh M.Ya. The theory of the English grammar. / M.: Vysshaya shkola, 1983.
3. Dozhenkov V.N. The impact of mobile technology (byod) and the use of authentic video materials on students' learning effectiveness/ Skrylnikova O.A., Belyakova T.E., Dolzhenkov V.N., Shugaeva E.A., Romanovich V.K. REVISTA INCLUSIONES. Volumen 7 / Número Especial / Octubre — Diciembre 2020 pp. 697-709. <https://revistainclusiones.org/gallery/47%20VO>
4. Hudyakov A.A. The theoretical foundation of the English grammar. — M, 2005. — pp.62-65.
5. Ivanov N., Komissarova E., Kryukov A., Lysenko S. The Features of the Translation of Monorhemes and Diremes from English into Russian. International Journal of Society, Culture & Language (IJSCL). Volume 9, 2 (Themed Issue on Modern Realities of National Languages of CIS Countries). Summer and Autumn 2021. Pages 10-18. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85116886466&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=d8e264274067dca0aa24bca20fc853c4&sot=b&sdt=b&sl=91&s=TITLE%28The+Features+of+the+Translation+of+Monorhemes+and+Diremes+from+%e2%80%8eEnglish+into+Russian%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
6. Kurbakova S.N., Kurbakov A. Developing Students' Cognitive Abilities in E-Learning Environment/ Kurbakova, S.N., Volkova, Z.N., Kurbakov, A.V. Developing Students' Cognitive Abilities in E-Learning Environment ACM International Conference Proceeding Series. 2021. P. 124-130. 169547. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85108179583&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e30fea54a2ab5bc6b93069f8f5d69585&sot=b&sdt=b&sl=73&s=TITLE%28Developing+Students%27+Cognitive+Abilities+in+E-Learning+Environment%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

Грамматические особенности англоязычных экономических текстов

Монахова З.Ю., Филипович П.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

Thus, the relevance of the topic is determined by the need to study the theory of special economic translation, since the topic is little studied, but quite important.

Touching upon the practical significance of the work, it consists in using the results of the study when working with economic texts and translating them from English into Russian.

The purpose of the work is to identify the linguistic features of the translation of economic texts, namely from English into Russian.

Based on economic articles, we have to:

- To identify language features that are typical for English-language economic texts
- Study and analyze economic articles

The distinctive features of economic texts include:

1. Significant saturation of the materials used with economic vocabulary, the main part of which is economic and financial definitions.

2. The presence of special idiomatic formulations in texts on financial problems, as well as idiomatic combinations that are not used in any way or are extremely rarely used in the general literary style.

3. The presence of certain rhetorical deviations from general literary norms in some cases is quite significant. These include examples such as:

a) the widespread use of elliptical constructions (abbreviated, without articles, such sentences are usually constructed from a subject and a minor term, which is combined with verbs of movement, stay of speech, thought, active action.)

especially in economic documents, the form and content of which vary within small limits (Reports, decisions, summaries);

b) the presence of official style turns in documents covering general or financial issues;

4. The presence of abbreviations, most of which are used only in economic texts, as well as documents.

In economic articles, in addition to special vocabulary and definitions, there are also commonly used vocabulary, but here it is necessary to take into account the relevant factors: one part of commonly used words (work, company, office) does not cause problems in translation. The other part can be divided into the following groups:

1. Words used in meanings other than everyday use.

Some auxiliary words deserve special attention, such as for, as, since, after, before, etc. A characteristic feature of these words is that they can perform the functions of different parts of speech and, in addition, some of them have different meanings within one parts of speech.

2. Words and phrases that serve to express the author's attitude to the stated facts or to clarify these facts.

In the special vocabulary, there is an extensive list of word combinations that form a kind of micro-contexts with different levels of internal organization.

3. It should be noted that there is a large group of words and terms that are called "translator's false friends" (for example, data — данные, decade — десятичный, instance — экземпляр, simulation — моделирование), transliteration translation (exact transmission of characters of one script by characters another writing system, in which each sign of one writing system is transmitted by the corresponding sign of another writing system.) which leads to distortions of the meaning of the translated text.

Thus, when translating economic texts, difficulties arise in choosing a clear translation correspondence, which is an important condition for an adequate and correct translation. In order to accurately convey information, one should take into account both the grammatical and lexical features of economic texts, and stylistic ones.

Анализ англоязычных публикаций на тему:

«Авиационные альянсы: выгоды и риски»

Островская К.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рябкова Г.В.

МАИ, Москва

It is common news to everyone that some airlines belong to certain alliances, while others work alone [1]. Many people have repeatedly encountered the fact that flights booked with one carrier could be operated by another, or an itinerary booked through one airline could include flights of several carriers at once [5]. We are talking about airline alliances. The main emphasis of this thesis will be on the following questions: what exactly do airline alliances present and what benefits do customers get from them?

The current interest in the problem lies in global airline partnerships. On the materials of English-language aviation publications, we can say that there is an expanded itinerary system, a large choice of tariff options in various directions and general bonus programs. This cooperation is easy to notice during searching for transfer tickets.

There is no complete understanding of this topic without studying English-language sources on it. To begin with, let's turn to the history of the creation and development of aviation alliances. The first alliance in history was formed in 1930 [5]. One of the most famous airlines in the world at that time, Pan American, entered into an alliance with its subsidiary Pan American Grace Airways to exchange itinerary to Latin America [6].

Studying the work of Rytis Beresnevicius [4], we can trace a truly historical event. The United States and the Netherlands signed an open skies agreement, which was the first incitement for the formation of alliances, between the two countries in 1992. Only few people could imagine what changes would happen in only five years at that time. Three alliances were formed over the next few years [4]. Each of these alliances included one of the three American airlines — American Airlines, United and Delta Air Lines.

Thanks to the work of another foreign author [6], we can observe the final formation of alliances. This event has become significant in the field of passenger transportation. So, the Star Alliance was formed in 1997. Later, the One World alliance was formed in 1999. Finally, the third alliance was formed by Delta Air Lines, Aeromexico, Air France and Korean Air in 2000 [6].

Of course, the formation of alliances has benefited both passengers and airlines. Thanks to alliances, passengers discover more destinations, simplified ticket booking, quick check-in and baggage handling. The most pleasant bonuses for passengers are the opportunity to earn and exchange milli on all airlines of the alliance. Frequent flyers have more advantages, such as additional baggage allowance and access to the waiting rooms of any airline company that is a part of the alliance.

Moreover, of course, airlines benefit from membership in the alliance. First of all, it should be said that aviation companies save enough money, as they no longer need to deploy their staff around the world to service aircrafts and a huge number of passengers. Besides, participating airlines can sell more tickets and offer flights to a much larger number of destinations than they could individually.

However, there are disadvantages. To begin with, it should be noticed that the alliance can get a monopoly on hub airports. It will displace competition and airlines can raise ticket prices, so passengers will have no choice. Also, the competition often appears within the same alliance [4].

Based on the above mentioned sources, we can formulate conclusions about the importance of aviation alliances in the modern world, their advantages and disadvantages, as well as can learn about existing alliances at the moment. There are alliances all over the world at the moment. Of course, Star Alliance, OneWorld and SkyTeam remain the largest [2]. In addition, there are alliances consisting of budget airlines, such as the U-Fly Alliance and the Value Alliance [3]. The study of foreign sources became possible thanks to English classes at Moscow Aviation Institute (MAI), which contributed to the development and strengthening of professional skills, as well as helped to analyze the works of foreign authors.

References:

1. Костромина Е. В. Управление экономикой авиакомпании, НОУ «Высшая коммерческая школа -"Авиабизнес"» — М.: Авиабизнес, 2007 — 410 с.
2. Официальный сайт международного авиационного альянса «Sky Team» — www.skyteam.com
3. Официальный сайт авиакомпании «Аэрофлот» — www.aeroflot.ru
4. Beresnevicius R. 15.05.2019. Airline Alliance's Benefits and Drawbacks Explained. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.aerotime.aero/articles/23173-airline-alliance-benefits>
5. Crail C., Lupini C. 10.02.2021. What Is An Airline Alliance? [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.forbes.com/advisor/travel-rewards/what-is-an-airline-alliance/>
6. Hayward J. 24.06.2020. Airline Alliances: What Are They & What Are The Benefits? [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://simpleflying.com/airline-alliances-what-are-they-what-are-the-benefits/>

International relations of the USSR and the USA in Space explorations (the period of docking "Apollo"- "Soyuz" 1975)

Пауткина Г.А.

Научный руководитель — Картушина Н.В.
МАИ, Москва

The relevance of this topic is explained by the need to analyze the technological and other problems that arose during the period of joint work in the "Soyuz-Apollo" project, since many space programs in the modern world work on the basis of the developed cooperation model during the "Soyuz-Apollo" docking period. Therefore, no matter how interesting the scientific and technical results of the "Soyuz-Apollo" joint project were, it's also important to note the fact that

scientists, specialists and cosmonauts from two different countries were able to join forces productively, prepare and bring to life such a complex experiment.[4,5] The research and analysis of the joint work performed by people from different countries, using the example of the “Soyuz-Apollo” project, will make it possible to achieve success in such future projects as, for example, “Flight to Mars”, if they are jointly executed by all leading space powers. The purpose of this work is to identify the positive and negative aspects of the joint work of various countries in a common project, to find out the ways to overcome these problems.

In the course of analyzing information on this issue in different sources, we identified some problems that specialists had to face while preparing for this flight. In conclusion, we note that for more than three years, scientists, engineers, technicians, workers, cosmonauts in the USSR and the USA were constantly solving organizational, technical and human problems, exchanging knowledge, experience, ideas in order to complete successfully the “Soyuz-Apollo” program. And it became possible due to positive change in Soviet-American relations, the mutual desire to work together for the sake of peace and the good of people, to get to know each other, to find a common language. In our work, we wanted to show that our country has always sought to ensure that business cooperation between states on a mutually beneficial basis would bring more and more productive results. The Soyuz-Apollo program demonstrates vividly the broad possibilities and mutual benefit of joining the efforts of the two largest countries in the world in order to solve those gigantic problems that still face all mankind. These are the problems of preserving the environment, research and development of space and the oceans. Thus, an example of the successful implementation of the “Soyuz-Apollo” program in our time can serve as a good basis for conducting new international space flights and for eternal memory that only the joint work of all countries in the future will make it possible to achieve success not only in space exploration.

Типы сложных предложений в авиационных текстах

Рожкова В.С., Кулакова Я.А., Захаренкова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

The purpose of this study is to consider and study the types of complex sentences in English aviation texts. The study of such a section of linguistics as syntax, which deals with the structure and interaction of various parts of speech in sentences and phrases, is the basis of intercultural communication and association and is the most researched aspect of linguistics. Currently, syntax makes the study of language as a system and the formation of speech successful, which confirms the relevance of this study.

It is worth starting with the fact that language is the most important means of communication between people, it reflects reality in a person's mind, which means it must have a set of definite ways necessary for a speaker or a writer to express thoughts. In the language a sentence is used as a minimum unit of communication, a unit of message. At the same time, it should be emphasized that currently there is no single definition of a sentence, but there are more than two hundred variants of the definition.

Within grammatical analysis conducted in this work the difference between two main types of composite sentences in English were revealed. Compound sentences are composite sentences with conjunction between parts, which is expressed by coordinating conjunctions such as and, or, but, nor and etc. Complex sentences are a type of composite sentence, which is characterized by an internal division into two parts: the main part and the subordinate part. The sentences are connected by means of subordinating conjunctions. The main sentence obeys the subordinate clause, which assumes the continuation of the thought expressed in the main sentence. It answers one or more questions asked in the main sentence. In complex sentences, subordinate clauses perform various functions. However, the main sentence contains a lot of information, since the subordinate clause contains a predicate in its composition, which has the ability to convey the whole event. Complex sentences can be narrative, interrogative, imperative and exclamatory.

In addition, complex sentences in English are divided into the following types: subject clauses, object clauses, attributive clauses and adverbial clauses. On the basis of the research of composite

sentences in English aviation texts, the following conclusions can be drawn: considering and analyzing sentences according to their structural principle, it is worth noting that almost all types of complex sentences are employed in texts on aviation topics, but the role of complex sentences with adverbial, attributive and objective clauses cannot be overevaluated in Modern English..

References:

1. Bloch M. Y. Theoretical foundations of grammar: Studies — 3rd ed. — M.: Higher School, 2002. — 160 p.
2. Reznik R. V. Practical grammar of the English language: Textbook. — 6th ed. — Moscow: Flint: Nauka, 2000. — 688 p.
3. Smirnitky A. I. Syntax of the English language — M.: Publishing House of literature in foreign languages, 1957. — 284 p.

Роль интонации в изучении английского языка (на примере изучения темы «История развития БПЛА в России»)

Саламанов А.К.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рыбакова Л.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена важностью целей и задач профессионально-ориентированного языкового обучения; в частности, значительно возросла потребность в обучении качественной устной речи и коммуникации, а следовательно, — интонации, которая по утверждению Р. Кингдона, является «душой языка». Английский язык является наиболее трудным в технико-интонационном отношении, поскольку имеет заметное расхождение в звуковой системе с русским языком. Успешное овладение английской интонацией предполагает преодоление трудностей практического и теоретического характера, в числе которых недостаточная разработанность вопроса, отсутствие единого мнения у ученых по вопросу трактовки интонации, отсутствие пособий. Выявляются три принципа: фонетический, фонологический, понимание интонации как единства высоты тона, силы тембра и темпа произнесения фраз.

Интонация имеет важное значение, так как влияет на семантическую сторону звуковой речи. Смысл произнесенной фразы в значительной степени зависит от интонации, с которой она сказана.

Цель: показать методику улучшения интонации и её специфических особенностей в английском языке на примере текста исследования «История развития БПЛА в России», выполненного в рамках практических занятий по иностранному языку.

Объектом исследования является изучение интонационного содержания английской речи.

Экспериментальная часть.

Модель поэтапного обучения произношению с использованием аутентичных видеоматериалов включает три этапа.

1-ый этап. Студенты прорабатывают собственные ошибки, допущенные при защите исследования (в данном случае это — «История развития БПЛА в России» на английском языке). Ошибки разделяется на 4 типа:

1. интонационные; ошибки на правила чтения.
2. фонетические.
3. ошибки на правила чтения (ударные гласные в 4-х типах слога, сочетания гласных с согласными, а также слов, не подчиняющихся правилам чтения).
4. ошибки на ударение.

Фонетическая сторона речи оценивалась по 5-балльной системе:

- Речь воспринимается легко: необоснованные паузы отсутствуют; фразовое ударение и интонационные контуры, произношение слов без нарушений нормы; допускается не более пяти фонетических ошибок, в том числе одна-две ошибки, искажающие смысл — «5».
- Шесть-семь фонетических ошибок, в том числе 3-4, искажающие смысл — «4».

• Речь воспринимается с трудом из-за умеренного количества неестественных пауз, запинок, неверной расстановки ударений и ошибок в произношении слов, или сделано более 8 фонетических ошибок, или сделано 5 и более фонетических ошибок, искажающих смысл — «3».

• Речь воспринимается с трудом из-за большого количества неестественных пауз, запинок, неверной расстановки ударений и ошибок в произношении слов, или сделано более 9 фонетических ошибок, или сделано 6 и более фонетических ошибок, искажающих смысл — «2».

В ходе занятий была проведена работа по обучению интонационно-правильному чтению, включающая три этапа обучения. На первом этапе с учетом традиционного подхода предлагался обучающий комплекс, состоящий из двух блоков фонетических упражнений. Данные упражнения направлены на предупреждение типичных ошибок в произношении и преодоление языковой интерференции.

2-ой этап. На втором этапе отрабатывались рецептивно-репродуктивные упражнения для развития слуховых и произносительных навыков, усвоенных на начальном этапе

3-ий этап. На третьем (творческом) этапе студент создает свои собственные исследования: демонстрацию, анализ и объяснение речевых образцов.

Работа производилась при помощи дистанционной платформы «Webinar»

В итоге экспериментальной работы в процессе обучения интонационному чтению сделаны следующие выводы:

1. работа над словом должна проводиться до чтения текста;

2. при обучении фразовому ударению, слитному чтению ритмических групп особое внимание обращается на чтение с одинаковой скоростью;

3. имеет большее значение правильное выделение смысловых групп;

4. обязательным элементом должна быть графическая наглядность.

Список использованных источников:

1. А.Н. Бондарев, Р.В. Киричек «Обзор беспилотных летательных аппаратов общего пользования и регулирования воздушного движения БПЛА в разных странах» — URL:

<https://www.sut.ru/doci/nauka/review/20164/13-23.pdf> (дата обращения 20.09.2021)

2. Ежедельник Звезда «БПЛА: сделано в СССР»-URL: <https://zvezdaweekly.ru/news/202011271227-bONfw.html> (дата обращения 20.09.2021)

3. Ростех «Российская беспилотная авиация: история и перспективы»-URL: <https://rostec.ru/news/4516433/> (дата обращения 20.09.2021)

4. Научно-производственное объединение им. С.Лавочкина «Ла-17»-URL: <https://www.laspase.ru/company/history/aviation/jet/la-17/> (дата обращения 20.09.2021)

5. Израелян Л.А., Паршуткина Е.Э. Интонация и ее роль в английском языке.

В сб.: Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и техники. Отв.редактор: Родионов Е., 2018, С.1948-1951 <http://elibrary.asu.ru/handle/asu/6367> (дата обращения 02.03.22)

Проблемы перевода интерактивной карты-схемы терминалов аэропорта Мюнхена на английский и русский языки

Семенова О.К.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Захарова А.Н.

МАИ, Москва

Актуальность данной работы объясняется тем фактом, что для помощи в навигации иностранным посетителям аэропорта необходимо наличие корректно и правильно переведённой интерактивной карты его терминалов.

Цель данного исследования — выявить особенности перевода навигационных элементов карты немецкого аэропорта на русский и английский языки.

Гипотеза исследования состоит в том, что для обеспечения эффективного использования иноязычных версий интерактивной карты наиболее целесообразным представляется

стремление переводчика осуществить адекватный перевод посредством разнообразных переводческих трансформаций.

При осуществлении перевода переводчик нацелен на адекватность в тексте перевода, но лексические единицы одного языка не всегда имеют эквиваленты, и не всегда получается осуществить адекватный перевод с одного языка на другой. Для решения такой задачи переводчик прибегает к различным трансформациям, и если он умело их использует, то достигает не только эквивалентности, но и адекватности перевода.

Как показал обзор литературы, единая классификация переводческих трансформаций на сегодняшний день отсутствует. Многие ученые в своих исследованиях опираются на работы Я. И. Рецкера, Л. С. Бархударова и В. Н. Комиссарова. Однако во всех классификациях лингвистов предложено различное количество трансформаций. Для данного исследования были выделены следующие анализируемые способы перевода: калькирование, транслитерация или транскрипция («Иногда невозможно понять, с чем мы имеем дело, с перedayей букв или звуков» [Климзо, 2006]), метод подбора эквивалента.

Материалом исследования послужила интерактивная карта аэропорта Мюнхена на трех языках: немецком, английском, русском.

Нами была проведена классификация всей лексики и выделено 2 группы: 1) Профессиональные авиационные термины; 2) Общеупотребительная лексика (магазины, рестораны, транспорт и сервисные заведения).

Было выявлено, что при переводе слов, относящихся ко второй группе чаще, всего использовали метод подбора эквивалента: Parken (нем.) — parking (англ.) — парковка (рус.); Apotheke (нем.) — pharmacy (англ.) — аптека (рус.); Kapelle (нем.) — chapel (англ.) — часовня (рус.). Этим же способом переводились некоторые авиационные термины: Abflug/Ankunft (нем.) — departure/arrivals (англ.) — вылет/прилёт (рус.).

Словосочетания и названия сервисных служб переведены калькированием: Öffentlicher Bereich (нем.) — public area (англ.) — общедоступная зона (рус.); Service Center Flughafen (нем.) — service center airport (англ.) — сервисный центр аэропорта (рус.).

Особое внимание следует обратить на особенности перевода сложных немецких слов. Основным способом их перевода на английский язык является калькирование, при котором в основном при переводе немецкому слову соответствует словосочетание ПЯ: Sicherheitskontrolle (нем.) — security check (англ.) — пункт предполетного досмотра пассажиров (рус.); Gepäckausgabe (нем.) — baggage claims (англ.) — выдача багажа (рус.); Ärztezentrum (нем.) — medical center (англ.) — медицинский центр (рус.); Passagierbereich (нем.) — passenger zone (англ.) — зона для пассажиров (рус.). Опираясь на данные примеры, можно сделать вывод, что большинство немецких композитивов заменены на русский язык словосочетаниями с разными видами связи.

Для названия некоторых зон и объектов терминалов используются заимствованные слова из германских или романских языков, поэтому они имеют одинаковые эквиваленты при переводе на английский: Lounge (нем.) — lounge (англ.); Gate (нем.) — gate (англ.); Shops (нем.) — shops (англ.). Заимствования также проникают в русский язык, в результате чего такие лексемы переведены с помощью частичной транслитерации и транскрибирования: Restaurants (нем.) — рестораны (рус.); Taxi (нем.) — такси (рус.).

Выводы:

1. При создании русско- и англоязычных версий немецкой интерактивной карты аэропорта используются различные переводческие трансформации.

2. Основная часть выявленных в ходе данного исследования трансформаций направлена на достижение эквивалентности перевода.

Список использованных источников:

1. Климзо Б. П. Ремесло технического переводчика. Об английском языке, переводе и переводчиках научно-технической литературы. 2-е издание переработанное и дополненное. — М. «Р. Валент», 2006.

2. Трубоченинова А. А., Фейсуханова Л. С. О трудностях перевода немецкоязычных научно-технических текстов авиационной тематики. Сборник научных и учебнометодических докладов и статей. — М.: Перо, 2016.

3. Федулова А. Н. Сложные существительные в составе авиационных терминов на немецком языке: Сборник докладов VII Международной научной конференции. — Москва: Издательство "Перо", 2015. — С. 122-128.

4. Шарафутдинова Н. С. О процессах взаимодействия авиационной терминологии и общеупотребительной лексики (в немецком, английском и русском языках) Филологические науки. Вопросы теории и практики. — 2018. — № 10-2(88). — С. 385-389.

5. Malik A., Klußmann N. Lexikon der Luftfahrt. Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2018.

Особенности развития авиационно-космической терминосистемы в современном английском языке

Семенюк М.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Денисова О.И.

МАИ, Москва

Актуальность. Английский язык является языком профессиональной коммуникации. Особое место английский язык занимает в обмене специальной информацией, а именно научной и технической.

Большой пласт словарного состава английского языка составляют термины, обозначающие специальную профессиональную лексику. Это объясняется тем, что в связи с появлением новых программ и устройств требуется поиск новых или же альтернативных наименований. Терминосистема здесь выполняет ключевую функцию: организует, структурирует и кодирует специальную информацию, исходя из содержания специального текста. Изучение авиационной терминосистемы позволяет выявить общие закономерности, которые могут быть свойственны слово- и фразообразовательным процессам в современной лингвистике.

Проблема перевода технической терминологии является особенно актуальной. Термин является важнейшим средством профессионального общения, он представляет собой слово или словосочетание специального языка, создаваемое для точного выражения специальных понятий и обозначения специальных предметов, ограниченное дефиницией и местом в определённой терминосистеме. (Ахманова, 2004).

Авиационно-космическая терминосистема является совокупностью понятий и терминов определённого научного направления, и изучение ее лексико-семантической системы в сравнительном анализе в английском и русском языках носит первостепенное значение.

Терминология авиационной направленности считается одной из самых сложных для перевода, так как часто создается людьми, не являющимися носителями английского языка. Также аэрокосмическая промышленность объединяет ряд концепций из разных областей производства. Подобные обстоятельства указали на необходимость рассмотрения лингвистических проблем авиационной терминосистемы, ее формирования и определения способов адекватного перевода в авиационной отрасли.

Известно, что сам процесс развития авиационно-космической терминосистемы происходит в двух основных направлениях: выражение новых понятий и обозначение новых предметов уже существующими в языке единицами; создание новых терминов при использовании словообразовательных моделей английского языка. (Денисова, 2015: 80).

В ходе исследования мы также выяснили, что авиационно-космическая терминосистема в современном английском языке развивается как за счет заимствований, так и вследствие использования внутренних ресурсов, что привело к обогащению словарного состава языка. Так, в настоящее время количество терминов авиационно-космической направленности составляет порядка 70 000 единиц.

Предметом исследования являются особенности авиационно-космической терминосистемы.

Объектом исследования являются специализированные термины авиационно-космической тематики.

В результате исследования были выполнены следующие задачи: Проанализированы понятия «термин» и «терминосистема» в лингвистике, выявить характерные черты развития и проблемы перевода; Рассмотрены особенности специальной авиационно-космической терминологии в современном английском языке; Исследована специфика развития авиационно-космических терминов на основе англоязычных текстов специальной направленности.

Для решения поставленных исследовательских задач были использованы следующие методы: теоретический анализ, сравнительно-сопоставительный анализ, компонентный анализ, морфологический анализ.

Исходя из проделанной работы можно сделать вывод о том, что авиационно-космическая терминосистема современного английского языка продолжает пополняться и по сей день, это обусловлено достижениями в области авиации и космоса, которые привносят значительный вклад в развитие терминологической базы и расширение словарного состава английского языка.

Список использованных источников:

1. Головин Б., Кобрин Р.. Лингвистические основы учения о терминах: Учеб. пособие для филол.вузов. — М.,1987. — 104 с.
2. Гришанович И.А., Мельдианова А.В. Особенности англоязычных научных текстов авиационной и космической тематики. Успехи современной науки и образования. Белгород, 2017.
3. Денисова О.И. Особенности формирования и перевода авиационной терминосистемы с английского языка на русский государственный областного университета. Серия: Лингвистика. 2015, № 5. — с.79-83.
4. Комарова З.И. Семантическая структура специального слова и её лексикографическое описание. — Свердловск, 1991. — 156 с.

Эффективность изучения английского языка с использованием дистанционных технологий

Серкова В.А.

Научный руководитель — доцент, Белоус Н.А.

МАИ, Москва

Timeliness. In recent years distance education has become a necessary measure due to the epidemical situation in the world. Many educational institutions have switched to distance learning. There are more and more courses and educational programs on the internet both for learning English from scratch and for advanced training.

The subject of the study is the issues of increasing the effectiveness of using distance technologies of study English.

Research methods. Method of observation, analysis and personal participation in distance learning.

Hypothesis. The main reason for choosing the distance learning is the public availability and absence of geographic restriction. A person can get information in anywhere in the world. Moreover this method of education allows you to avoid of large monetary costs, for example expenses for full-time study at the university and accommodation in another city. Also the distance method of learning allows you to improve your skills in parallel with work which increase the chances of career growth.

Analysis of authors works. There are many works of well-known professors and scientists devoted to the distance study of English. Vasilenko considers that “using of new technologies is an opportunity to cooperate with the best teachers in the country and in the world”. Valeeva also adheles to a similar position and accept that the distance technologies of education allows peoples to contact with native speakers of English. At the same time Myakisheva approves that the main aspects of distance learning is interaction of a professional teacher and independent work of a

student. Sitova believes that the distance learning has great prospects for development. This method is used in many universities and as experience shows the mobility of this method is an advantage. Moreover students have an opportunity to study in flexible schedule and effective of study is increases.

Conclusion. Thus, the distance education became more popular. More and more students and teachers give preference to this method of education, because it is more convenient, more accessible and cheaper than full-time training. In our modern world technologies of study English constantly develop, and they will continue to develop in future. Besides, I suppose that distance learning programs give peoples an experience of self-control and self-discipline, what are very important qualities in a rapidly developing world.

References:

1. Василенко П. А. Дистанционные образовательные технологии при изучении морского английского языка: за и против, 2019
2. Валеева Р. Р. Васильева М. А. Изучение английского языка дистанционным методом, 2019
3. Мякишева Т. В. Современные методики дистанционного изучения английского языка, 2014
4. Сытова В. А. Дистанционное обучение английскому языку: особенности обучения аспекту аудирования студентам нелингвистических специальностей в СЗИУ РАНХИГС
5. Сушкова С. В. Особенности преподавания английского языка в условиях дистанционного обучения на примере использования различных интернет-ресурсов, 2021
6. Трайковская Н. П. Потенциал использования видеоматериалов ted talks в преподавании английского языка в ВУЗе в рамках дистанционного обучения, 2021
7. Толмачева Н. С. Дистанционное преподавание английского в ВУЗе, 2021

Significant elements in airline commercials

Слепнева Д.А.

Научный руководитель — доцент, Белоус Н.А.

МАИ, Москва

Timeless. Nowadays topics related to aviation advertising are rather actual, especially in the era of social media communication. The main task of advertisers is to make the commercial eye-catching and effective, that's why advertorials must influence audience's consciousness. Thus, skilful advertising experts integrate several essential aspects like social stereotypes into slogans, posters, video ads of airline companies to make it subliminal.

The subject of the study is some specific social stereotypes and different methods like product placement, endorsement and ambassadorship that may make modern airline advertising more appealing to the target audience.

Research methods. In the process of our linguistic research we used such methods like the method of formal logic, secondary analysis of existing data, field research, a survey, and mathematical analysis of the survey results.

Hypothesis. The industry of advertisement integrates social stereotypes to make the ads of airlines more attractive to customers. There are several other methods that can make future passengers trust air companies. Basic aspect of airline advertising is to make people feel convenient comfortable and safe, thus, the creators use some techniques like familiar plots, famous people images, colour correction and etc.

Analysis of authors' works. A great number of scientists and specialist of the advertising industry, immersed in the topic of social stereotypes in aviation commercials, study the ways social stereotypes influence the audience. The stages of information management were described in Kushvaha's and Taranenko's article and the authors wrote about such points as "the formation of personal data flow; segmentation of the information flow with the following manipulation of this information; the establishment of priority information supply and information partnership; optimization of the form and style of presentation of the material" [3]. American writer and journalist Walter Lippmann had already mentioned the significance of social stereotypes affect

public opinion about various realities of society [2]. Bubnov and Kostin admitted that social stereotypes have a place in the advertising of airlines what makes it effective [1,4]. Fedotovskih noticed the image concurrence among the firms which give people the capability to travel by plane [6]. Kobelnikov observed the specifics of several air companies' commercials in detail [5].

The research. We studied and compared approximately 50 samples of different types of the airline advertisements. To analyse people's perception of advertising we organised the quiz and asked the audience's opinion about the airline's slogans and videos quality. The quiz covered 10 points with the examples of commercial slogans and banners. 5 elements contained social stereotypes in the context, and the rest did not. The respondents weren't aware of these advertising tips and they relied purely on their perception of the content. The questions were: "How much would you pay for this advertisement? What emotions does this slogan evoke"?

The results. The survey showed that social stereotypes, endorsement and some other elements integrated in the airline advertising attract the audience. These features form the atmosphere of peace and quite what is valuable for any passenger who is going to lean on the airline service.

Conclusion. Thus, in order to create a successful promotion for any airline company advertisers should use social stereotypes and the modern industry continues the development of advertisement methods. These days endorsement and ads in social media are more popular and this tendency may be caused by the desire of consumers to rely on famous people choice.

References:

1. Бубнов В.В. Стереотипы, их использование в коммуникативных кампаниях пассажирских авиаперевозок АО «Авиакомпания "Сибирь"» // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Тезисы. — М.: Издательство «Перо», 2020. С. 825-826.
2. Липпман У. Общественное мнение / Пер. с англ. Т.В. Барчуново и Редакторы перевода К.А. Левинсон, К.В. Петренко. — М.: Институт Фонда "Общественное мнение", 2004. — С. 54. [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://royallib.com/get/doc/lippman_uolter/obshchestvennoe_mnenie.zip.
3. Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. Средства массовой коммуникации как инструмент пр-движения авиационного бренда в России. 2017. С. 203-209.
4. Костин А. А. Специфика рекламных кампаний российских авиаперевозчиков. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Том 3. 2017. С. 1079-1081.
5. Кобельков Е.А. Реклама авиационных компаний в контексте социокультурных стереотипов. Сборник тезисов работ Международной молодёжной научной конференции. 2021. С. 1411-1412.
6. Федотовских А. «PR в небе. Имиджевая конкуренция российских авиакомпаний» // Со-общение. № 11. 2001. С.16-22.

Structural types of sentences in English aviation texts

Соколовский Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдианова А.В.

МАИ, Москва

The subject matter of the current scientific research is to reveal the characteristic features and the role of sentences in English aviation texts and to point out the difficulties in translation such sentences from English into Russian.

As a result of the research conducted in this article the difference between the English sentence structure and the Russian sentence structure was established; the most prevalent type of composite, compound and complex, sentences in texts on aviation was defined.

Sentences in English aviation texts vary in their structure. It was estimated that in aviation texts the most numerous group of sentences is presented by sentences with simple structure. They constitute 67 percent of all sentences that are in general rather various by their structure. Among composite sentences the smallest group is the group that consists of compound sentences (only 6 percent of all sentences among those under analysis). The connection in the compound sentences is achieved mainly with the help of adversative conjunctions or copulative coordinators.

Complex sentences are rather common for English aviation texts. A complex sentence in almost all world's languages is a unique syntactical unit. The appropriate and correct use of it in technical texts is one of the main linguistic and translation skills. A complex sentence in general is a multifaceted phenomenon and rather difficult for analysis in any language. For the correct use of it in oral and written speech, it is necessary to know its numerous peculiarities, that is why it still arises a constant interest among Russian and international linguists nowadays.

As the conducted research showed, the difference between an English and Russian complex sentence may be in intonation with which the sentence is pronounced, in the location of the subordinate part in relation to the main one, in the rules of punctuation.

As for the structure of English complex sentences the most prevalent type is a sentence with an object clause. According to our calculations it constitutes 33 percent of all cases, then follows an attributive clause with 23 percent. Among adverbial clauses prevail adverbial clauses of place, time, comparison and sequence. It should be noted that the syndetic connection is typical for complex in English aviation texts.

To sum up, the structure and relations between parts of the sentence, especially of a composite one, are still of great interest among scientists. The central aspects of study are semantic and structural aspects of sentences that reveal the composition and meaning of these syntactical units. The detailed study of their peculiarities will simplify the process of construction sentences in English and their translation from one language into another.

The features of psycholinguistic perception of visual-text wayfinding symbols in international airports

Сычева М.Д.

Научный руководитель — к.фил.н. Макарова В.А.

МАИ, Москва

With the rise of globalisation and the rapid growth of the travel industry, the number of travellers across the globe has risen significantly. But passengers often face troubles traveling due to poor wayfinding aids in airports. Wayfinding is the process of navigating a large area. Signs are a key part of that, especially in public, high traffic areas with frequent time constraints, i.e. an airport. Signs in airports have to be clear, easily noticeable and deliver information concisely and in a manner that would be understandable to all passengers.

The paper studies psycholinguistic perception of visual-text wayfinding symbols. The psycholinguistic perception of visual-text information is dependent on a number of factors — chiefly the visual and the semantic aspects. The visual aspect is determined by the combination of the font, the font's size, the colour of the text and its contrast with the background, the usage of signs, the composition of the sign, etc. The semantic aspect is, in essence, the concept depicted by the word or symbol, that is the unity of the sign and its corresponding meaning. Only a sign with both aspects developed well will be easily comprehensible.

The purpose of this study is to analyse how the visual design of airport signage influences the level of clarity and understanding with which passengers perceive the designated semantic constructs. The objects of this study are signs found within Moscow international airports. The subjects of this study are the features of visual presentation of wayfinding information on airport signboards.

As a data collection method, the research applied a questionnaire conducted on social networks, such as Facebook and Vkontakte. The questionnaire was posed to a set number of varying passengers as to the effectiveness of airport text signboards and signs taken from Vnukovo (VKO), Sheremetyevo (SVO), Domodedovo (DME) and Heathrow (LHE) airports. The study covered 105 passengers of various age, gender, nationality, qualification and flying experience.

The questionnaire was formatted using Google Forms, programmed in the native language of the participants. A number of questions asked the participants to judge a number of subject examples, while the rest focused on the perception and comprehension of the signboards

themselves. The research is based on accessible sampling and comparative analysis of the questionnaire results from different passengers.

The study reveals that there is no general opinion represented among the participants. This suggests that people of different gender, age, nationality, education and experience with flying perceive things differently. These factors, subsequently, must influence perception and comprehension.

Participants' average responses show that upon studying the signboards the majority found them aesthetically pleasing; however certain differences were found when studying the responses in accordance with participant segmentation. Meanwhile, if we create a ranking in response to average opinion, the signboards in SVO rank first as the most comprehensive, followed by DME, then VKO and LHE.

Differences in segmented responses are evident in, for example, the fact that people who have never flown or flown extremely rarely find the signboards in DME the clearest, having little to compare it to, while frequent flyers tend to favour LHE or SVO signboards.

The general consensus regarding signs depicting airport objects is that they are sufficiently understandable to all participants. If ranking by comprehension, it is DME, then LHE, followed by VKO and SVO.

However, survey results show that there are certain issues with the comprehension of the WC symbol in SVO, while the Bank sign in LHE is thought to be the clearest; or that information desk signs are regarded as perfectly clear everywhere, while passport control symbols in VKO, SVO and LHE continue to be confusing to many and so on. Moreover, analyses of sign perception reveal that certain discrepancies can be found within the segmented responses of the participants in correlation with their age, nationality, etc.

Thus, the research clearly confirms the importance of passenger polling in wayfinding design assessment as a wide range of passengers (of varying nationality, age etc.) perceive aspects of visual-text information differently. Therefore this should be taken into account when designing wayfinding aids.

References:

1. Макарова В.А. Репрезентация категории времени в научно-технических текстах авиационной направленности на английском языке. // В книге: Авиация и космонавтика. Тезисы 20-ой Международной конференции. Московский авиационный институт НИУ. Москва, 2021 С. 631-632

2. Почестнев А.А. Анализ состояния отечественного рынка пассажирских авиаперевозок. // В книге: Авиация и космонавтика — 2017 тезисы. Московский авиационный институт НИУ. Москва, 2017 С. 650-651

Особенности наименования предприятий и объектов аэрокосмического комплекса

Тараненко Е.И.

Научный руководитель — Зайченко А.А.
МАИ, Москва

Значительный интерес в настоящее время вызывают вопросы изучения особенностей топонимики предприятий и объектов аэрокосмического комплекса России, как имеющих важное значение для жизнедеятельности страны, развития ее экономики и транспортно-логистической системы.

Настоящая работа представляет собой результат лингвистического исследования топонимической среды русского языка, в частности топонимики предприятий и объектов аэрокосмического комплекса.

Выбор настоящей темы исследования обусловлен топонимической спецификой русских названий географических объектов.

Актуальность работы обусловлена широким интересом к проблемам топонимики в целом, а также взаимодействию топонимики с такими отраслями знаний как лингвистика, география и история.

Объектом исследования выступает топонимика предприятий аэрокосмического комплекса.

Предметом исследования является лексико-семантическая специфика номинаций предприятий и объектов аэрокосмического комплекса в русском языке.

Материал исследования представлен множеством номинаций географических объектов различных регионов России. Для отбора материала использовались топонимические словари, справочники, материалы печатных и электронных СМИ. Кроме того, актуальные данные были выявлены из картографических источников и интернет-ресурсов. Основными источниками в исследованиях топонимов различных географических объектов явились научные публикации по языкознанию, ономастике и топонимике.

Теоретическую базу работы составили труды отечественных ученых, которые посвящены как общим проблемам топонимики, так и изучению частных особенностей топонимов: А.Ф. Артемовой, С.Н. Басика, В.Д. Беленькой, Л.Н. Давлеткуловой, И.Э. Коротаевой, О.А. Леонович, Э.М. Мурзаева, В.А. Никонова, Н.В. Подольской, Е.М. Поспелова А.В. Суперанской и др.

Целью работы является изучение названий географических объектов с учетом их лексико-семантических особенностей, исторического и культурного компонентов для установления теоретической и прикладной значимости системного лингвистического анализа топонимов в русском языке.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- изучить теоретические основы топонимики как раздела ономастики;
- осуществить классификацию топонимов;
- определить функции топонимов, а также особенности их употребления в русском языке;
- выявить лексико-семантические и исторические причины и условия номинации предприятий и объектов аэрокосмического комплекса;
- провести анализ современных тенденций в номинации предприятий и объектов аэрокосмического комплекса в русском языке.

Основными методами исследования являются описательный метод, этимологический метод, метод семантических исследований.

В соответствие с поставленной целью, в ходе настоящего исследования нам удалось решить изучить теоретические основы топонимики как раздела ономастики; установить различные классификации, функции и особенности топонимов; выявить лексико-семантические и исторические причины и условия номинации предприятий и объектов аэрокосмического комплекса; провести анализ современных тенденций в номинации предприятий и объектов аэрокосмического комплекса в русском языке.

Полагаем также, что аэропорты переименовывают, в стремлении вызвать у пассажиров положительные ассоциации о месте их пребывания, что потенциально несет экономическую выгоду, как для владельцев аэропорта, так и для населенных пунктов, пассажиров которых обслуживает аэропорт. Из этого можно сделать вывод, что дальнейшие исследования топонимики объектов аэрокосмического комплекса, в частности аэропортов, будут тесно связаны с такими научными дисциплинами, как маркетинг, психология и экономика.

Список использованных источников:

1. Басик С.Н. Общая топонимика: учебное пособие для студентов географического факультета. Мн.: БГУ, 2006. 200 с.
2. Зайченко А.А. Подготовка переводчиков: методика содержательного дуализма // Высшее образование в России, 2006. № 4. С. 103-105.
3. Зайченко А.А. Организационно-педагогические условия оптимизации языковой подготовки переводчиков в сфере профессиональной коммуникации // Вестник ПГЛУ: Научный журнал. Пенза: Изд-во ПГЛУ, 2009. № 2. С. 400.
4. Коротаева И.Э. Классификация ономастических реалий авиационной и космической тематики // Мир науки, культуры, образования. 2016. № 6 (61). С. 343-346.
5. Никонов В.А. Введение в топонимику. М.: ЛКИ, 2011. 184 с.

Эффективность модели team-building изучения иностранного языка студентами МАИ методом soft-skills

Шестакова К.И., Едкова К.А., Пагрушев В.С.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Неверова Н.В.

МАИ, Москва

Тема «Авиация» была разделена на разделы и распределена между студентами. Грамматические правила, диалогическая и монологическая речь, клише, использование дистанционно образовательных технологий явились неотъемлемыми требованиями в работе. Далее, мы воспользовались диагностикой типологического подхода по модели Д. У. Кейрси, используя деления на психотипы. Основные из них: стратег, дипломат, логистик и тактик имеют свои индивидуальные черты и вносят персональный вклад в команду. Затем при помощи этой модели определили психотип каждого члена группы, его ярко выраженные и слабые стороны, ожидаемый вклад в общую работу и спрогнозировали потенциальные конфликты и противоречия. Необходимо было обеспечить участие в команде студентов с различными психотипами. Последующее взаимодействие и сплочение происходило, согласно «soft skills» (мягким или человеческим навыкам). Под этим термином мы подразумеваем, исходя из российских и зарубежных источников, обозначение персональных качеств, необходимых для успешной трудовой деятельности. Он описывает личные качества при выявлении высокого уровня эмоционального интеллекта, готовности к быстрой координации и взаимодействию. Что подвело нас к следующему этапу работы. К team-building-непосредственной работе в команде, при которой мы учли распределение обязанностей, вовлечение всех членов группы с четко поставленными микро и макро задачами и сопоставления итогов работы. Подведение результатов мы представили в таблице и провели сравнительный анализ по 5-ти бальной шкале, в результате которого была подтверждена наша гипотеза. Выводы и источники литературы отражены в заключительной части исследования.

The use of drone technology in foreign language education

Шушакова М.М.

Научный руководитель — Картушина Н.В.

МАИ, Москва

Timeliness. In modern society there is a growing demand for new ways of education in order to make it more effectively and to grow up professionals with modern competences.

The subject of the study is searching for advantages of drone use in foreign language education and its possible advances in comparison with traditional way of education in the context of foreign language education.

Research methods. Methods of analysis and formal logic are used in the study.

Hypothesis. In order to improve traditional way of teaching and education it is important to use technology. Drone use is one of the ways to do that.

Analysis of the authors' works. A number of works by authors and scientists are devoted to the study of the problems of using high technologies in teaching methods and education. They examine its advantages in comparison with traditional education way. As A.P. Rogozhina and N.V. Kartushina note the development of technologies in education is an advanced field of improving education [1]. For this reason, there is a need to implement and use more technologies in classes including foreign language classes.

Taking into account the tendency of computerization, Torrey Trust considers technology as a “tool for transforming learning”. According to her, technology is the way to bring some new experience in teaching and learning that is not possible without it.

As well as new teaching experience technology affords new opportunities to learn for all students. That allows all students to be involved in the educational process because everyone has the chance to show themselves, their potential and thoughts off. Practical experience with the drone use showed that students did not just “passively consumed” [3] the information, they created their

own way to find it out, they did some researches. What is more, thanks to this kind of use of technology students were allowed to demonstrate their understanding of a topic not only by test or writing, but by making joyful research and a kind of storytelling. That allows to fulfil students' potential in learning.

In fact, in foreign language classes the drone use can successfully motivate students [2, 4]. For instance, to use an active lexis opposed to usual word repetition and learning. That is an absolute advantage of using technology in teaching methods.

At the same time, another aspect arises, which was pointed out by the authors Noel and Joe Bitner from Southeastern Louisiana University. The use of technology in classes has an impact on teacher-student relations. The drone use experiment transformed relationship between a teacher and a student in some way. During this experiment, students and teachers were both novices, they worked together in order to figure out how to use new technology. So, they became "partners in the learning process" [5] that showed positive results on classroom atmosphere and students' engagement.

Conclusion. After analyzing the works of the authors mentioned above we conclude that the use of technologies in classes plays a big role in education improvement. That allows all students to be involved in the foreign language education. So that, it is essential to make more researches on the ways of implementation of technologies into classroom management successfully, for instance, to use more videos and real models at lessons. Foreign language classes are not exception for this practice. Drone use showed the positive outcome among students' efficiency.

References:

1. Рогожина А.П., Картушина Н.В. Роль дистанционного метода обучения при изучении иностранных языков // Интернет-журнал «Мир науки», 2018 №1, <https://mir-nauki.com/PDF/13PDMN118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
2. Chou P-N. Smart Technology for Sustainable Curriculum: Using Drone to Support Young Students' Learning. *Sustainability*. 2018; 10(10):3819. <https://doi.org/10.3390/su10103819>
3. Torrey Trust (2018) Why Do We Need Technology in Education? *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34:2, 54-55, DOI: 10.1080/21532974.2018.1442073
4. Fokides, E., Papadakis, D. & Kourtis-Kazoullis, V. To drone or not to drone? Results of a pilot study in primary school settings. *J. Comput. Educ.* 4, 339–353 (2017). <https://doi.org/10.1007/s40692-017-0087-4>
5. Bitner, N. & Bitner, J. (2002). Integrating Technology into the Classroom: Eight Keys to Success. *Journal of Technology and Teacher Education*, 10(1), 95-100. Norfolk, VA: Society for Information Technology & Teacher Education. Retrieved February 9, 2022 from <https://www.learntechlib.org/primary/p/9304/>.

Секция №9.6 Связи с общественностью и реклама в аэрокосмической отрасли

Блоги пилотов в создании личного имиджа и имиджа авиакомпаний

Атабаева В.Б.

Научный руководитель — Аলেখина О.А.

МАИ, Москва

В современных условиях, когда на деятельность авиационных компаний сильное влияние оказывают экономические, социальные факторы, высокая конкуренция, перевозчики стремятся создавать положительный имидж, который будет привлекать внимание общественности и формировать группу лояльных потребителей.

Корпоративный имидж представляет собой сложную систему, в которую в том числе входит имидж руководства и персонала организации.

Таким образом, вопрос использования положительного имиджа блогеров как важной составляющей для формирования имиджа авиационных компаний является актуальным и перспективным.

Особенности формирования имиджа организаций рассматривали в своих исследованиях такие авторы как Ф.И. Шарков, А.Н. Чумиков, Е.А. Костромина, В.Г. Бакланов. Тем не менее, влияние имиджа блогеров на имидж авиаперевозчиков изучено недостаточно.

Цель исследования: проанализировать влияние имиджа блогеров—работников авиационной сферы на формирование положительного имиджа авиакомпаний.

Одним из вариантов комплексных стратегий по формированию имиджа, применяемых авиакомпаниями, является продвижение личных брендов сотрудников. В авиационной отрасли имидж персонала должен быть безупречным. Это связано с техническими сложностями, высокими рисками возникновения кризисных ситуаций по причине влияния человеческого фактора, аэрофобией.

Благодаря формированию персонального имиджа, появляется основа для успешной связи между продвигаемой персоной и ее целевой аудиторией за счёт передаваемых имиджевых сообщений.

Важным фактором, влияющим на имидж персоны, является её профессионализм и опыт. При этом вокруг продвигаемого человека создается информационное пространство.

В данной работе были исследованы блоги пилота авиакомпании «Победа» Алексея Кочемасова, пилота «S7 Airlines» Юрия Яшина, бортпроводниц авиакомпании «Аэрофлот — российский авиалинии» Кристины и Клавдии.

Алесь Кочемасов (Летчик Лёха) — пилот-инструктор самолета Boeing 737-800. Он ведет страницы в «Instagram» (более 77000 подписчиков), «Facebook», «VKontakte», «YouTube» о самом интересном в авиации. Он рассказывает о самолетах, полетах, размещает фотографии. Один из самых известных пилотов России комментирует различные авиационные события, десятки человек ежедневно мечтают полетать с ним на рейсах авиакомпании «Победа». Например, в 2020 году состоялся специальный «экскурсионный» рейс.

Юрий Яшин (airguide) — пилот «S7 Airlines». Его увлечением является фотография, он стремится показывать пассажирам небо таким, каким он его видит из кабины, знакомить людей с авиацией, отвечать на вопросы. У него есть странички в популярных социальных сетях (127000 подписчиков в «Instagram»).

Клавдия (Claudy.fly) и Кристина (Kristinastewardess) — стюардессы, которые ведут личные блоги в Instagram. Сотрудницы «Аэрофлота» рассказывают о своей профессии, знакомят с особенностями работы в авиационной сфере, отвечают на вопросы. Бортпроводницы дают полезные советы пассажирам, а также продвигают романтический имидж профессии стюардессы, и тем самым привлекают молодежь к работе в авиакомпании.

Таким образом, можно сделать выводы, что имидж работников оказывает влияние на имидж персонала и бизнес-имидж авиационных компаний. Кроме того, пассажиры доверяют пилотам и бортпроводникам, следовательно, активное продвижение блогов работников

авиакомпаний способствует формированию лояльности и росту пассажиропотока. Так, по результатам 2021 года, в рейтингах пассажиропотока авиакомпания «Аэрофлот — российские авиалинии» занимает 1 место (21415 тыс. пассажиров), «S7» — второе место (17831 тыс. пассажиров), «Победа» — третье место (14433 тыс. пассажиров).

Список использованных источников:

1. Чумиков, А. Н. Имидж — репутация — бренд: традиционные подходы и новые технологии. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 106 с.

2. Шарков Ф.И. Имидж фирмы: технологии управления [Текст]. М.: Академический Проект, 2020. 272 с.

3. LETCHIKLEXA [режим доступа: https://vk.com/letchik_leha](дата обращения 22.02.2022).

4. Airguide [режим доступа: <https://www.instagram.com/airguide/>] (дата обращения 22.02.2022).

5. Claudy.fly [режим доступа: <https://www.instagram.com/claudy.fly/?hl=ru>] (дата обращения 22.02.2022).

6. Kristinastewardess [режим доступа: <https://www.instagram.com/kristinastewardess/>] (дата обращения 22.02.2022).

Использование интегрированных коммуникаций в продвижении российских авиакомпаний на рынке

Бабаева В.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы заключается в том, что на всех рынках, в том числе и авиационном, наблюдается кардинальное обострение конкуренции. Для того чтобы авиакомпания запомнилась потребителю, необходимо повысить эффективность использования коммуникации. Это удаётся сделать, интегрировав их в единую систему, которая координирует информационную политику использования различных средств коммуникации с целью лучшего запоминания авиакомпании, выстраивая устойчивые конкурентные преимущества организации.

Целью исследования является изучение использования механизмов интегрированных коммуникаций в продвижении российских авиакомпаний на рынок.

Интегрированные коммуникации начали изучать в США в 90-е годы прошлого века. Среди множества публикаций отметим работы Д.Е. Шульца, С.И. Танненбаума, Р.Ф. Лаутерборна, Ф.И. Шаркова, М.Ю. Григорьева.

Под интегрированными коммуникациями (ИК) понимается процесс передачи информации об организации, фирме, путём продуманного использования различных средств коммуникации для достижения единой цели. Причиной использования ИК является достижение синергетического эффекта, получаемых от их применения. Для продвижения компании чаще всего используют все инструменты коммуникаций, начиная от рекламы и direct-mail, заканчивая стимулированием сбыта.

Примером использования ИК является проект авиаперевозчика S7 Airlines #ХОЧУТУДАГДЕ, который был совместно подготовлен с Wieden+Kennedy Amsterdam. В ходе компании использовалась яркая запоминающаяся реклама, которая размещалась в СМИ, в том числе на телевидение. Активно использовались наружная реклама, Интернет каналы, передачи рекламных сообщений.

Одновременно с показом рекламы проводились PR мероприятия в интернет, медиа среде. На специальном сайте пользователь мог продолжить фразу «Хочу туда, где...» и рассказать о месте, в которое он хотел бы попасть. «S7 Airlines» найдет похожее на него место и укажет комфортный вариант перелета. Рекламная компания активно применяла интеграцию в медиа среде. На YouTube канале компании был выпущен ролик с рассказом детей о месте, которое они хотят посетить. Видео набрало более 4 млн. просмотров,

и активно комментировалось. В другой соц.сети в Instagram с хэштегом компании было размещено более 1 млн публикаций, которые были инициированы самой компанией и ее потенциальными клиентами. Использовались и другие социальные сети. Интеграция коммуникаций позволило напомнить о компании тем, кто о ней знал и привлечь новых клиентов.

Интегрированная коммуникативная компания позволила закрепить узнаваемость товарного знака «S7 Airlines», создав в глазах пассажиров образ компании, которая исполняет мечты своих пассажиров.

Другим примером использования ИК является участие «Аэрофлота» в фестивале «Круг света», который ежегодно проводится в Москве. Световое шоу при его проведении вызывает живой интерес москвичей и гостей столицы. «Аэрофлот» является его официальным спонсором. Само участие в празднике позволило вписать рекламу компании в городской формат. Для продвижения «Аэрофлота» использовались различные средства коммуникации: реклама, связи с общественностью, в том числе деятельность в социальных медиа. На официальных рекламных плакатах было указано название авиакомпании. Помимо этого, на зданиях были показано красочное световое шоу о направлениях маршрутной сети; представление о сервисе авиаперевозчика — от покупки билетов на сайте до обслуживания на борту.

Мероприятия фестиваля активно обсуждались пользователями социальных медиа, где было размещено видео шоу «Аэрофлота». Почти каждый ролик набирал около 5 тыс. просмотров.

Телеканалы активно освещали фестиваль, где было показано представление авиакомпании. Использование интегрирования всех коммуникаций позволило «Аэрофлоту» постоянно напоминать о себе, о своем бренде.

Подводя итог, отметим, что интегрированные коммуникации позволяют продвигать услуги авиакомпаний на рынок по средствам увеличения узнаваемости бренда, лучшего запоминания клиентами конкурентных преимуществ организации, что влияет на конкурентоспособность. Эффективность внедрения интегрированных коммуникаций не раз доказывалась повышением количества клиентов у компаний, заметен рост лояльности к компаниям среди потенциальных пользователей, в данном случае «Аэрофлот» и «S7 Airlines».

Список использованных источников:

1. Григорьев М. Интегрированные коммуникации: стратегический PR, маркетинг или что-то еще? — 2002, URL:<http://www.advlab.ru/articles/article201.htm>
2. Шарков Ф.И. Интегрированные коммуникации: Массовые коммуникации и медиапланирование: Учебник/ Ф.И.Шарков, В.Н.Бузин; под общ. Ред. Проф. Ф.И.Шаркова. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. — 488 с.
3. McDonald, M. Strategic marketing planning / M. McDonald. — New York: Kogan Page; Matlock Literary Agency, 1996.
4. <https://marketing.by/novosti-rynka/vyshe-tolko-nebo-10-primerov-kreativnoy-reklamy-aviakompaniy/>

Работа в медиапространстве сети Интернет как механизм PR-продвижения авиакомпании «Победа»

Беляева О.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность работы связана с развитием интернет-пространства как одного из ключевых источников информации в современном обществе. Это обусловлено развитием науки в областях технической и социальной инфраструктуры, которое привело к возможности объединения широких слоев населения в глобальную информационную среду

или медиaprостранство, важного для всего процесса коммуникации, частью которой и являются связи с общественностью.

Цель работы — проанализировать коммуникативную деятельность авиакомпании «Победа» в медиaprостранстве сети Интернет, как механизм PR-продвижения.

Среди работ о медиaprостранстве выделим: И. М. Дзялошинским и С. Г. Носовец.

К медиaprостранству относим сферу, которая через массовые коммуникации связывает человека с окружающим миром, формирует его действительную реальность. Это сфера печати, радио, ТВ, видео, кино, компьютерных каналов.

В данной работе под медиaprостранством будет рассматриваться только его часть — новые медиа. К ним относят цифровые форматы существования средств массовой коммуникации в сети Интернет: социальные сети. Вместе с чертами классических средств массовой коммуникации: массовость, диатопность (возможность преодолевать пространство) и мультиплицирование (многократное повторению с относительно неизменным содержанием); снятие временных и пространственных ограничений на процесс коммуникации; сочетаются и исключительные: мультимедийность и интерактивность. Это возможность одновременного использования различных способов передачи сообщения (текстовых, звуковых, видео, GIF-анимации) и взаимодействия с ними, получение быстрой ответной реакции, возможность взаимодействия между пользователями. Страницы в социальных сетях, образование интернет-СМИ на их основе стали дополнительным каналом получения информации, а их возможности привлекательным механизмом PR-коммуникаций. В качестве этих механизмов можно рассматривать: уникальное оформление сообщений, использование маркеров, облегчающих поиск публикаций определенного характера, взаимодействие с пользователями через систему комментариев.

Авиакомпания «Победа» входит в список лидеров Российского рынка авиаперевозок, что косвенно свидетельствует о ее эффективной коммуникативной деятельности в медиaprостранстве сети Интернет. «Победа» присутствует на всех крупных в России интернет-платформах, среди них: ВКонтакте, Instagram и Facebook, TikTok.

В оформлении страниц компании на этих площадках используются элементы фирменного стиля, что позволяет пользователям легко идентифицировать ее сообщения в ленте публикаций.

Социальные сети имеют удобную систему комментариев, используемую как канал для мониторинга мнения аудитории и предоставления быстрой ответной реакции. Аккаунты компании ведут активную работу по взаимодействию с большой аудиторией из разных точек России и мира в комментариях.

Так же в качестве инструмента PR-продвижения на рынок авиакомпания «Победа» использует мультимедийность социальной сети «Instagram» для информирования аудитории и расширения ее представления о своей деятельности и предоставляемых услугах. Для этого она использует: «истории» с их мультимедийными возможностями по совмещению текстового и видеоконтента.

При PR-продвижении используется возможность обратной связи с клиентами. В интерактивном режиме клиенты могут реагировать на «истории» быстрыми реакциями, интерактивными стикерами-вопросами, напоминаниями, размещением текстовых сообщений с дополнительным видеорядом или анимированными GIF изображениями, что повышает охваты и заинтересованность аудитории в сообщениях и публикациях компании.

Для PR-продвижения изучаемой компании в социальных сетях используются возможности системы тегов и хештегов, геолокации при написании и показе публикаций, что увеличивает их попадание в целевую аудиторию, повышая эффективность продвижения компании на рынок. Эти приемы увеличения охватов аудитории используется лоукостером «Победа» и в других социальных сетях. В настоящее время эта категория новых медиа имеет схожие механизмы, используемые для продвижения в сети Интернет, в том числе и компаний «Победа».

Таким образом, на примере авиакомпании «Победа», занимающей лидирующие положения в рейтинге авиаперевозчиков России и ставшей лидером среди всех европейских

лоукостеров по темпам роста в 2018 году и ее работе в медиапространстве сети Интернет, можно говорить об актуальности использования социальных сетей, как механизм PR-продвижения авиакомпаний на рынке.

Список использованных источников:

1. Дзялошинский И.М. Медиаобразование: работа с текстами или умение ориентироваться в медиапространстве? // Медиаобразование 2013. Сборник трудов Международного форума конференций. — Москва: РИЦ МГТУ им. М.А.Шолохова, 2013. — С. 28-47.

2. Носовец С.Г. Новые медиа: к определению понятия // Коммуникативные исследования. 2016. № 4 (10). С. 39–47.

Программы для часто летающих пассажиров как эффективное средство формирования лояльности клиентов авиакомпаний

Буглова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Маурина Т.С.

МАИ, Москва

Frequent-Fluer program — это программа для часто летающих пассажиров, обычно предусматривающая начисление баллов за каждый полет рейсами авиакомпании, которые накапливаются и служат основой для скидок.

В настоящее время каждая авиакомпания стремится разработать свою программу лояльности, при этом пассажиры получают все больше различных призов. Предъявляя бонусную карту, клиент получает скидку у партнеров авиакомпании, например, в отеле, развлекательном центре, ресторане. Взамен они предоставляют большой объем подробной информации: свои персональные данные, количество билетов, предпочитаемый класс обслуживания и т.д.

В исследовании были рассмотрены программы некоторых российских авиакомпаний.

Программа «Аэрофлот Бонус» компании «Аэрофлот — российские авиалинии» предлагает своим клиентам классический вариант. Количество начисленных миль зависит от расстояния между аэропортами прилёта и вылета и от тарифа. При самостоятельной регистрации на сайте пассажир получает приветственный бонус — 500 миль. Также в этой программе можно получать бонусы у 160 компаний-партнёров. Количество участников данной программы — 9,6 млн человек [1].

В авиакомпании «Уральские авиалинии» действует бонусная программа «Крылья». После каждого перелета на счет клиента компании поступает до 10% от тарифа. Также можно получить бонусы у 44 партнёров и при покупке в интернет-магазине авиакомпании. Эта программа, согласно исследованиям, позволяет быстрее всего накопить бонусы [2].

Авиакомпания «S7 Airlines» предлагает программу «S7 Priority», где начисления будут зависеть от расстояния полёта и от тарифа, и составят минимум 500 миль. Еще 500 миль начисляются сразу при регистрации. В акции начисления бонусов участвует 59 партнёров.

Компания Югэйр предлагает программу «Status». Пассажирам начисляются 3% от стоимости билета, приветственный бонус составляет 300 миль. Это единственная авиакомпания, которая позволяет оплатить милями полную стоимость билета.

Важное влияние на формирование лояльности клиентов «S7» и «Аэрофлот» оказывает тот факт, что накопленные бонусные мили можно переводить на благотворительность, тем самым авиакомпания укрепляет свой имидж и реализует программу корпоративной социальной ответственности.

У бонусных миль есть определенный «срок годности», и если их не использовать за этот период, то они сгорают.

По результатам исследования можно сделать выводы, что бонусные программы для часто летающих клиентов являются эффективным средством формирования лояльности пассажиров к авиакомпании. Они стремятся накопить как можно больше миль и не потерять уже накопленные, что стимулирует их к обращению к одному и тому же авиаперевозчику,

повышает вероятность покупки билета. Кроме того, следует отметить, что среди рассмотренных программ наиболее успешными являются те, которые нейтрализуют конкурентов, расширяют доступность товаров и услуг, увеличивают ценность продукта.

Список использованных источников:

1. Бабушкина А.Ю. Программы по повышению лояльности клиентов: типы и эффективность // Российское предпринимательство, 2010. №7(2) [режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-loyalnosti-teoriya-i-praktika/viewer>] (дата обращения 22.02.2022).

2. Васин Ю.В., Лаврентьев Л.Г., Самсонов А.В. Эффективные программы лояльности. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 152 с.

3. Ромат Е. Сендеров Д. Маркетинговые коммуникации. СПб.: Питер, 2018. 496 с.

Мобильное приложение Международного аэропорта «Шереметьево» как средство коммуникации с пассажирами

Гулидов Г.Г.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы исследования обуславливается тем, что мобильные приложения стали для компаний популярным средством построения коммуникации с клиентами, этим инструментом пользуются и авиационные транспортные организации, в том числе аэропорты.

Целью исследования является анализ мобильных приложения международного аэропорта «Шереметьево» как средства коммуникации с пассажирами.

Тема изучения мобильных приложений как средства коммуникации нашла отражение в работах следующих отечественных авторов: Я.В. Ситникова, Я.А. Стрыжова и О.В. Климовец.

Популярность использования приложений как средства коммуникации с потребителями требует особого подхода к выбору формата данной коммуникации. В свою очередь, как в большинстве случаев, когда речь идёт о применении цифровых коммуникаций, важно учитывать уровень когнитивной осведомленности и цифровой грамотности пользователя так как качественно проработанный пользовательский интерфейс будет способствовать созданию эффективной коммуникации с пользователем.

Приложения для современных гаджетов поддерживают такие функции как: push-уведомления, воспроизведение мультимедийного контента, веб-интерфейс, копирующий или дополняющий элементы официального веб-сайта. Функции способствуют созданию специфической модели взаимодействия с клиентом и упрощают систему информирования, доносят оперативную информацию.

Мультимедиа-приложения особенно эффективны в вопросах повышения лояльности потребителей, так как влияют на степень вовлеченности аудитории в PR-проекты и рекламные кампании и способствуют информационному обмену между клиентом и организацией.

Примером успешного использования мобильных приложений, как средства коммуникации с пассажирами можно считать опыт международного аэропорта «Шереметьево», являющегося одним из элементов сети московского транспортного узла. В приложении аэропорта «Шереметьево» можно выделить удобную навигацию по основным запросам пассажиров (информация о вылете, информация о прилёте, пересадки, услуги, схема аэропорта, парковка, как добраться, расписание, контакты, прочее) в качестве преимущества. Подобная система навигации по ключевым запросам обеспечивает быструю и эффективную навигацию и способствует созданию эффективной коммуникации с пассажиром.

Мобильное приложение использует атрибуты бренда и фирменный стиль в рамках коммуникативной политики, что в свою очередь позитивно сказывается на узнаваемости международного аэропорта «Шереметьево».

Приложение доступно на всех современных мобильных устройствах и платформах, а также поддерживает опцию выбора языка, что положительно влияет на привлечении широкой аудитории и способствует созданию международной коммуникации.

В интерфейсе приложения встроена карта терминалов и служб аэропорта с демонстрацией положения пассажира. Понятная для пассажира система навигации на территории аэропорта — одно из главных конкурентных преимуществ аэропорта, мобильное приложение обеспечивает это преимущество что способствует созданию эффективной коммуникации и повышает лояльность клиента, который будет удовлетворён услугами аэропорта и с большей вероятностью выберет его снова.

Можно сделать вывод, что мобильное приложение международного аэропорта «Шереметьево» как средство коммуникации с пассажирами оказывает положительное влияние на формирование лояльности, реализации коммуникативной политики, а также обладает потенциалом при выстраивании долгосрочного взаимодействия с пассажирами.

Список использованных источников:

1. Алтабаева О. С.М: разработка требований для сайта и приложения аэропорта Шереметьево. Режим доступа: <https://usabilitylab.ru/blog/metod-cjm-aeroport-sheremetevoy/> (дата обращения 11.02.2022).
2. Климовец О.В. Мобильные технологии в международном маркетинге [Текст] // Восточно-европейский научный журнал. — 2016, № 7 (4). — с. 35-37.
3. Кушваха Х. Н., Тараненко А. В. Средства массовой коммуникации как инструмент PR-продвижения авиационных брендов в России [Текст] // Коммуникология. — 2016, т.5, №1. — с. 203-209.
4. Международный аэропорт «Шереметьево» [Электронный ресурс]. Режим доступа:<https://www.svo.aero/ru/services/in-airport/mobile-app-and-messengers> (дата обращения 11.02.2022).
5. Уколова Л. Е. Проблемы развития коммуникаций в современной культуре и связях с общественностью [Текст] // Коммуникология. — 2014. — С. 91-98

Видеоблогинг как PR-инструмент продвижения услуг поисковика авиабилетов «Aviasales»

Гучко А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования. В современном мире люди проводят большую часть как рабочего (все компании, любых направлений и масштабов деятельности имеют то или иное представительство в интернете), так и свободного времени в интернете. Чаще всего аудитории готовы прислушиваться к мнению, которое считается авторитетным в сети Интернет. Блогеры сейчас являются лидерами мнения и с их помощью можно влиять на целевую общественность, на ее расположение к компании. Вследствие чего авиакомпании вынуждены обращаться за помощью в продвижении своих услуг.

Цель исследования. Изучить видеоблогинг как PR-инструмент продвижения услуг поисковика «Aviasales». Важнейший инструментом для продвижения услуг компании являются социальные сети, в которых активно используется видеоблогинг. Например, YouTube — один из основных способов продвижения услуг, популяризации личности и ее взглядов.

Технологии продвижения товаров и услуг анализировались во многих исследованиях, например, Сендеровым Д.В., Е.В. Ромат, В.В. Бубновым, Н.М. Дубининой, А.М. Соколовым.

Под PR-инструментами в Интернете понимаются различные средства и методы, применяемые в деятельности по связям с общественностью с целью достижения

поставленных коммуникативных целей и задач. Новым PR-инструментом является видеоблогинг. Сегодня такой PR-инструмент широко применяется в социальных сетях, так как они сосредотачивают большое число потенциальных клиентов, обладает возможностью таргетировать аудиторию, то есть делить ее по функционалу социальных площадок по различным признакам, информируют о продукте или услуге и, немало важно, влияет на расположение аудитории и улучшает имидж.

Видеоблог как PR-инструмент выполняет следующие функции: когнитивные, новостные и развлекательные.

Видеоблоги, в виду неограниченности и разнообразия в тематиках, пользуются популярностью у авиационных компаний, иных организаций оказывающих услуги на рынке авиационных перевозок.

Одна из самых популярных площадок в России для размещения видеоблогов — YouTube.

«Aviasales» активно пользуется указанным PR-инструментом для продвижения своих услуг на рынок. Многие известные каналы в социальной сети Youtube, которые посвящены различным аспектам (культурным, досуговым и др.) продвигают на рынок услуги Aviasales. Большинство рекламных интеграций приходится на ролики из категорий «путешествия», «комедия» и «новости». Компании часто прибегают к услугам блогеров, ролики которых условно можно отнести к указанной категории.

Одним из представителей, работающих в категории путешествия на Youtube, является Антон Птушкин — бывший ведущий телепрограммы «Орел и Решка». Им было подготовлено 8 видеоблогов, в которых рекламировалась компания «Aviasales». Данное упоминание компании, которое принято называть рекламной интеграцией, имело более 70 млн просмотров. Videоблогер объясняет, как пользоваться приложением и как упростить себе поиск авиабилетов. В данном случае, видеоблогинг как PR-инструмент выполняет когнитивную функцию. Информирование и обучение пользоваться услугами компании «Aviasales» увеличили узнаваемость компании, лояльность аудитории к ней, что позволило ей занять лидирующее положение на рынке.

Канал, выполняющий развлекательную функцию и относящийся к категории «комедия» — это канал Антона Лапенко, в частности его веб-сериал «Внутри Лапенко». В сериале один из главных героев рекламирует услуги «Aviasales», утверждая, что благодаря «Aviasales» он находит «самые дешевые билеты в человечестве». Это интеграция набрала более 50 млн просмотров, создавая имидж динамичной организации, которая отличается на рынке доступными ценами.

Новостную функцию выполняет канал «Редакция», жанрами которого являются еженедельные новости, журналистские расследования и интервью. Рекламные ролики с рекламой «Aviasales» принесли компании 13,7 млн просмотров.

По результатам исследования можно сделать следующий вывод. Успех продвижения «Aviasales» на рынок с использованием видеоблогинга показывает, что данный PR-инструмент повышает узнаваемость, положительно влияет на расположение аудитории к компании, формирует и поддерживает имидж, информирует об услуге. Весь функционал видеоблогинга используемый при работе с данным PR-инструментом позволяет эффективно продвигать услуги «Aviasales» на рынок.

Список использованных источников:

1. Бубнов В.В., Дубинина Н.М., Соколов А.М. PR-технологии продвижения вертолетов на авиарынок (на примере холдинга «Вертолеты России»). — Москва: Эдитус, 2016. — 132с.
2. Ромат Е., Сендеров Д. Маркетинговые коммуникации — Санкт-Петербург: Питер, 2018. — 496 с.
3. Количество интеграций по YouTube каналам // SuperPromoData URL: <https://superpromodata.com/> (дата обращения: 20.02.2022).
4. Основные PR-инструменты // prstudent URL: <https://www.prstudent.ru/teoria/pr-instrumenty> (дата обращения: 20.02.2022).

PR в создании позитивной репутации организаций аэрокосмической отрасли

Дорошкевич С.О.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

The growth of trading competition has brought a new trend to business communications — the creation of a positive reputation for a product that has its own characteristics in the aerospace industry when conducting PR campaigns.

The relevance of the study lies in the fact that aerospace companies sometimes neglect actual PR tools, publish few materials in the media and do not form public opinion.

The aim of research- is to make a conclusion about the relevance of the influence of PR on the formation of a positive image of the aerospace industry product.

The hypothesis of the study is based on the assumption that the competent use of PR can lead to economic growth of aerospace companies.

Having studied the works of such scientists as M. P. Bocharov, A. N. Chumikov, V.B. Kashkin, the author of this work accepts PR as a complex composite activity aimed at creating and maintaining friendly mutually beneficial relations with the target audience of an aerospace company.

To prove the proposed hypothesis, the author applied the method of comparing two epochs of the development of aviation and cosmonautics in the 20th and 21st centuries. In the last century, PR mechanisms were at the stage of formation, however, the first Russian society of the voluntary air fleet "Dobrolet" was a striking example of creating a positive image of a product. From the point of view of PR technologies, even the choice of the name attracted customers.

A competent PR campaign for the launch of the first satellite, a human spacewalk focused the attention of the whole world. There was no imaginary stagnation, which is observed now.

The conclusion is made about the difference in the perception of the aerospace industry in different epochs.

To confirm the conclusion and develop possible ways to solve the problem, the author developed and conducted a survey on the topic "Expediency of interaction of aerospace industry enterprises with the media", including such questions as: "Are you afraid to fly an airplane?", "Do you often see information about space in mass media?", "Which aerocompanies can you name?", etc.

According to the results of the survey, a conclusion was made about the low popularity of the topic of Russian aviation and cosmonautics in small talk, and the weak knowledge of the aerospace topics by the some target audience.

The author suggests solving the problem with the help of PR: working with the media, the company's website, social network, educational projects, events, for the transformation of public opinion into a plus.

The following methods of popularization of aerospace are proposed:

1. Active application of existing PR technologies.
2. Testing of new PR technologies.

According to the results of the study, the proposed hypothesis is correct.

The following conclusions are made:

1. PR is recognized as a strong tool in promoting aerospace brands, in creating a positive image of an aerospace product.
2. The application of classical and innovation of modern PR trends can increase public interest in aerospace through successful communications with the target audience.
3. The aerospace industry differs from other areas of the economy in that only extremely bright events become noticeable in it, which do not always have a positive context.

Despite the fact that the effect of PR departments is not immediately noticeable, a competent Public relations concept can not only maintain the group's target, but also bring new people into the aerospace industry.

References:

1. Гребнева, И. А. Особенности построения системы связей с общественностью в коммерческой сфере / И. А. Гребнева // *Фундаментальные науки и современность*. — 2020.

— № 1(34). — С. 3-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42624882> (Дата обращения: 07.02.2022).

2. Макарычев, В. Н. Система интегрированных коммуникаций рекламы и связей с общественностью / В. Н. Макарычев. — Москва: Научные технологии, 2020. — 118 с. 5.

3. Кушвахва Х.Н., Тараненко А.В. Средства массовой коммуникации как инструмент PR-продвижения авиационных брендов в России // Коммуникология. 2017. — Том 5. № 1. с. 79-87. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sredstva-massovoyo-kommunikatsii-kak-instrument-pr-prodvizheniya-aviatsionnyh-brendov-v-rossii/viewer> (Дата обращения: 23.01.2022)

4. Чумиков А.Н. Коммуникативные исследования: реклама, PR, брендинг, медиа. // Знак: проблемное поле медиаобразования. 2021. № 2 (40). С. 7-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46389034> (Дата обращения: 30.01.2022)

6. Krivova A.L., Kalliopin A.K., Korotaeva I.E., Shafazhinskaya N.E., Emilova D.Y. Social Networks as a Means of Monitoring Students' Progress. Propósitos y Representaciones. May. 2021, Vol. 9, SPE(3), e1264

Особенности формирования имиджа компании «Хелипорт Москва»

Дубникова А.И.

Научный руководитель — Алехина О.А.

МАИ, Москва

В России рынок вертолетных услуг является развивающимся и перспективным. Вертолеты обладают уникальными качествами по сравнению с другими видами транспорта, которые позволяют им быть востребованными на рынке перевозок особенно в труднодоступных районах.

Услуги по перевозке вертолетами востребованы у нефтяных, строительных, энергетических и транспортных компаний, органов государственной власти, министерств и ведомств.

«Хелипорт Москва» предлагает широкий спектр услуг. Вертолеты позволяют быстро преодолевать большие расстояния, минимизируют задержки в пути, которые могут быть критичными.

Актуальность настоящего исследования заключается в том, что коммерческие перевозки пассажиров на легких вертолетах — развивающийся рынок с большими перспективами. И в то же время, это относительно новое направление, о котором необходимо информировать потенциальных клиентов. Соответственно, компаниям, которые появились на рынке недавно, необходимо целенаправленно формировать имидж, привлекать внимание целевой аудитории, создавать положительное мнение о себе.

Вопрос конструирования и продвижения имиджа рассматривают многие известные ученые, такие как Ф.И. Шарков, А.Н. Чумиков и др. Тем не менее, применительно к отраслевой специфике эта тема изучена недостаточно глубоко.

Цель данного исследования — проанализировать особенности формирования имиджа проекта «Хелипорт Москва».

В ходе исследования были проанализированы основные инструменты связей с общественностью, которые используются для формирования и продвижения имиджа компании «Хелипорт Москва».

«Хелипорт Москва» был открыт в конце 2013 года, это многофункциональный вертолетный комплекс, который крупнейшим собственным парком современной авиатехники. В августе 2015 года на его базе была образована авиакомпания «Хелипорт-М» со статусом эксплуатанта Росавиации, которая имеет право на осуществление коммерческих перевозок пассажиров на легких вертолетах.

Для эффективной коммуникации с целевой аудиторией компании необходимо формирование позитивного внешнего и внутреннего имиджа.

Для формирования внешнего имиджа «Хелипорт Москва» использует следующие инструменты:

1. Наличие запоминающегося фирменного стиля, который отличается от конкурентов.

2. Формирование образа социально ответственной организации. Реализовано сотрудничество с вертолетным поисково-спасательным отрядом «Ангел», который использует методики быстрого поиска потерявшихся людей с помощью вертолетов.

3. Создание конкурентоспособных услуг и сервисов:

- Авиационные работы (аэровизуальные полеты, транспортно-связные работы, лесоавиационные работы, работы с целью оказания медицинской помощи);

- Коммерческие полеты по индивидуальным и экскурсионным маршрутам, организация праздников;

- Учебные программы для пилотов и технических специалистов;

- Продажа вертолетов;

- Базирование и обслуживание вертолетов;

- Топливное обеспечение;

- Страхование и лизинг воздушных судов,

- Регистрация и сертификация воздушных судов;

- Рекламные услуги.

4. Авиационный бутик «Heliport Shop», где клиенты компании могут приобрести товары для активного отдыха, фирменную сувенирную продукцию, коллекцию детской одежды.

Кроме того, компания «Хелипорт Москва» организует взаимодействие с целевыми аудиториями с помощью официального сайта, страниц в социальных сетях (Instagram, Vkontakte, YouTube, Facebook) и электронного корпоративного издания «Журнал о вертолетах HELIPORTS OF RUSSIA».

«Heliport» регулярно участвует в отраслевых выставках, например, HeliRussia.

Также формируется внутренний имидж «Хелипорт Москва» — развиваются внутренние коммуникации, корпоративная культура, создается положительный имидж руководства и персонала компании.

По результатам исследования можно сделать выводы о том, что компании удастся формировать положительный имидж, это подтверждается производственными и экономическими показателями.

За время работы «Heliport Moscow» стал первым мультицентром, объединяющим продажу, обслуживание, базирование, магазин экипировки, услуги аренды, азотуризма. Были введены стандарты качества обслуживания клиентов.

По данным финансового отчета компании, в 2020 году продажи «Хелипорт-М» увеличились на 8,33% до 71,89 млн. руб., компания отчиталась о росте прибыли в 1,5 раза по сравнению с 2019 годом.

Национальная вертолетная сеть «Heliport» постоянно растет и развивается, охватывая все новые города, предлагая самые эффективные решения для создания современных вертолетных мультифункциональных комплексов с привлечением передовых технологий и лучших специалистов.

Тем не менее, компании следует и дальше формировать и продвигать положительный имидж, поскольку этот процесс должен быть непрерывным.

Список использованных источников:

1. Официальный сайт компании «Хелипорт Москва» [режим доступа: <https://heliport-moscow.ru/>] (дата обращения: 22.02.2022).

2. Чумиков А. Н. Реклама и связи с общественностью: Имидж, репутация, бренд [Текст]. М: ЗАО Издательство «Аспект Пресс», 2017. 159 с.

Использование социальных медиа Государственной корпорацией «Роскосмос» для популяризации научной деятельности

Ермакова А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена необходимостью присутствия организаций в Интернете как популярного среди массовой аудитории средства получения и обмена информацией. Коммуникации в социальных медиа могут донести информацию о деятельности организаций с учетом особенностей различных целевых аудиторий. Популяризация научной деятельности решает проблемы обоснования государственных затрат на освоение космоса, привлечения внимания к отрасли молодежи.

Цель исследования — анализ PR-деятельности в социальных медиа Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» как инструмента популяризации научной деятельности у целевых аудиторий.

Степень разработанности темы. Тема использования социальных медиа в PR-деятельности разрабатывается учеными и практиками области коммуникологии. Отметим работы К. А. Ключко, С. Н. Лашова, А.А Градюшко, Р.Вентрупа (Robert Wentrup), П.Шторма (Patrik Ström), Д.М. Скотта (David Merman Scott).

Под PR-деятельностью понимается механизм выстраивания коммуникаций организации (физическими лицами) с целью поддержания долгосрочных, доверительных отношений с целевыми аудиториями для максимального удовлетворения потребностей заинтересованных сторон.

Социальными медиа являются сервисы, в основе которых лежит концепция Web 2.0, позволяющая пользователям создавать контент и обмениваться им с учетом их социальных связей.

«Роскосмос» для эффективной популяризации научной деятельности использует ряд коммуникационных каналов в социальных медиа при осуществлении PR-деятельности.

1) YouTube-канал. «Роскосмос» обладает каналом, который имеет большое количество подписчиков и высокие средние просмотры, что позволяет выстраивать коммуникацию и влиять на узнаваемость компании. Научно-популярные ролики направлены не только на специалистов в профильной сфере, но и на детей и подростков. Популярностью обладают ролики, отвечающие на детские вопросы в сфере науки. Такие коммуникации делают облегчают понимание проблем в научно-космической деятельности.

2) Блоги повышают эффективность популяризации научной деятельности. Например, в блоге экипажа МКС демонстрируются эксперименты по утилизации и вторичному использованию отходов жизнедеятельности человека в космосе, медицинских экспериментов по выносливости и многие другие.

3) «Русский космос» — электронный журнал с аудиторий около миллиона человек обращает внимание на записи в блоге. Журнал пользуется инфографикой, которая включает в себя анализ данных и их последующую визуализацию, что упрощает восприятие научно-популярной информации, вызывает интерес молодежи, что показало глубинное интервью с учащимися московских школ. Редакция журнала отвечает на вопросы своей аудитории о научной сфере.

4) Социальные сети. «Роскосмос» имеет аккаунты в Instagram, Facebook, Twitter, Vimeo благодаря чему охват аудитории составляет более миллиона пользователей в месяц. В социальных сетях находится информация о полетах, о жизни в космосе, различные видео, фотографии, новости о научных открытиях и другой научный контент. Содержимое социальных сетей соответствует бизнес-задачам, являясь эффективным средством популяризации науки.

Таким образом, госкорпорация «Роскосмос», являясь национальным центром космических исследований, активно занимается популяризацией научной деятельности. Используя разнообразные PR-инструменты в социальных медиа, информируя в них о мире открытий, гипотез, теорий, экспериментов, организация эффективно популяризирует научную деятельность.

Список использованных источников:

1. Градюшко, А. А. Социальные медиа как инструмент современной интернет-журналистики / А. А. Градюшко // Веснік БДУ. 2012. Сер. 4. № 2. С. 69–73. Дата обращения: 01.02.2022.
2. Космос-журнал. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.cosmos-journal.ru/> Дата обращения: 01.02.2022.
3. Официальный сайт Роскосмоса. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/>. Дата обращения: 01.02.2022.
4. David Merman Scott. The new rules of marketing and PR: How to use social media, online video, mobile applications, blogs, news releases, and viral marketing to reach buyers directly, 18 Aug 2017 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/loi/utca20>. Дата обращения: 01.02.2022.
5. Robert Wentrup and Patrik Ström. Service Markets: Digital Business Models and International Expansion The Author(s) 2019 С. 31. [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96902-2_7 Дата обращения: 01.02.2022.

Технологическая платформа «Авиационная мобильность и авиационные технологии» как коммуникативный инструмент продвижения научно-практической деятельности в области авиации

Ипатов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность данной темы заключается в том, что технологические платформы позволяют организовать и наладить взаимодействие всех ключевых элементов, связанных с развитием науки и инновационных технологий, то есть научная среда, государство, бизнес и гражданское общество. На сегодняшний день технологические платформы позволяют мобилизовать все заинтересованные стороны, что оказывает прямое влияние на продвижение научно-практической деятельности.

Целью исследования является проведения анализа технологической платформы «Авиационная мобильность и авиационные технологии» как коммуникативного инструмента продвижения научно-практической деятельности в области авиации.

Сущность технологических платформ как коммуникативного инструмента продвижения научно-практической деятельности нашла отражения в трудах многих авторов, среди них можно отметить: Д.Ю. Никулина, С.В. Краснова, В.В. Бубнова, Н.М. Дубининой, А.Д. Зарецкого, Т.Е. Ивановой.

Основопологающей коммуникативной задачей, возложенной на технологическую платформу «Авиационная мобильность и авиационные технологии», является выстраивание и налаживание эффективного взаимодействия на всех уровнях планирования, разработки и внедрения новых технологий на рынок отечественных воздушных перевозок. Государство, бизнес, научная сфера и гражданское общество, работая совместно на разных этапах жизнедеятельности проектов, оказывают ключевое воздействие на продвижение российской научно-практической деятельности.

В настоящее время технологическая платформа «Авиационная мобильность и авиационные технологии» развивает четыре основные коммуникативные направления в рамках продвижения научно-практической деятельности страны:

происходит постоянное информационное сопровождение деятельности всех проектов, проводимых технологической платформой, то есть ассоциацией участников платформы проводятся ежегодные собрания, заседания наблюдательного совета и управления;

ведется работа над систематизацией стратегических, программных, научно-правовых документов авиационной отрасли с целью регулирования и модернизации деятельности в данном направлении. Сюда входит консультирование и налаживание постоянной связи с

ведущими экспертами отрасли, участниками других технологических платформ, представителями органов власти и бизнеса;

выстраивание системы организации совместной деятельности между экспертными группами, государственными фондами и научными подразделениями с целью повышения качества реализации проектов в рамках работы технологической платформы. В данном направлении, например, проводится качественная независимая экспертиза каждого проекта технологической платформы;

организация, проведение, участие в научных конференциях и специализированных мероприятиях для мониторинга развития авиационной отрасли, выстраивания и наращивания деловых отношений. Основными мероприятиями являются: МАКС, военно-технический форум «Армия», «ВУЗПРОМЭКСПО».

Таким образом можно сделать вывод, что коммуникативная деятельность технологической платформы «Авиационная мобильность и авиационные технологии» направлена на повышение качества внутренней организации всех участников платформы с целью развития и последующей реализации проектов, продвигающих научно-практическую деятельность в авиационной отрасли.

Список использованных источников:

1. Бубнов В.В. Дубинина Н.М. Технологические платформы в авиастроительном коммуникационном пространстве [Текст] // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» Тезисы — М., 2020. — С.845

2. Зарецкий А.Д. Иванова Т.Е. Промышленные технологии и инновации [Текст]: — 2-е изд. — М.: Издательство Питер, 2018. — 480 с.

3. Никулин Д.Ю. Краснов С.В. Технологические платформы, как инструмент инновационной системы производства наукоемкой продукции [Электронный ресурс] // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. журнал. — 2013. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-platformy-kak-instrument-innovatsionnoy-sistemy-proizvodstva-naukoemkoj-produksii> (дата обращения 14.02.2022).

4. Технологическая платформа Авиационная мобильность и авиационные технологии [Электронный ресурс].- М., 2015-2022. — Режим доступа: <https://aviatr.ru/> (дата обращения 14.02.2022).

Корпоративная культура авиакомпании ЮТэйр

Казакова Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Корпоративная культура — это совокупность особых моделей поведения, которые приобретены сотрудниками в процессе работы в компании согласно ее миссии, целям, корпоративному кодексу. Сила корпоративной культуры определяется следующими факторами: степенью принятия работниками авиакомпании основных ценностей, а также их преданностью этим ценностям. От качества ее функционирования зависит эффективность деятельности компаний, в том числе и авиационных.

Цель: раскрыть корпоративную культуру авиационной организации ЮТэйр

Корпоративная культура авиакомпаний подразумевает выделение основных показателей качества, отвечающих ожиданиям и потребностям клиентов, а именно: безопасность полетов; ориентация на решение проблем клиентов; компетентность персонала; надежность авиакомпании и ее репутация.

Для результативности корпоративной культуры авиационные организации применяют такие методы управления как: утверждение внутренних документов компании (кодекс корпоративной этики, в котором описаны принципы корпоративной культуры); повышение контроля над сотрудниками по соблюдению норм и правил корпоративной культуры; создание специальных отделов или назначение работников, ответственных за корпоративную культуру. Все эти методы использует авиакомпания ЮТэйр.

Авиакомпания ЮТэйр стремится предоставлять клиентам услуги максимально высокого качества и обеспечивать рост доходов акционеров, что свидетельствует о ключевых элементах корпоративной культуры — моральные и этические цели организации. У авиакомпании есть корпоративный кодекс этики.

Для оценки эффективности корпоративной культуры авиакомпании ЮТэйр было проведено анкетирование, в ходе которого были заданы вопросы по следующим блокам:

- Эффективность стиля руководства и управления (большая часть коллектива активно вовлечена в работу авиакомпании; стиль руководства соответствует задачам авиакомпании).
- Уровень контроля компетентности сотрудников (регулярные квалификационные экзамены; сотрудники на постоянной основе проходят курсы повышения квалификации).
- Координация и согласованность действий сотрудников (сотрудники из разных отделов разделяют общие взгляды по поводу перспектив развития компании).
- Осознание сотрудниками миссии организации (полная согласованность между руководством и коллективом).
- Следование корпоративным нормам и правилам (нормы авиакомпании являются регулятором деятельности ее сотрудников).
- Степень мотивации сотрудников (оценка деятельности труда сотрудников соответствует их профессионализму; существуют поощрения).
- Атмосфера в коллективе авиакомпании ЮТэйр (уважительное взаимоотношение; конфликтные ситуации разрешаются путем диалога, координацией со стороны руководства и реальной оценки проблемы).

Блоки включали в себя по два утверждения, каждое из которых необходимо было оценить по пятибалльной шкале.

Согласно полученным результатам анкетирования 90% опрошенных следуют положениям корпоративной культуры, ясно понимают миссию авиакомпании, вовлечены в работу и обладают высоким уровнем профессионализма, который подтверждается регулярно.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод: авиакомпания ЮТэйр обладает сильной корпоративной культурой, коллектив авиакомпании соблюдает положения корпоративного этического кодекса: заботится о качестве оказываемых услуг, безопасности клиентов и взаимовыужении в организации и за ее пределами.

Использование GR-технологий в продвижении авиационной техники

Караман А.Ф.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Government Relations — это процесс влияния на государство и государственную политику на всех уровнях: местном, региональном, национальном, европейском, глобальном. Взаимодействие с органами государственной власти с целями получения определенных преимуществ в ведении бизнеса — это важная составляющая связей с общественностью, за тем исключением, что в роли общественности выступает государство, чиновники, государственные деятели.

Авиапроизводители и авиаперевозчики существуют в том сегменте бизнеса, в котором обойтись без взаимоотношений с государством никак невозможно. В мире существуют сотни авиакомпаний и для конкурентоспособности российских авиакомпаний государству необходимо выстраивать двустороннюю коммуникацию с авиационной отраслью в целом. В связи с этим тема исследования представляется актуальной.

Цель исследования: проанализировать особенности GR-технологий в продвижении авиационной техники.

Изучением специфики GR-коммуникаций занимались такие авторы как А.Н. Чумиков, И.Е. Минтусов, Л.В. Сморгун, Л.Н. Тимофеева и др.

В GR используются множество технологий связей с общественностью, среди которых можно выделить взаимодействие со средствами массовой информации, с помощью которых

можно менять общественное мнение и убеждать государство в необходимости принятия нужного для бизнеса решения, технологии реализации программ корпоративной социальной ответственности, политический фандрайзинг и спонсорские программы. Также это проведение различных мероприятий, начиная от закрытых показов товара и участия в экспертных советах, и заканчивая общественными слушаниями, на которые приглашаются статусные гости, включая чиновников, вплоть до руководителя государства, для обсуждения проблемы и поддержания бизнеса, особенно если он стратегически важен для страны, как авиастроение.

Российская «Объединенная авиастроительная корпорация» и китайская «СОМАС» разрабатывают широкофюзеляжный дальнемагистральный самолет CR929. Данный проект поддерживается обоими государствами. В России самолет был впервые представлен на МАКС-2019. В день открытия выставку посетили Владимир Владимирович Путин и зарубежные государственные делегации. Благодаря широкому освещению в средствах массовой информации и эффективному взаимодействию отделов связей с общественностью и государственных органов стало возможным активное развитие перспективного проекта.

Таким образом, использование технологий Government Relations позволяет крупным компаниям развиваться и получать прибыль. В авиационной сфере наиболее распространенными являются взаимодействие со средствами массовой коммуникации и проведение специальных мероприятий, а также общественные слушания. Для российского авиастроения этот вопрос очень актуален, поскольку только при полноценной поддержке государства возможно найти достаточное финансирование для проектирования самолетов.

Список использованных источников:

1. Чумиков А.Н. GR и лоббизм: инфлюенс-менеджмент, медиакоммуникации, специальные события [Текст] // Знак: проблемное поле медиаобразования. 2021. № 2 (40). С. 7–16.

2. GR: теория и практика / под ред. И. Е. Минтусова, О. Г. Филатовой. [Текст] Санкт-Петербург, 2013. 180 с.

3. GR-связи с государством. Теория, практика и механизмы взаимодействия бизнеса и гражданского общества с государством / под ред. Сморгунова Л.В. и Тимофеевой Л. Н. [Текст] Москва: Российская политическая энциклопедия, 2012. 407 с.

4. Официальный сайт ОАК [Режим доступа: [Режим доступа: <https://www.uacrussia.ru>] (дата обращения 25.02.2022).

Роль информационно-аналитического агентства «АвиаПорт» в продвижении организаций авиационной отрасли

Кондратюк А.С.

Научный руководитель — профессор, д.фил.н. Уколова Л.Е.

МАИ, Москва

Информационно-аналитическое агентство «АвиаПорт» — важный элемент в системе СМИ в авиационной отрасли. Благодаря своим обширным и разносторонним функциям, агентство играет важную роль в продвижении авиационных организаций и предприятий, а также в освещении актуальных новостей из авиационной сферы.

Отраслевое агентство «АвиаПорт» является одним из лидеров рынка авиационной информации, предоставляя своим клиентам и партнерам профессиональные услуги и сервисы. Благодаря профессиональной работе агентства предприятия авиационной промышленности и воздушного транспорта получили возможность узнавать о событиях в отрасли с максимальной достоверностью и точностью в режиме онлайн. Важнейшим проектом агентства является сайт «АвиаПорт.Ру» — наиболее полный, оперативный и достоверный источник бизнес-информации об авиации в сети Интернет.

Актуальность выбранной темы подтверждается тем, что в настоящее время качественное продвижение авиационной отрасли невозможно без участия отраслевых информационно-аналитических агентств. Они выполняют функции по освещению актуальных новостей из мира авиации, осуществляют помощь в деятельности авиационных мероприятий. Агентства

предлагает сервисы, связанные с различными направлениями работы — от распространения корпоративных новостей до подбора сотрудников и операций купли-продажи.

Цель исследования — проанализировать, как деятельность информационно-аналитического агентства «АвиаПорт» влияет на продвижение и узнаваемость современных авиационных компаний.

В ходе исследования были использованы научные работы различных авторов, в том числе статья К.А. Лакиной «Функционирование информационных агентств в современных медиа условиях», статья В.А. Польшова «Информационные агентства в сетевом пространстве: системные характеристики», а также статья Ф.И. Шаркова, О.А. Седова «Продвижение бренда посредством новых информационно-коммуникационных технологий (на примере российских авиакомпаний)».

В деятельности информационно-аналитического агентства «АвиаПорт» следует выделить функции, связанные с продвижением авиационных организаций. Среди них:

- Освещение актуальной узкоспециализированной информации об авиационной отрасли;
- Организация отраслевых мероприятий, среди которых Международный авиационно-космический салон «МАКС»;
- Создание уникальных проектов для специалистов по связям с общественностью авиационных компаний и журналистов отрасли («Авиационный пресс-клуб»);
- Размещение рекламных блоков на официальном сайте агентства;
- Обеспечение специалистов отрасли оперативной бизнес-информацией через сайт «АвиаПорт.Ru»;
- Проведение исследовательских проектов на авиационном рынке.

Таким образом, можно сделать вывод, что все направления деятельности агентства «АвиаПорт» способствуют повышению узнаваемости авиационных компаний и мероприятий, способствуют продвижению отраслевых организаций на рынке авиационных услуг.

Следовательно, деятельность информационно-аналитического агентства «АвиаПорт» напрямую влияет на продвижение авиационных компаний и на развитие авиационной отрасли в целом.

Список использованных источников:

1. Лакина К.А. «Функционирование информационных агентств в современных медиа условиях» [Текст]. Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №3/2021 г.
2. В.А. Польшова «Информационные агентства в сетевом пространстве: системные характеристики» [Текст]. Журнал «Социально-гуманитарные знания», 2018 г. 130-140 с.
3. Шарков Ф.И., Седов О.А. «Продвижение бренда посредством новых информационно-коммуникационных технологий (на примере российских авиакомпаний)» [Текст]. Журнал «Коммуникология», 2017 г. 86-101 с.
4. Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. «Средства массовой коммуникации как инструмент PR-продвижения авиационного бренда в России» [Текст]. Журнал «Коммуникология», 2016 г. 203-209 с.

Отношение зрителей к использованию технологии product placement в художественных фильмах на авиационную тематику

Котова Е.Р.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.
МАИ, Москва

Актуальность темы заключается в том, что в настоящее время product placement (PP), особенно в кинематографе, является относительно простым, но при этом эффективным способом повышения узнаваемости и престижности марки. Главным его преимуществом является то, что при правильной подаче скрытый рекламный контент плавно встраивается в сюжет, из-за чего его становится невозможно обойти или переключить, как другие виды рекламы. Это относится в том числе и к аэрокосмической сфере, ведь фильмы на

авиационную и космическую тематику в нашей стране стали выходить с завидной периодичностью. Это дает российским авиакомпаниям возможность повысить свой паблицитный капитал. И хотя на Западе эта технология уже давно активно используется, в России она до сих пор не получила широкого распространения.

Product placement как технология начали применять еще со времен СССР. Так, в фильме «Кавказская пленница» 1966 г. впервые появляется РР «Аэрофлота». В одной из начальных сцен, длящейся 1 минуту 20 секунд, можно наблюдать на стене комнаты три плаката с эмблемой и названием данной авиакомпании. И сегодня «Аэрофлот» продолжает использовать РР для продвижения своего бренда. Причем самым заметным примером этому служит фильм «Экипаж», в котором логотип авиакомпании появляется по меньшей мере 3 раза.

Многие специалисты в области product placement считают, что хотя сегодня технология РР заметно изменилась по сравнению с прошлым веком, когда и сама индустрия кинематографа только зарождалась, она все же должна быть малозаметной для зрителя при первом просмотре. Когда бренд или продукт органично встраивается в сюжет, а не просто появляется в центре экрана, никак не взаимодействуя с происходящим, он способен запомниться зрителю в положительном ключе. А ограничиваясь открытой демонстрацией товаров на экране, зачастую только раздражающей телезрителя, российские предприниматели теряют уникальную возможность по внедрению в сознание потребителя положительных эмоций по отношению к брендам.

Особенности использования Product placement в своих научных трудах рассматривают Березкина О.П. в своем учебном пособии «Product placement. Технологии скрытой рекламы», Галисиан М.Л. В работе «Product Placement в средствах массовой информации: Новые направления в теории и практике маркетинга», Кузовлева В.В. и Музыкант В.Л. в статье «Product placement как эффективная социально-коммуникативная технология» и др.

Целью работы является выяснить отношение российских зрителей к технологии product placement как инструмента рекламы в таких российских фильмах, как «Экипаж» (2010), «Призрак» (2015), «Елки» (2026), «Пальма» (2020), в которых была использована данная технология авиакомпаниями «Аэрофлот», S7 и «Центр-Юг».

Исследование. 17 февраля 2022 г. был проведен опрос, в котором приняли участие 20 человек в возрасте от 19 до 40 лет. Всего было задано 6 вопросов. В ходе опроса выяснилось, что более 60% телезрителей знают о таком методе рекламирования как product placement и нейтрально относятся к нему, а 100% опрошенных относятся к скрытой рекламе положительно. Все участники опроса в той или иной степени замечают скрытую рекламу в российском кино: 45% опрошенных делают это часто, 38% утверждают, что всегда замечают product placement. 67% респондентов не против наличия скрытой рекламы в фильмах на авиационную тематику. И хотя все опрошенные смотрели хотя бы один российский фильм, действие которого связано с авиацией («Экипаж», «Призрак», «Елки», «Пальма»), только 40% замечали упоминание названий или логотипы авиакомпаний, которые были показаны в этих фильмах, хотя бы один раз. Чаще всего телезрители замечают логотипы авиакомпаний или фирменные цвета бренда на сиденьях в салоне воздушного судна или на ливрее самолета. Например, синий с белым у авиакомпании «Аэрофлот» и зеленый у S7.

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что россияне в целом положительно относятся к скрытой рекламе, поскольку просто не особо обращают на нее внимания во время просмотра очередного фильма. Именно поэтому технология РР их не раздражает. Это говорит о том, что компаниям, которые хотят вписать в сюжет свою продукцию надо задуматься над тем, все ли они правильно делают, чтобы на них обратили внимание и запомнили.

Список использованных источников:

1. Березкина О. П. Product placement. Технологии скрытой рекламы. СПб.: Питер, 2009.
2. Галисиан М-Л. Product Placement в средствах массовой информации: Новые направления в теории и практике маркетинга. М-Л. Галисиан — ЕТС, 2004.
3. Кузовлева В.В., Музыкант В.Л. Product placement как эффективная социально-коммуникативная технология// Вестник МГУКИ. — № 2(26). — 2021. — С.207-212. Режим доступа: www.cyberlinka.ru. Дата обращения: 20.02.22.

Социальные сети авиакомпании «S7 Airlines» как PR-инструмент формирования и поддержания имиджа

Крымская А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность данной темы подтверждается тем, что XXI век стал началом развития новейших технологий и способов коммуникации между людьми. Главным трендом сейчас являются социальные сети, где каждый человек проводит значительную часть своего дня. В свою очередь, для любых компаний они становятся новым способом общения с клиентами и поддержания своего имиджа в глазах аудитории.

Термин «имидж» имеет большую историю, однако, принято считать, что впервые в литературу его ввели Зигмунд Фрейд и Кеннет Боулдинг. Они полагали, что имидж — идеальный образ, намеренно формирующийся на основе иллюзий, которые человек создал сам. В наши дни, многие авторы продолжают пытаться дать более точные определения для данного слова. Например, О. Ю. Быстрова считает, что имидж — это представление окружающих, которое складывается из оценки объекта на основе специально спланированных коммуникаций. А. С. Сотникова понимала под «имиджем» образ, который был предложен самой организацией, основанный на спланированной деятельности, с целью вызвать определенный набор убеждений у аудитории.

Существует множество определений данного термина, но будем исходить из того, что имидж — это совокупность целенаправленно сформированных представлений о человеке, компании и т. д., которые появились в общественном сознании.

Цель исследования: изучить влияние социальных сетей, как инструмента формирования и поддержания имиджа авиакомпании (на примере S7 Airlines).

Имидж формируется благодаря коммуникации людей. Он создается через первое впечатление, то есть через ту информацию, которая имеет визуальное начало. Важными также являются глубина и широта знаний. Потребитель должен понимать, насколько хорошо компания разбирается в сфере своей деятельности и способна ли она выйти за рамки своих знаний.

Организация, создав свой образ, должна донести его до окружающего мира, чтобы он положительно ассоциировался в сознании аудитории. В XXI веке самым удобным и быстрым способом поддержания имиджа являются социальные сети, которые обеспечивают связь практически со всем миром.

Коммерческими воздушными перевозками в России занимаются более 100 эксплуатантов, т.е. конкуренция высока. Именно поэтому каждый авиаперевозчик должен задумываться о том, как лучше привлечь клиентов. В этом помогают связи с общественностью. PR — это деятельность, которая направлена на создание и поддержание благоприятного отношения общественности к компании. Социальные сети дают возможность создать это благоприятное отношение. PR-инструменты — это средства и методы, которые помогают достичь поставленных целей.

У имиджа есть несколько элементов, которые прослеживаются в социальных сетях. Во-первых, зайдя на страницу организации, потребитель формирует первое впечатление. Например, увидев оформление авиакомпании S7 Airlines в сети Instagram, человек может сразу создать примерное мнение. В глаза сразу бросается фирменный зеленый цвет. У потребителя возникнут положительные эмоции от приятных фотографий и спокойного оформления. Соответственно, повышается доверие к авиаперевозчику на подсознательном уровне.

Во-вторых, читая публикации, потребитель сразу поймет, что авиакомпания знает свое дело и разбирается в нем. Также «S7 Airlines» устраивает социальные мероприятия. Компания регулярно публикует информацию, которая выходит за рамки только производственной деятельности. Широта тем публикаций — еще один элемент имиджа, который она демонстрирует, когда, например, публикует материалы о защите окружающей

среды и мотивирует своих клиентов на участие в благотворительной деятельности и социальную ответственность.

Таким образом, социальные сети позволяют формировать и поддерживать имидж, так как они дают возможность авиакомпании привлечь новую аудиторию, сообщить о различных мероприятиях «S7 Airlines», сформировать узнаваемость бренда. Социальные сети являются удобным PR-инструментом, который способствует распространению информации среди потребителей и развитию осведомленности среди аудитории о деятельности авиакомпании.

Список использованных источников:

1. Быстрова, О. Ю. Теоретические подходы к определению понятия «имидж предприятия» / О. Ю. Быстрова // Управление социально-экономическими системами. — 2019. — №1. — С. 35-38.

2. Дубинина, Н. М. PR-деятельность в социальных сетях как механизм повышения конкурентоспособности пассажирских авиакомпаний / Н. М. Дубинина, В. В. Бубнов // 20-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». — Москва: Издательство «Перо», 2021. — С. 570-572.

3. Халилов, Д. Маркетинг в социальных сетях / Д. Халилов. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2013. — 197 с.

Интегрированные маркетинговые коммуникации современных авиационных компаний

Мачнева С.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность данной темы обусловлена тем, что в современном мире с каждым годом растет конкуренция в авиационной отрасли, а также происходит развитие глобальной маршрутной сети. Тем самым, различные авиационные предприятия должны постоянно повышать свою узнаваемость за счет использования разнообразных коммуникационных инструментов.

Целью работы является изучение инструментов интегрированных маркетинговых коммуникаций российских авиакомпаний «Аэрофлот — российские авиалинии» и «S7 Airlines».

Степень научной разработанности: изучением данной темы занимались такие исследователи, как Шарков Ф.И., Сагинова О.В., Романенкова О.Н.

На сегодняшний день развитие маркетинговых коммуникаций является важной задачей организаций, в том числе и авиационных. Каждая компания пытается привлечь внимание потребителя и убедить его в необходимости покупки товара или получения услуги. В авиационной отрасли компании это делают не только для продвижения бренда, но и для того, чтобы пассажир стал их постоянным клиентом.

Так, авиакомпания «Аэрофлот» использует следующие инструменты маркетинговых коммуникаций:

1. Социальные сети (в декабре 2021 г. в официальной группе Вконтакте «Мой Аэрофлот» вышла 21 публикация об актуальных событиях текущего месяца);

2. Стимулирование сбыта (1 июня 2021 года авиакомпания запустила акцию «Дарим Добро», которая действует в рамках проекта «Мили милосердия», программа лояльности «Аэрофлот бонус», предоставление подарочных сертификатов, субсидированные перевозки);

3. Сайт авиакомпании (постоянно обновляется информация, удобный и красочный интерфейс);

4. Реклама (каналы СМИ, Интернет);

5. Спонсорство (авиакомпания является генеральным партнером Олимпийской команды России, а также официальным перевозчиком футбольного клуба «Манчестер Юнайтед»,

профессионального футбольного и баскетбольного клуба ЦСКА, сборной команды России по велоспорту. С 2017 года выступает спонсором общероссийской общественной организации «Федерация бокса России»).

Российская авиакомпания «S7 Airlines» также использует для своего продвижения на рынке различные маркетинговые коммуникационные инструменты, такие как: реклама (к началу летнего сезона 19 мая 2021 года авиакомпания запускает имиджево-продуктовую рекламную кампанию «Как прекрасен этот мир»), сайт авиакомпании, социальные сети, стимулирование сбыта (бонусная программа S7 Priority, авиабилеты по специальным тарифам, подарочные сертификаты).

Для того, чтобы понять, как потенциальные потребители относятся к данным авиакомпаниям, 20 февраля 2022 г. был проведен опрос, который состоял из 5 вопросов. В нем приняли участие 20 человек, в возрасте от 19 до 55 лет. Опрос показал, что все респонденты хотя бы один раз пользовались услугами данных авиакомпаний и имеют представления о них. Среди маркетинговых инструментов, которые воздействовали на принятие решений о том, услугами какой авиакомпании воспользоваться, 70% респондентов отдали предпочтение рекламе. 60% считают, что именно реклама помогает им сделать выбор в пользу покупки билетов определенной авиакомпании. Еще 80% считают, что рекламные ролики авиакомпаний привлекают внимание, особенно «S7 Airlines», а также повышают имидж и престиж той или иной авиакомпании.

Проведенный опрос показал, что отечественные пассажиры хорошо проинформированы о деятельности авиакомпаний и обращают внимание на их рекламные и PR-коммуникации, которые помогают сделать выбор в пользу конкретной авиакомпании.

Таким образом, российские авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии» и «S7 Airlines» активно используют инструменты маркетинговых коммуникаций, отдавая предпочтение социальным сетям, официальному сайту, рекламе и мероприятиям по стимулированию сбыта.

Список использованных источников:

1. Официальная группа ВКонтакте авиакомпании Аэрофлот. URL: <https://vk.com/aeroflot>. Дата обращения: 30.01.2022.
2. Официальный сайт российской авиакомпании S7 Airlines. URL: <https://www.s7.ru/ru/news/S7-Airlines-v-novoy-reklamnoy-kampanii-vdokhnovlyayet-posmotret-kak-prekrasen-etot-mir/>. Дата обращения: 05.02.2022
3. Официальный сайт российской авиакомпании Аэрофлот. URL: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru/news/62032> Дата обращения: 30.01.2022.
4. Романенкова О.Н. Маркетинговые коммуникации. М.: Юрайт, 2014.
5. Сагинова О.В., Скоробогатых И.И., Цветкова А.Б. и др. Интегрированные коммуникации М.: Академия, 2014.
6. Шарков Ф.И. Интегрированные коммуникации: реклама, публик. рилейшнз, брендинг. М.: Дашко и К, 2020.

Фирменный стиль как составляющая визуального имиджа авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии»

Миллер А.А.

Научный руководитель — Алехина О.А.

МАИ, Москва

Фирменный стиль как составляющая визуального имиджа авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии»

Актуальность исследования заключается в том, что ввиду возросшей конкуренции на рынке у организаций авиационной отрасли увеличивается необходимость стимулировать и облегчать контакты с клиентами, а также закреплять в сознании потребителя положительный имидж и выделяться с помощью запоминающегося фирменного стиля.

Целью исследования является анализ фирменного стиля как составляющей визуального имиджа авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии».

Изучением данного направления PR-продвижения организаций занимались такие исследователи как П. Беренс, К. Болдуинг, Ф.И. Шарков, О.А. Феофанов, С.М. Михайлов, М.И. Белов и Е.А. Гриднева, Е.В. Ромат, А.Н. Чумиков.

Зрение — самый мощный из органов чувств у человека, его источник знаний о внешнем мире. По этой причине визуализация занимает одну из ведущих ролей в продвижении предприятия. Визуальный образ бренда обеспечивает компании узнаваемость, трансформирует философию идеи и ценности компании в зрительный образ. Визуальный имидж включает фирменный стиль — систему цветовых, графических и словесных составляющих. С их помощью создается визуальное и смысловое единство услуг, распространяемой информации, а также внутреннее и внешнее оформление компании.

Под фирменным стилем понимается проектирование внешнего облика организации, система формирования имиджа фирмы, распространяемая на широкую общественность и целевые аудитории. Корпоративный стиль формируют следующие составляющие: товарный знак, цветовая гамма, фирменный лозунг, фирменный комплект шрифтов, корпоративный герой, печатная сувенирная продукция.

«Аэрофлот — российские авиалинии» — бесспорный лидер гражданской авиации в России. Основанная в 1923 году, она является одной из старейших авиакомпаний мира и, кроме того, одним из самых узнаваемых брендов. Фирменный стиль компании начал формироваться еще при Советском Союзе. До сих пор в логотипе «Аэрофлота» можно увидеть серп, молот и крылья.

Название «Аэрофлот» — короткое, простое, уникальное, содержит малое количество букв, что соответствует основным принципам создания успешного названия торговой марки. Рядом с названием всегда присутствует развивающийся на ветру флаг Российской Федерации, что ассоциируется со скоростью, чувством полета.

С 2002 года «Аэрофлот» произвел ряд изменений в своем стиле. Например, изменил фирменные цвета с сине-белых на сине-серебристо-оранжевые. Фирменные цвета авиакомпании можно разделить на три группы: основные (оранжевый, красный, синий), вторичные (менее интенсивный оттенок оранжевого и синий) и вторичные нейтральные (прохладный и теплый серебристый, серый). Красный используется, чтобы подчеркнуть дороговизну и статус бренда, оранжевый — цвет энергии и дружелюбия, синий — символизирует спокойствие и безопасность.

Логотип и фирменный знак формируют единый блок, представленный как кириллическом, так и латинском начертаниях. Все составляющие этого блока находятся в гармоничном соответствии по отношению друг к другу и тесно взаимосвязаны между собой. Логотип, фирменный знак и слоган авиакомпании («Искренне Ваш») исполнены в фирменной колористике организации.

Кроме того, одной из важных составляющих визуального имиджа являются сотрудники авиакомпании, носящие униформу. Последняя смена их имиджа произошла в 2009 году. Униформу представили в двух вариантах: летнем (цвета «красный мандарин») и зимнем (темно-синего цвета). На рукаве вышита золотая эмблема — крылья, серп и молот. Униформа стала олицетворением элегантности, женственности, а цвет не просто запомнился пассажирам, но и стал опознавательным среди конкурентов на рынке.

В 2019 году «Аэрофлот» подал заявки в «Роспатент» на регистрацию пяти фирменных цветов.

Сегодня дизайн авиакомпании отражает все ее главные ценности: фокус на людях, глобальность, превышение ожиданий, современность, профессионализм, надежность, эффективность и безопасность.

Таким образом, продуманный до мелочей фирменный стиль, традиционная символика которого используется везде — от конвертов и визиток до оформления ливреи самолетов, — создала уникальный, сильный, запоминающийся визуальный имидж «Аэрофлота». Фирменный стиль повышает эффективность рекламы, и, по сути, является одним из главных

элементов визуального имиджа бренда, формируя у потребителя положительное отношение к фирме. Благодаря ему решается целый комплекс коммуникативных задач.

Список использованных источников:

1. Галимьянова К.Р., Янгирова Е.И. Эволюция понятия «фирменный стиль» в науке [Текст] // Российский экономический интернет-журнал. 2019. №2. С. 4-5.
2. Калиева, О. М. Функциональная нагрузка и необходимость фирменного стиля в современной компании [Текст] // Молодой ученый. 2016. № 24. С.113-115.
3. Корчагова Л.А., Крушняк В.Е. Роль и значение фирменного стиля в формировании имиджа компании и продвижение ее товаров и услуг [Текст] // Вестник РГГУЮ Серия «Экономика». Управление. Право». 2016. С. 4-5.

Инструменты внутренних и внешних PR-коммуникаций авиакомпании «Аэрофлот — Российские авиалинии»

Михеева Т.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Коммуникации в связях с общественностью принято разделять на два вида: внутренние и внешние. Внутренний PR направлен на сотрудников компании, главной целью которого является сплочение коллектива и развитие корпоративной культуры. Внешний PR направлен на потребителей, партнеров и конкурентов, а также на властные структуры. Его целью является повышение информированности в обществе о деятельности компании, создание и поддержание благоприятного имиджа.

Актуальность работы заключается в том, что не все инструменты во внешних и внутренних коммуникациях авиакомпании «Аэрофлот» достаточно изучены.

Цель работы. Исследовать инструменты PR-коммуникации авиакомпании «Аэрофлот — Российские авиалинии».

В ходе исследования была рассмотрена коммуникативная деятельность авиакомпании «Аэрофлот — Российские авиалинии» во внутренней и внешней среде с 2016 по 2020 год.

Было выявлено, что для реализации внутренних коммуникаций компания использует такие PR-инструменты, как:

- Внутрикorporативное издание («Мой Аэрофлот»);
- Внутрикorporативный портал (2016 г. — обновленный внутрикorporативный портал, мобильный доступ к ресурсу);
- Конкурсы (2016 г. конкурс профессионального мастерства «Лучший по профессии»);
- Формирование системы корпоративных ценностей (доверие клиентов, командная работа, результаты для акционеров и ответственность перед обществом);
- Корпоративный кодекс;
- Символика (эмблема символизирует историю и опыт, исполненные динамики; изображение флага России — экономический рост страны и любовь к Родине. Оранжевая «улыбка» — традиционное российское гостеприимство и приветливость);
- Корпоративный спорт (спортивные клубы и секции, корпоративные тарифы в фитнес-клубах, беговой клуб Aeroflot Run (2020).

Для повышения информированности общества о деятельности компании, создания и поддержания благоприятного имиджа авиаперевозчик реализует внешние PR-коммуникации с помощью таких инструментов, как:

- Упоминания в СМИ;
- Сайт авиакомпании;
- Ведение социальных сетей Инстаграм, Ютуб, Твиттер, Вконтакте, Фейсбук;
- Спонсорство (услуги по перевозке членов олимпийских и спортивных команд);
- Постоянное развитие бренда;
- Участие в имиджевых событиях («Московский международный фестиваль света» 2017; «Круг света» 2018, 2019);

- Программа лояльности «Аэрофлот Бонус».

Таким образом, существует множество различных PR-инструментов, позволяющих поддерживать и гармонизировать хорошие отношения с общественностью как внутренней, так и внешней. ПАО «Аэрофлот — российские авиалинии» успешно применяет на практике все доступные инструменты PR для осуществления внутренних и внешних PR-коммуникаций.

Список использованных источников:

1. Китчен Ф. Паблик рилейшнз: принципы и практика / Пер. с англ. под ред. Б.Л. Ерёмкина. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017.
2. Николаенко Н.А. Сущность и роль PR в деятельности современной организации // Бюллетень науки и практики. — № 5. — 2019. Режим доступа: www.cyberleninka.ru. Дата обращения: 02.02.2022.
3. Официальный сайт ПАО «Аэрофлот — российские авиалинии». Режим доступа: www.aeroflot.ru. Дата обращения: 31.01.2022

Применение интегрированных коммуникаций в деятельности авиационной компании «Аугога»

Мушта Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Данная работа посвящена исследованию применения интегрированных коммуникаций дальневосточной авиакомпании «Аугога» для взаимодействия с внешней и внутренней общественностью.

Актуальность. Сегодня каждой компании, в том числе и авиационной, необходимо использовать весь арсенал интегрированных коммуникаций для привлечения внимания потенциальных потребителей и поддержания доверительных отношений внутри коллектива.

Цель: изучить применение интегрированных коммуникаций на примере авиакомпании, выделить основные элементы и пути их реализации.

Степень научной разработанности: изучением темы интегрированных коммуникаций занимались такие авторы, как Векслер А.Ф., Штейн А.Н., Сомов А.Д.

Успешная коммуникационная деятельность в современных условиях, когда существует много инструментов для взаимодействия со СМИ и аудиторией, требует использования наиболее перспективных каналов для воздействия на потребителя.

Интегрированные коммуникации (ИК) являются важным элементом любой организации. ИК — это объединение всех наиболее эффективных способов коммуникации для воздействия на аудиторию. Сюда входит реклама, digest-маркетинг, упаковка, сувениры, спонсорство.

Авиакомпания «Аугога» является российской региональной авиакомпанией, базирующейся в Южно-Сахалинске, Владивостоке и Хабаровске. Это дочерняя компания Группы «Аэрофлот». Главная цель и девиз авиакомпании — способствовать развитию Дальнего Востока, соединяя людей, обеспечивая безопасную и комфортную авиаперевозку, заботясь о каждом пассажире, поднимая жизнь на качественно новый уровень.

Данный авиаперевозчик использует такие ИК, как:

1. Реклама (на официальном сайте авиакомпании и на ливрее воздушных судов);
2. Связи с общественностью (публикация пресс-релизов на сайте авиакомпании, общение с представителями СМИ);
3. Спонсорство (СТК Горный воздух (курортный городок Сахалинской области в ЮОС);
4. Выставки (авиапарк «Аугога» предлагает возможность всем желающим в режиме онлайн посмотреть самолеты и кабины, используемые авиакомпанией в 3D-формате);
5. Синергия (рейсы Код-шер — основаны на соглашениях между авиаперевозчиками, когда одно направление обслуживается двумя или несколькими перевозчиками).

6. Социальные сети (приобретение сувенирной продукции авиакомпании, посты о ее деятельности);

7. Direct-маркетинг («Aurora Entertainment») — это новая, ультрасовременная, развлекательная система высокоскоростной передачи мультимедиа контента на персональные устройства пассажиров).

Таким образом, интегрированные коммуникации, которые использует авиакомпания «Aurora» разнообразны и хорошо продуманы — это реклама, связи с общественностью, спонсорство, выставки, синергия, социальные сети, Direct-маркетинг. Благодаря им авиакомпания старается завоевать не только место на российском и зарубежном рынках, но и добиться признания на Дальнем Востоке. «Aurora» также активно способствует продвижению Дальнего Востока среди населения России, как уникального природного анклава.

Список использованных источников:

1. Векслер А.Ф. Взгляды российских PR-практиков на Pr, маркетинг и интегрированные коммуникации (по результатам опроса 2017 г.) // Коммуникативные исследования. — 2018. — № 4 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzglyady-rossiyskih-pr-praktikov-na-pr-marketing-i-integrirovannye-kommunikatsii-po-rezultatam-oprosa-2017-g> (дата обращения: 24.02.2022).

2. Официальный сайт авиакомпании «Aurora». URL: <https://flyaurora.ru> (дата обращения: 10.02.2022).

3. Сомов А. Д. Развитие рекламной деятельности в системе маркетинговых коммуникаций на предприятиях авиационной отрасли // Вестник ГУУ. 2014. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-reklamnoy-deyatelnosti-v-sisteme-marketingovyh-kommunikatsiy-na-predpriyatiyah-aviatsionnoy-otrasli> (дата обращения: 20.02.2022).

4. Штейн А.Н. Коммуникационные стратегии авиакомпаний на российском рынке // Стратегии бизнеса. — 2014. — №2 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kommunikatsionnye-strategii-aviakompaniy-na-rossiyskom-rynke> (дата обращения: 18.02.2022).

Геймификация как механизм привлечения внимания к бренду в авиационной сфере

Никитина А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ю.н. Дубинина Н.М.

МАИ, Москва

Актуальность темы заключается в том, что геймификация становится популярным методом в сфере коммуникаций, который потенциально может повлечь интерес, осведомленность и лояльность потребителей по отношению к бренду. В настоящее время, когда различные авиакомпании конкурируют за внимание аудитории, а потребителей сложно чем-то удивить, маркетологам и специалистам по связям с общественностью остается находить новые пути вовлечения клиентов в процесс. Вследствие этого геймификация стала популярным способом преодоления разрыва между потребителями и авиакомпаниями. Геймификация признана методом проектирования человеческого поведения с целью содействия инновациям, производительности и вовлеченности. Востребованность объясняется и тем, что она хорошо встраивается в новую цифровую модель бизнеса, видоизмененного digital-трансформацией.

Целью исследования является изучение геймификации как особой коммуникации, направленной на привлечение внимания к бренду в авиационной сфере.

Вопросы использования геймификации для продвижения бренда рассматривали такие авторы как Е. Ромат, Д. Сендеров и др.

Сам термин «геймификация» означает применение игровых механик в неигровой процесс для решения бизнес-задач в коммуникативной политике. Геймификация помогает изучать потребности целевой аудитории, увеличивать количество взаимодействий с контентом, привлекать новых клиентов и удерживать старых, формировать потребность в

продукте и увеличивать число продаж. Данный метод содействует появлению положительных эмоций у потребителей от взаимодействия с брендом, а также способствует повышению лояльности и доверия пользователей.

Коммуникации с применением средств геймификации направлены на привлечение внимания к торговому знаку. Бренд — это нематериальная маркетинговая или бизнес-концепция, которая помогает людям идентифицировать компанию, продукт или человека. Бренд формирует ожидания клиента относительно продукта и дает определенную информацию об организации, товаре или услуге, отличая ее от других на рынке. Говоря об авиационной сфере, репутация и сам бренд авиакомпаний считаются одними из самых важных и ценных активов, которые необходимо постоянно поддерживать в связи с различными обстоятельствами. Чтобы люди были предрасположены к использованию услугами именно одной авиакомпании, важно построить доверительные отношения с клиентом, показать безопасность и комфорт, а также вызвать положительную ассоциативную связь. Геймификация косвенным путем способна помочь в достижении данных позиций. Грамотно организованная стратегия с элементами игры может существенно повысить лояльность аудитории, что определенным образом приведет к усилению запоминаемости бренда и приверженности аудитории к определенной авиакомпании.

Многие авиакомпании внедряют геймификацию для увеличения активности потребителей, стимулирования сбыта своих услуг и привлечения внимания к бренду. Например, Уральские авиалинии запустили систему развлечений на борту. Необходимо скачать приложение Ural IFE до начала рейса, и далее в нем будут доступны следующие опции: просмотр фильмов, приобретение продукции, знакомство с путеводителями по городам, игры. В приложении используются корпоративные цвета и логотип Уральских авиалиний, вследствие чего пассажирам ненавязчиво напоминают о выбранной авиакомпании, и о комфорте на борту самолета именно этого «бренда».

Также, в авиакомпании «Аэрофлот» успешно практикуется бонусная программа — «Аэроигры». Это игровое мобильное приложение, которое даёт возможность пассажирам с интересом проводить время ожидания рейса и зарабатывать мили программы «Аэрофлот Бонус». Сами игры связаны с циклом авиаперевозок Аэрофлот. Пассажиры могут погрузиться в процесс, и в развлекательном формате изучить основные услуги, предоставляемые клиентам. За успешное прохождение начисляются бонусы, которые в последующем можно обменять на повышение класса обслуживания или покупку билетов. Эти факторы не только интерпретируются как приятные вознаграждения, но и вызывают положительные эмоции и интерес, которые напрямую ассоциируются с брендом «Аэрофлот».

Подводя итог исследованию, можно отметить, что геймификация — это бизнес-инструмент, представляющий собой новое направление для достижения целей, которые поставлены перед организациями, в частности перед авиакомпаниями. Данный метод направлен на то, чтобы привнести элементы игр в бизнес-процессы, придать свежий импульс, а также привлечь внимание аудитории к бренду.

Список использованных источников:

1. Е. Ромат, Д. Сендеров Маркетинговые коммуникации. М.: Издательский дом «Питер», 2017 г. — 496с.
2. Официальный сайт авиакомпании «Уральские Авиалинии» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://ural.life.aero/>
3. Официальный сайт авиакомпании «Аэрофлот» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru/aerogames/>

Использование модульных технологий в продвижении продукции гражданского авиационного

Пашова В.А.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Для грамотной реализации имеющихся ресурсов и эффективного выполнения производственной деятельности компаний требуется уделить внимание разработке правильных последовательных действий, которые позволят завоевать лидерство на определенном сегменте рынка.

Public Relations в деятельности любого предприятия выполняют задачу по формированию положительного имиджа, поддерживают корпоративный дух и создают определенные тенденции общественного мнения. Реализация PR-деятельности требует комплексного применения технологических схем, то есть модульных технологий — или по-другому модулей. PR-технологии являются своеобразными инструментами по реализации намеченных планов. Их комплексное использование позволяет добиться более высоких результатов работы. Модульные технологии представляют именно этот комплекс всех необходимых инструментов. Этим обусловлена актуальность исследования.

Изучению специфики применения модульных технологий в коммуникативной деятельности посвящены научные работы таких исследователей как А.Н. Чумиков, М.П. Бочаров, С.А. Самойленко и т.д.

Цель исследования: проанализировать особенности использования модульных технологий в авиационной отрасли.

За последние годы, с внедрением и развитием информационных технологий изменились подходы к коммуникативной деятельности. Офлайн способы передачи информационных сообщений уходят в прошлое, появляются новые модульные технологии.

В современных условиях к модулям коммуникационного планирования исследователи относят общее планирование, планирование бренд-коммуникаций, планирование фирменного стиля, планирование mediarelations. Кроме того, привычные модули видоизменяются и переводятся в онлайн-формат, т.е. к традиционным офлайн средствам массовой информации добавились новые цифровые методы. Информация стала распространяться в режиме реального времени, информационные технологии стали более мобильными, что позволяет использовать интернет в качестве эффективного инструмента связей с общественностью.

Проведение различных мероприятий, например, пресс-конференций, пресс-туров, выставок стало проводиться как в очном, так и в онлайн-формате. Осуществление дистанционной работы по подготовке и проведению назначенных мероприятий способствовало разработке новых модульных технологий. Так «Объединенная авиастроительная корпорация» смогла провести цикл необходимых мероприятий в дистанционном режиме и развить такой модуль, как онлайн-проекты. Это стало возможным только благодаря комплексному использованию модулей. Например, в продвижении проекта МС-21 начали использоваться онлайн-конференции, трансляции и новейшие способы презентации. К началу 2022 года были опубликованы видео из салона самолета, полет и приземление, были проведены многочисленные конференции и презентации в новом формате.

Таким образом можно сделать вывод, что с помощью модульных технологий «ОАК» смогла вывести проект МС-21 на совершенно новый уровень. Это впоследствии позволило заключить договоры не только с лидирующими авиакомпаниями России, но и с зарубежными организациями. Дальнейшее развитие и использование модульных технологий предоставит возможность расширить инструменты PR-специалистов по продвижению продукции авиационного.

Список использованных источников

1. Чумиков А.Н., Бочаров М.П., Самойленко С.А. Реклама и связи с общественностью: профессиональные компетенции [Текст]. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2016. 520 с.
2. Официальный сайт ОАК [Режим доступа: [Режим доступа: <https://www.uacrussia.ru>] (дата обращения 25.02.2022).

Интернет-реклама как инструмент продвижения авиационной компании «Аэрофлот — российские авиалинии»

Першина Л.А.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Сегодня авиация — важнейшая часть мировой транспортной системы. В эпоху цифровой трансформации сектор авиаперевозок больше всего нуждается в быстром и безопасном продвижении с помощью цифровых технологий. Если авиакомпания до сих пор не проявляет активности в digital-среде, значит, она упускает что-то очень прибыльное или выгодное.

Существует большое количество авиационных компаний, каждая из которых стремится обойти своих конкурентов и занять лидирующее место на рынке. Это достигается в том числе за счет успешного применения рекламных инструментов. Интернет-реклама стала незаменимым способом достижения цели по продвижению организации, особенно в новых реалиях современного мира. Так компания способна рассказать о своих услугах или товарах и отразить конкурентные преимущества. Таким образом, тема исследования является актуальной.

Принципы и методы использования современных информационно-коммуникационных технологий и интернет-рекламы рассматривали в своих научных трудах такие авторы как В.В. Трофимов, М.И. Барабанова, В.И. Княев, Е.В. Трофимова, А.А. Година и др.

Цель исследования — проанализировать особенности рекламных коммуникаций авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии» в интернет-пространстве как инструмента продвижения.

Авиакомпания «Аэрофлот — российские авиалинии» является ярким лидером на российском рынке. Эффективность работы отделов рекламы находится на достаточно высоком уровне, что привлекает огромное количество новых клиентов. Продвижение в социальных сетях является одним из приоритетных направлений, так как в век информационных технологий практически у каждого реального или потенциального клиента на рынке пассажирских перевозок есть аккаунт на той или иной социальной платформе. Рекламные инструменты позволяют размещать информацию практически в любом формате, начиная от баннерной рекламы до использования гибридных технологий.

Сегодня применение технологий в Интернет-рекламе связано с изменяющейся внешней средой авиакомпании. Что когда-то было наиболее эффективным способом, сейчас может дать прямо противоположный результат. Поэтому важно следить за трендами и всегда контролировать ход рекламной кампании, так как от этого зависит имидж авиакомпании.

Рекламное продвижение авиакомпании «Аэрофлот» в сети Интернет подразумевает работу практически во всех социальных сетях и поисковых системах. От качественной настройки Интернет-рекламы зависит дальнейшая прибыль. Так настройка контекстной, баннерной и таргетированной рекламы, регулярное обновление информационного наполнения сайта авиакомпании являются лишь одними из многих инструментов рекламных кампаний.

Авиакомпания создает и продвигает уникальный рекламный и информационный видеоконтент на таких площадках как Instagram, Facebook, Twitter, ВКонтакте, YouTube, Одноклассники и др. [1]. Бренд авиаперевозчика продвигается на страницах лидеров мнений, за счет формирования пула лояльных клиентов компании, создания информационных рассылок в мессенджерах, размещения текстового контента.

В 2022 году авиакомпания «Аэрофлот» объявила тендер на размещение рекламы на главной странице и в видеосети «Яндекса», а также проведению медийных кампаний в «Яндекс.Директе» [2].

Использование технологий интернет-рекламы авиаперевозчиком можно считать эффективным, поскольку он на протяжении многих лет сохраняет позиции лидера в рейтингах пассажиропотока.

Таким образом, грамотно выстроенная стратегия рекламных коммуникаций в интернет-пространстве помогает успешно продвигать организацию и позволяет компании «Аэрофлот — российские авиалинии» оставаться одной из лучших авиакомпаний России.

Список использованных источников:

1. Годин А. А. Интернет-реклама [Текст]. Москва: Дашков и К, 2012.168 с.
2. Трофимов В.В., Барабанова М.И., Кияев В.И., Трофимова Е.В. Информационные системы и цифровые технологии. Часть I [Электронный ресурс]. Москва [Режим доступа: <http://89.218.140.251/ek/ИНФОРМАЦИОННЫЕ%20ТЕХНОЛОГИИ%20В%20%20Т%20-%20Трофимов%20В.В.%20-%20Отв.%20ред.%20-%20978-5-9916-5037-3.pdf>] (дата обращения 03.03.2022).
3. Сайт авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aeroflot.ru> (дата обращения 03.03.2022).

Участие в профессиональных выставках как способ PR-продвижения предприятия авиационной отрасли

Последова А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования участия предприятий авиационной отрасли в профессиональных выставках как способа PR-продвижения состоит в том, что в связи с ростом конкуренции на рынке авиастроения у предприятий возникает необходимость выделиться среди других и закрепить позицию на рынке в долгосрочной перспективе. Целью исследования является анализ участия в профессиональных выставках как способа PR-продвижения предприятий авиационной отрасли. Вопросом данного способа PR-продвижения занимались многие исследователи, среди которых Ф.И. Шарков, исследовавший выставочный коммуникационный менеджмент, В. В. Герасименко и К. В. Симонов, представляющие в своих работах выставочную деятельность важным элементом работы предприятия в условиях рыночной экономики.

Под выставкой понимают систематически организуемое, ограниченное по времени проведения мероприятие, в ходе которого экспонентами представляются товары и услуги различных отраслей в виде выставочных образцов. Выставки обладают преимуществом перед другими способами PR-продвижения: в рамках такого мероприятия предоставляется возможность максимально точно донести информацию и продемонстрировать ее обоснованность потенциальным потребителям, что в конечном итоге не может не содействовать продажам. Помимо этого, пополняется контактная база организации, создаются условия для заключения договоров о долгосрочном сотрудничестве или же о партнерстве. Выставка как способ PR-продвижения полезна тем, что посредством реализации таких контактов в ходе ее проведения и складывается первичный образ организации или корректируется имеющийся. Экспонентам предоставляется шанс изучить рынок, конкурентов и их проектную деятельность, инновационные разработки, сделать выводы о тенденциях в отрасли. Зачастую крупные выставки хорошо освещаемы в СМИ, что приносит узнаваемость предприятию среди общественности.

Для максимизации эффекта от участия в выставке организации авиационной отрасли нужно тщательно продумать каждый аспект: начиная от определения целевой аудитории и рассылки пресс-релизов, заканчивая оценкой проделанных усилий. При комплексном подходе к участию предприятия в профессиональной выставке возникает синергетический

эффект, способный принести предприятию не только известность, но и экономическую выгоду.

Так, в ноябре 2021 года, в рамках авиасалона «Dubai Airshow», благодаря выверенной системе PR-продвижения, в частности — насыщенной программе и презентациям истребителя Checkmate и бизнес-джета Augus, Рособоронэкспорт не только закрепил за собой статус одного из лучших экспонентов, но и поддержал интерес к российским разработкам в целом. Это можно понять по факту суммы заключенных контрактов на поставку авиационной техники — она составила \$1,3 млрд. Участие в профессиональной выставке — авиасалоне «МАКС-2021», — также привело Объединенную авиастроительную корпорацию к заключению договоров на поставку клиентам 58 самолетов Sukhoi Superjet-100 и 19 региональных Ил-114-300. В ходе использования такого способа PR-продвижения, ОАК представила экспозиционную программу, провела полетную и деловую, что поддержало ее имидж среди профессионального сообщества. Между корпорацией и МАИ (НИУ) было подписано соглашение о сотрудничестве, фокусом которого стало основание учебного центра по подготовке инженерно-технического, наземного персонала, летного состава и бортпроводников. Таким образом, с помощью участия в «МАКС» как способа своего PR-продвижения ОАК не только смогла добиться новых выгодных контрактов, но и обеспечить себе имидж привлекательного потенциального работодателя.

Подводя итоги, стоит сказать о том, что участие в профессиональных выставках — это эффективный способ коммуникации в системе PR-продвижения и экономически целесообразное решение для предприятий авиационной отрасли в условиях конкурентной борьбы.

Список использованных источников:

1. Выставочный маркетинг [Текст] / В. В. Герасименко, К. В. Симонов; экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. — Москва: Проспект, 2018. — 358 с.
2. Московский авиационный институт [Электронный ресурс]. — М., 1997-2022. Режим доступа: <https://mai.ru/> (дата обращения 16.02.2022).
3. Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.uacrussia.ru> (дата обращения 16.02.2022).
4. Ростех [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rostec.ru> (дата обращения 16.02.2022).
5. Шарков Ф.И. Выставочный коммуникационный менеджмент. Управление выставочными коммуникациями [Текст]. — М.: Альфа-Пресс, 2006.

Digital-сторителлинг как метод визуализации историй на примере авиакомпании Utair

Скорик А.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Сторителлинг — это искусство рассказывать увлекательные и захватывающие истории, способные удержать необходимую аудиторию. Не так давно сторителлинг перешел на новый цифровой (digital) формат из-за того, что на сегодняшний день большую часть контента потенциальные потребители получают из Интернета и телевидения. Человек вовлечен в ту же самую историю, но в более облегченном для его восприятия виде: различные картинки, инфографика, видеоролики и т.д.

Цель исследования — продемонстрировать особенности и эффективность цифрового сторителлинга на примере авиакомпании Utair.

Данный вопрос в научной литературе рассматривают такие авторы, как Желтобрюх И.А. «Digital-сторителлинг — важнейший инструмент в формировании бренда», Шушур В.В. и Артамоновой И.М. «Видеосторителлинг как инструмент работы с вниманием аудитории», научные работы Ерастова А.А. и Самсонова Л.Н.

В 2018 году авиакомпания Utair провела масштабный ребрендинг, целью которого являлось донесение и укрепление в сознании потребителей миссии и ценностей компании. Авиаперевозчик запустил серию мини-фильмов под общим названием «Туда, где вас ждут». В нее вошли такие ролики, как: «В родной город», «В столицу», «В деревню». В каждом из роликов зрителей переносят в знакомую для них обстановку: когда мы возвращаемся в родной дом после долгой разлуки, когда преодолеваем лабиринты новостроек, чтобы увидеть любимого внука или же предаемся воспоминаниям на пути к деревне, в которой провели свое детство. В общей сложности, три мини-фильма набрали 1,4 млн просмотров на платформе YouTube, что говорит о том, что компании удалось проникнуть в сердца аудитории путем визуализации привычных для людей историй. Так, кампания Utair «Туда, где вас ждут» стала не столько рекламой, сколько призывом вспомнить о тех, кто нам дорог.

Помимо этого, креативной команде авиакомпании удалось привлечь внимание не только широкой общественности, но и специалистов в области рекламы. Utair получила награду «Арт-Серебро» на российском конкурсе креатива, рекламы и дизайна ADCR Awards. И, в связи с этим, в качестве рекомендаций можно предложить несколько вариантов дальнейшего использования технологии digital-сторителлинга в последующих рекламных кампаниях. Например, интегрировать существующую структуру сюжета в современные реалии: «в интернете хорошо, но дома лучше». Или же, показать, как важно не пропустить самые ценные моменты жизни близких нам людей, как это сделал McDonald's в своей рекламе «Family time forever».

По итогам исследования, можно сделать вывод, что digital-сторителлинг является эффективным инструментом не только визуализации рекламных сообщений, но и способом донесения миссии и ценностей компании. Также, благодаря цифровому сторителлингу ролик по продвижению услуг компании можно превратить в социальную рекламу, что и продемонстрировал Utair. А предложенные рекомендации позволят в дальнейшем усилить эффект подобных сообщений.

Список использованных источников:

1. Ерастова А.А. Цифровой сторителлинг как современная маркетинговая технология продвижения и продаж в Интернете // Скиф. 2019. №5-2 (33). [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-storitelling-kak-sovremennaya-marketingovaya-tehnologiya-prodvizheniya-i-prodazh-v-internete>. Дата обращения: 16.02.2022.
2. Желтобрюх И.А. Digital-сторителлинг — важнейший инструмент в формировании бренда // Инновации, технологии и бизнес. Выпуск No 2(6), 2019. [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://cchgeu.ru/upload/chairs/innov-i-stroy-fiz/2020/Инновации,%20технологии%20и%20бизнес,%20выпуск%202\(6\)%20,2019%20г..pdf](https://cchgeu.ru/upload/chairs/innov-i-stroy-fiz/2020/Инновации,%20технологии%20и%20бизнес,%20выпуск%202(6)%20,2019%20г..pdf). Дата обращения: 15.02.2022.
3. Кампания Utair «Туда, где вас ждут» стала призёром премии ADCR Awards 2018 // 2018 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.utair.ru/about/news/kampaniya-utair-tuda-gde-vas-zhdut-stala-prizerom-premii-adcr-awards-2018/>. Дата обращения: 19.02.2022.
4. Шушур В.В., Артамонова И.М. Видеосторителлинг как инструмент работы с вниманием аудитории // Материалы V Международной научной конференции. под общей редакцией С.В. Беспаловой. Донецк, 2020. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44717677>. Дата обращения: 15.02.2022.

Технологии формирования имиджа продукции гражданского авиастроения Туальбаева Э.В.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Имидж высокотехнологичной продукции — это представление об особенностях производимой компанией продукции, ее специфике и способности удовлетворить потребности целевых аудиторий. Он включает в себя элементы имиджа организации и личного имиджа руководителя. В современных связях с общественностью наиболее

проработанными и изученными является личностный, имидж организации (корпоративный имидж), имидж товара (продукции или услуги).

В построении имиджа высокотехнологичной продукции заключается одна из центральных задач в деятельности по связям с общественностью, в том числе и в авиационной отрасли. Формирование положительного имиджа и высокой репутации организации является динамическим и длительным процессом, главным условием которого является активность организации на рынке. Завоевание определенной известности, приобретение репутации, обеспечение финансового успеха и положительного имиджа организации. Таким образом, тема исследования является актуальной в современных условиях.

Вопросы формирования имиджа изучали такие авторы как Ф.И. Шарков, А.Н. Чумиков, М.А. Беляева, В.А. Самкова, И.С. Важенина, Галунов Э.А.

Цель исследования: изучить принципы формирования имиджа продукции гражданского авиастроения.

Имидж — не абстрактное понятие, так как его можно оценить и выразить в числовом эквиваленте. Контроль над факторами, влияющими на имидж производителей авиационной техники, следует предоставить исключительно профессионалам. Вопросы, связанные с имиджем следует поставить на одну из самых высоких позиций по контролю, наряду с финансовыми показателями авиакомпании. Такой контроль должен находиться на уровне руководителя. Имидж находится в неразрывной связи, и напрямую воздействует на экономические показатели организации, именно поэтому, чтобы завоевать рынок, необходимо превзойти по качеству товар компаний-конкурентов и стремиться оказаться впереди по имиджевым показателям. Таких показателей можно достичь лишь с применением высокотехнологичной продукции, постоянной работой над имиджем организации, совершенствованием технологий, грамотным выстраиванием медиаплана и постоянным контролем качества. Усердная работа над этими факторами гарантированно обеспечит сформировать такой уровень доверия и профессиональной компетентности, когда продукция компании будет так или иначе положительно восприниматься целевой аудиторией, общественностью и средствами массовой информации.

На сегодняшний день в РФ существует высокая потребность рынка, для обеспечения доступности граждан в среднемагистральных и ближнемагистральных самолётах российского производства (включая международные перевозки) в количестве около воздушных судов.

Одним из разработанных и введённых в эксплуатацию самолетов российского производства является действующий и выполняющий перевозки самолёт SSJ-100. Он был изначально разработан для региональных перевозок с упрощенной погрузкой и выгрузкой багажа.

В качестве перспективного ВС, удовлетворяющего потребностям рынка в ближнемагистральных перевозках, произведено и в данный момент проходит сертификацию новое ВС — МС-21, разработанный корпорацией «Иркут» (ОКБ «Яковлева»). На сегодняшний день (международной кооперацией) происходит разработка нового широкофюзеляжного самолета (ШФДМС). Самолёт МС-21 имеет высокую экономическую и топливную эффективность, сравнимую с воздушными судами однотипного класса. Данный самолет имеет новый двигатель российского производства ПД-14. Поставки данных воздушных судов планируются в ведущих авиакомпаниях РФ, таких, как «Аэрофлот», «Россия», «Red Wings».

На данный момент на международных и внутренних воздушных линиях эксплуатируются воздушные суда, такие как Ту-204/214, произведённые ОКБ имени А.Н. Туполева. На сегодняшний день эти самолеты уже выполняют авиаперевозки в интересах РФ.

Таким образом, после проведения предварительного исследования и анализа существующего рынка гражданской авиации, я пришла к выводу, что среднемагистральный самолёт российского производства, МС-21, полностью соответствует потребности удовлетворении рынка воздушных перевозок в интересах РФ.

Список использованных источников:

1. Беляева, М. А., Самкова, В. А. Азы имиджологии: имидж личности, организации, территории. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т., 2016. 184 с.
2. Шарков Ф.И. Имидж фирмы: технологии управления. Москва: Академический проект, 2006. 270 с.
3. Чумиков А. Н. Реклама и связи с общественностью: Имидж, репутация, бренд. М.: Аспект Пресс, 2017. 159 с.
4. Официальный сайт корпорации Иркут [Режим доступа: <https://www.irkut.com/>] (дата обращения 25.02.2022).
5. Официальный сайт ОАК [Режим доступа: [Режим доступа: <https://www.uacrussia.ru/>] (дата обращения 25.02.2022).

Управление PR-коммуникациями авиакомпаний в кризисных ситуациях

Тышкевич М.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Авиакомпания, аэропорты и производители самолетов сталкиваются с такими кризисами, как: погодные условия и задержки, проблемы с сотрудниками и профсоюзам, технические поломки, нормативные требования, терроризм, аварии, гибель людей, пандемия. Сотрудникам пресс-служб авиационных компаний во время кризисных ситуаций приходится решать вопросы и улаживать много проблем, как внутри авиакомпании, так и за ее пределами.

Цель: выявление ключевых характеристик кризисных коммуникаций, а также закономерностей действий специалистов по связям с общественностью в авиакомпаниях.

Специалисты по связям с общественностью должны помнить о необходимости поддерживать прозрачность в отношениях со своей аудиторией, будь то СМИ, подписчики в социальных сетях или члены семей пассажиров или сотрудников. Кроме того, в мирное время коммуникаторам необходимо устанавливать доброжелательность и доверие к бренду со стороны этих аудиторий, чтобы создать паблицитный капитал, который понадобится компании в кризисной ситуации.

План антикризисного управления в авиакомпании включает в себя несколько взаимосвязанных элементов. После печального события эти элементы помогают компании расследовать и решить проблему в самом ее источнике. Подобные сведения помогают понять сотрудникам, что делать в подобных ситуациях в будущем, восстанавливают доверие общественности к компании с помощью внешних коммуникационных кампаний.

При составлении плана PR-коммуникаций в кризисной ситуации для авиакомпании, стоит учитывать следующие правила:

- Тесная связь PR-специалистов с высшим руководством.
- Организация внутренних коммуникаций среди сотрудников.
- Проявление сочувствия к переживаниям клиентов.

Одним из наглядных примеров применения антикризисных PR-коммуникаций является ситуация, произошедшая с авиакомпанией «Когалым-Авиа» в октябре 2015 года. Авиалайнер Airbus A321, на борту которого находилось 224 человека, выполнял перелет из Шарм-эль-Шейха в Санкт-Петербург и потерпел крушение.

Анализируя действия представителей пресс-службы компании «Когалым-Авиа», можно отметить следующие положительные моменты:

1. Инициативность и активность в расследовании. На следующий день после авиакатастрофы представители компании собрали пресс-конференцию и открыто отвечали на возникающие вопросы журналистов о трагедии. Были затронуты вопросы причин случившегося и предмет компетентности самих пилотов. Журналистов заверили, что пилоты самолета имели все необходимые навыки и опыт для работы на подобном судне.

2. Работа с негативом и ложными обвинениями. После произошедшего в СМИ сразу же стали появляться новости о том, что к компании ранее выдвигались жалобы от работников

Египта о техническом состоянии самолета. Представители «Когалым-Авиа», в свою очередь, отметили, что это не соответствует действительности и проверкой лайнера перед вылетом занимаются лишь отечественные специалисты.

В процессе антикризисной деятельности по связям с общественностью авиакомпания, в том числе ее официальный владелец Исмаил Лепиев, открыто коммуницировали с представителями СМИ. Главной причиной трагедии сотрудники называли внешнее воздействие на судно, тем самым уверяя общественность, что это не могло случиться по вине пилотов или неквалифицированной проверки судна. Позже, по данным ФСБ РФ, было объявлено, что причиной является теракт, а не ошибка пилотов. Кроме того, на «Когалым-Авиа» повлияла эмоциональная составляющая восприятия аудитории. Некоторые ранние клиенты стали писать посты в социальных сетях в поддержку организации. Представители подтвердили, что помимо страховочных выплат, родственники погибших получают компенсации непосредственно от самой компании.

Таким образом, авиакомпании в своей деятельности сталкиваются с целым рядом проблем, некоторые из которых могут перерасти в последующий кризис. С момента появления в СМИ новости о затруднительном положении, акции предприятия значительно снижаются, клиенты отказываются от взаимодействия. В связи с этим авиакомпании несут убытки, что может послужить причиной их закрытия.

Так, оперативное реагирование, а также открытость пресс-службы авиакомпании «Когалым-Авиа» осенью 2015 года помогло значительно сократить давление на организацию в глазах общественности, в особенности после обнародования новостей о теракте. Не смотря на предпринятые меры из-за финансовых ограничений, в дальнейшем авиакомпания прекратила обслуживание и перевозки своих клиентов.

Следует отметить, что любая катастрофа связана с человеческими жертвами, поэтому надо сразу же реагировать и поддерживать постоянную связь как с внутренней, так и с внешней аудиториями.

Реклама авиакомпании «S7 Airlines» как инструмент управления конкурентоспособности организации

Файзуллаев Ш.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы. Конкурентоспособность обеспечивает выживание фирмы на рынке. Важнейшим элементом конкурентоспособности является информирование клиента об организации, ее товарах и услугах. Знания клиента о компании, представление о преимуществах компании (позиционирование) обеспечивает рекламная коммуникативная деятельность.

Цель работы: изучение использования рекламных коммуникаций авиакомпании «S7 Airlines» как инструмента управления конкурентоспособностью организации.

Степень разработанности темы: проблема влияния рекламных коммуникаций на конкурентоспособность активно изучается в научной литературе. Можно отметить следующих авторов: Сысоева Е.В., У.Ю. Пашенко, В.Х. Тирацуян.

Конкурентоспособность — это возможность товара или услуги отвечать или соответствовать условиям рынка и требованиям потребителей не только с точки зрения качества, технических характеристик, но и с позиции экономических, эстетических характеристик, коммерческих и иных условий реализации товара или услуги (цена, сроки поставки, сервис, реклама).

Конкурентоспособность тесно связана с таким понятием, как конкурентные преимущества. Конкурентные преимущества фирмы — это особенности, свойства торговой марки или продукции, благодаря которым компания имеет превосходство перед конкурентами, на которые делается акцент в рекламе.

Конкурентные преимущества имеют следующие разновидности: естественные и искусственные. В естественные включают: цены, авторитет фирмы, наличие опыта, эмоциональная среда, простота покупки, расширенный ассортимент и др. В искусственные входят: ответственность, наличие отзывов, создание добавочных ценностей и другие.

Авиакомпания «S7 Airlines» является одной из самых успешных и узнаваемых в России, что во многом стало возможно в результате рекламных коммуникаций и кампаний организации, в которых всегда используются яркие цвета, позиционирование через счастье и радость, которые дарит компания своим пассажирам. Все это повышает узнаваемость «S7 Airlines».

Например, в рекламном ролике «Отпуск начинается» показывают счастливых танцующих людей разных полов, возрастов и профессий, параллельно отмечая многогранность рейсов в различные города мира. В ролике используются яркие цвета, а в конце слышим приятный голос, который ненавязчиво напоминает: «Отпуск начинается с покупки билета...». В данном рекламном продукте «S7 Airlines» обращает внимание на свои естественные конкурентные преимущества: расширенный ассортимент, простота покупки билета, эмоциональная среда. Но если посмотреть глубже, в рекламе так же отмечается искусственное преимущество — ответственность. Основной посыл рекламы в том, что компании важно подарить людям эмоции. Авиакомпания «S7 Airlines» — это компания, которая дарит радость людям еще до полета. Таким образом, потенциальные клиенты приятно реагируют на рекламу и запоминают ее, что влияет на еще одно естественное конкурентное преимущество — авторитет.

Те же конкурентные преимущества подчеркиваются в транзитной графической рекламе (на транспорте). Во всех рекламах подчеркивается, что «S7 Airlines» обслуживает более 1000 направлений перелетов. Реклама за счет ярких добрых фотографий подчеркивает радость, которую дарит компания, помогая встречаться людям, получать яркие впечатления, психологически подчеркивается надежность компании. Ей доверяют самое дорогое — перевозку детей.

Подводя итоги, важно отметить значительную роль рекламных коммуникаций «S7 Airlines», которая позволяет не просто удерживать конкурентоспособность авиакомпании, но и повышать ее. На сегодняшний день организация показала внушительные результаты. Об этом свидетельствуют ее естественные и искусственные преимущества, рассмотренные в исследовании, и рекламные коммуникации, которые играют важную роль в наше время. Нельзя не отметить также заслугу позитивно настроенной эмоциональной составляющей в рекламных кампаниях «S7 Airlines», ведь именно с помощью проникновения в души людей им удастся завоевывать опыт, хорошие отзывы, а из этого — авторитет. Поэтому «S7 Airlines» является одной из самых известных авиакомпаний в России.

Список использованных источников:

1. Антипов К. В. Основы рекламы. Москва, 2018. 328 с.
2. Пащенко У.Ю., Тирацян В.Х. Реклама как необходимый фактор повышения конкурентоспособности предприятий [Электронный ресурс] 2018. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/reklama-kak-neobhodimyy-faktor-povysheniya-konkurentosposobnosti-predpriyatiyu> (дата обращения 25.02.2022).
3. Сулова Ю. Ю., Щербенко Е. В., Веремеенко О. С., Алёшина О. Г. Маркетинг. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. 380 с.
4. Сысоева Е.В. Инструменты повышения конкурентоспособности компаний [Электронный ресурс] 2018. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-povysheniya-konkurentosposobnosti-kompaniy> (дата обращения 25.02.2022).
5. Чернопяттов А. М. Маркетинг. Москва: ПАЛЕОТИП, 2019. 345 с.

Онлайн-опросы как метод совершенствования коммуникативной политики авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии»

Хакимов Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.ю.н. Дубинина Н.М.

МАИ, Москва

Актуальность исследования заключается в необходимости получения точной информации о целевых группах для адаптации коммуникативной политики и предложения товаров и услуг в соответствии с предпочтениями разных клиентов, в том числе труднодоступных сегментов, что достигается путём проведения онлайн-опросов. К подобным методикам анкетирования как вида опроса для совершенствования коммуникативной деятельности прибегает авиакомпания.

Цель исследования — изучить методологию онлайн-опросов как инструмента совершенствования коммуникативной политики российских авиакомпаний.

Степень разработанности темы — онлайн-опросы как методы исследования групп потребителей изучаются современной наукой. Отметим работы А.П. Кеда, П.М. Агаевой и Н.С. Мартышенко.

Опрос как метод исследования является наиболее распространённым способом получения первичных данных. Полученная информация позволяет выявить предпочтения в товаре или услуге представителями различных рыночных сегментов.

Авиакомпания «Аэрофлот» прибегает к онлайн-опросам, так как они позволяют обеспечить широкий охват аудитории и сокращают расходы на проведение исследований, обеспечивают возможность работы с большим объёмом выборочной совокупности, позволяют быстрее обрабатывать данные. На основе полученной информации авиакомпания разрабатывает рекомендации по совершенствованию коммуникативной политики.

Российские авиакомпании при проведении исследований, направленных на совершенствование коммуникативной политики, прибегают к услугам платформ SurveyMonkey и GoogleDocs, располагающих различными конструкциями вопросов и статистикой респондентов. Эти платформы отличаются удобством пользования, что в совокупности позволяет повысить качество онлайн-опросов и, как следствие, эффективность коммуникативной политики авиакомпаний. Указанные платформы используются авиаперевозчиками как один из сервисов для составления онлайн-анкет.

Большое значение в коммуникативной политике авиакомпании «Аэрофлот» отводится воздействию на потребителя через программу лояльности. Для разработки и совершенствования информационной деятельности авиакомпании «Аэрофлот» проводит онлайн-опросы, в которых выясняет интересы групп потребителей, входящих в разные сегменты, их ожидания от авиакомпании, создавая социально-экономический, психологический портрет имеющихся потенциальных пассажиров, чтобы улучшить механизм информационного взаимодействия с ними. Изучая программу лояльности как элемент коммуникативной политики, выясняется степень информированности о ней, насколько она удобна и интуитивно понятна, влияет ли на лояльность (приверженность) авиакомпании «Аэрофлот».

Авиакомпания «Аэрофлот» сотрудничает с IT-компанией Agima в рамках формирования собственной программы лояльности и коммуникативной политики при её реализации. Для оценки эффективности информационной деятельности авиаперевозчика был проведён интернет-опрос в виде анкетирования.

В ходе исследования были изучены поведенческие сегменты клиентов, пользующихся перелётами с разной периодичностью и разными причинами использования бонусной программы. По итогам опросов было установлено, что некоторые недостатки были связаны с навигацией по правилам программы. Например, респонденты искали информацию о возврате билетов за мили не в разделе «Аэрофлот Бонус», а на сайте авиакомпании. В связи с подобными предпочтениями сегментов авиакомпания «Аэрофлот» пытается усовершенствовать коммуникативную политику, разрабатывая программу, удобную для максимального числа клиентов.

Таким образом можно сделать вывод, что авиакомпания «Аэрофлот» проводит онлайн-опросы, чтобы определить потребности потребителя, проблемы, с которыми он сталкивается, и на этой основе адаптирует свою коммуникативную политику под требования клиента, выявленные в ходе проведения онлайн-опросов.

Сайт «Российской самолетостроительной корпорации «МИГ» как PR-инструмент для привлечения кадров на предприятие

Чеченин С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Использование веб-сайта как PR-инструмента привлечения кадров — эффективная и популярная технология, которую используют высокотехнологичные компании. Актуальность темы объясняется острой конкуренцией на рынке труда за профессиональные кадры в аэрокосмической отрасли.

Цель исследования. Проанализировать механизм использования веб-сайта «Российской самолетостроительной корпорации «МИГ» как PR-инструмента, используемого для привлечения кадров на предприятие.

Обзор литературы. Важность веб-сайта для внешних и внутренних коммуникаций организации изучается многими авторами, например, Х.Н. Кушваха и А.В. Тараненко. Исследователи большое значение уделяют созданию благоприятного имиджа организации, что является одним из элементов привлечения потенциальных сотрудников, однако требуется подробное изучение сайта организации, как PR-инструмента привлечения кадров.

Под PR-инструментом понимаются все средства, приемы и методы, применяемые специалистами по связям с общественностью для решения задач в области коммуникационной политики. Веб-сайт, являясь PR-инструментом, представляет собой визитную карточку организации и может формировать первое впечатление о ней.

Привлекая сотрудников к работе, организации акцентируют внимание потенциальных работников на различных факторах. К данным факторам можно отнести возможность карьерного продвижения, профессионального роста и обучения; благоприятный имидж организации; дружный коллектив и возможность быстрой адаптации для новых сотрудников; высокий уровень социальной ответственности организации, наличие социального пакета.

Сайт «РСК «МИГ» большое внимание уделяет привлечению сотрудников, на главной странице представлена вкладка «работа в организации» в которой описаны основные особенности и преимущества работы на данном предприятии.

На сайте обращено внимание на разнообразные выплаты социального характера, среди которых материальная помощь к очередному отпуску, единовременные выплаты работникам за многолетнюю работу. Все это представляет потенциальному сотруднику работу в РСК МИГ как удобное и стабильное место.

При использовании сайта как PR-инструмента большое внимание уделяется информированию соискателей вакансий о системе профессионального обучения персонала, а также возможностях карьерного роста при работе в корпорации.

Сайт как PR-инструмент делает акцент на том, что корпорация располагает развитой социальной инфраструктурой для отдыха, спорта и культурных мероприятий. Она, в частности, включает дома отдыха, профилакторий, летние оздоровительные лагеря для детей сотрудников.

На сайте затронуты такие аспекты как специальные программы адаптации на предприятии для молодых сотрудников, а также возможности целевого обучения и наличие совета молодежи корпорации.

Сайт РСК МИГ успешно освещает факторы, которые являются ключевыми в привлечении потенциальных сотрудников к работе в организации. Рассказывая о

преимуществах, а также создавая положительный имидж в интернете данная корпорация представляется, как хорошее место для работы.

Это позволяет сделать вывод о эффективности применения сайта РСК МИГ как PR-инструмента, используемого для привлечения кадров.

Список использованных источников:

1. Кушваха, Х. Н. Сайт как способ поддержания и развития имиджа Московского авиационного института / Х. Н. Кушваха, А. В. Тараненко // 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.

Эффективность продвижения конференции «LINGVA.TECH» Московского Авиационного Института в социальной сети "ВКонтакте"

Шунина К.Д.

Научный руководитель — Алехина О.А.

МАИ, Москва

В начале XXI века изменилась роль науки в жизни общества. Появление новых технологий и инноваций оказало влияние на взаимодействие науки и массовой аудитории. Таким образом, выстраивание эффективных научных коммуникаций стало одной из важнейших целей научных организаций, особенно, занимающих лидирующее положение в сложных высокотехнологичных отраслях, таких как аэрокосмическая.

Современные коммуникации невозможно представить без социальных сетей, в цифровом пространстве люди не только обмениваются идеями, мыслями, переживаниями, но и ищут актуальную для себя информацию. Научные организации также стали использовать digital-коммуникации для выстраивания взаимодействия с целевыми аудиториями.

Ярким примером эффективного продвижения научных мероприятий в интернет-пространстве является Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), который проводит множество научных мероприятий, посвященных развитию аэрокосмической отрасли. Конференции для молодежи (которая является одной из основных целевых аудиторий для вуза) продвигаются в социальных сетях, что позволяет привлечь к ним повышенное внимание.

Актуальность рассматриваемой темы высока, так как социальные сети являются одним из ведущих инструментов для привлечения внимания аудитории к деятельности научно-образовательных проектов. Поэтому продвижение студенческих мероприятий в интернет-сообществах — перспективное направление.

Вопросы анализа эффективности коммуникативной деятельности в социальных сетях рассматривают такие авторы как Ф.И. Шарков, А.Н. Чумиков, В. Гольденберг, Д. Халилов и др. Тем не менее, в отношении научных мероприятий этот вопрос изучен недостаточно.

Цель исследования: проанализировать эффективность социальной сети «ВКонтакте» для продвижения научного мероприятия Московского авиационного института — первой всероссийской конференции по прикладной лингвистике и профессионально-ориентируемому иностранному языку сообщества «Lingua.tech 2021».

В начале 2021 года в Московском авиационном институте началась подготовка к конференции «Прикладная лингвистика и профессионально-ориентированный иностранный язык». Поскольку мероприятие проводилось в первый раз, было необходимо привлечь к нему внимание потенциальных участников, среди которых как студенты и аспиранты МАИ, так и внешняя аудитория (школьники, учащиеся других вузов, молодые ученые).

Для продвижения данного мероприятия среди молодежи была выбрана платформа «ВКонтакте». 31 марта 2021 года было создано сообщество «Первая Всероссийская конференция». В сообществе размещались официальные, информационные и развлекательные посты.

За период активности группы (31 марта – 10 декабря) была опубликована 61 запись. Размещенные сообщения собрали 8320 просмотров.

Активность подписчиков оценивалась по таким параметрам, как показатель вовлеченности, уровень привлекательности, уровень общительности.

Показатель вовлеченности составил 7,3%, уровень привлекательности — 345%. Согласно данным маркетинговой платформы Scrunch — это высокий уровень. Уровень общительности аудитории составил 1,4%. Тем не менее, подписчики активно участвовали в игре «лингвоквиз» — количество отвечающих на вопросы составляло до 22 человек.

Конференция прошла успешно и привлекла внимание студентов, аспирантов и молодых ученых ведущих Российских вузов. Особенно важно, что был представлен широкий перечень докладов, посвященных проблемам лингвистики и связей с общественностью в сфере авиации и космонавтики.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы: сообщество «Первая Всероссийская конференция» в социальной сети Вконтакте позволило привлечь и заинтересовать потенциальных участников конференции, сформировать лояльную аудиторию, которая читает сообщения, каждый день группу посещало около 10-15 человек. Наибольший интерес вызвали информационные посты, касающиеся проведения конференции (максимальное количество просмотров собрали «Итоги конференции» — 206 просмотров и «Расписание работы конференции» — 198 просмотров). Также аудитории интересны игровые формы коммуникаций.

Таким образом, за счет дальнейшего продвижения страницы в социальной сети возможно увеличить количество постоянных участников конференции и привлечь внимание новой аудитории. Для этого рекомендуется использовать такой прием, как геймификация — элементы игры для достижения целей, не связанных с играми.

Особенности проведения коммуникативных кампаний современных авиаперевозчиков в социальных медиа

Щербенева Н.В.

Научный руководитель — Аলেখина О.А.

МАИ, Москва

Современная авиационная отрасль отличается высокой конкуренцией, в рамках которой организации предлагают схожие продукты и услуги, ведут соперничество за одних и тех же клиентов. Наряду с качеством предлагаемых услуг авиакомпания делают упор на формирование доверия потребителей к авиаперевозкам.

Главной целью коммуникативных кампаний являются прямые продажи услуг пассажирам в различных формах. Однако, к намерениям прямых продаж добавляется позиционирование социальной ответственности организации и поддержка лояльности среди реальных и потенциальных клиентов.

Для успешного ведения бизнеса цифровые коммуникации стали незаменимыми. Поэтому в современных условиях актуальным и востребованным инструментом для формирования лояльности аудитории является SMM-маркетинг в социальных медиа.

По статистике, более 70% людей боятся летать, что является дополнительным барьером в продвижении услуг авиаперелетов. Он может быть минимизирован посредством формирования доверия к бренду авиаперевозчика и самой услуге с помощью технологии SMM. Таким образом, тема исследования является актуальной.

Особенности проведения коммуникативных кампаний в социальных медиа изучали такие авторы как Ф.И. Шарков, А.Н. Чумиков, В.И. Горощко и другие. Тем не менее, применительно к авиационной сфере тема изучена недостаточно.

Цель исследования: проанализировать особенности проведения коммуникативных кампаний в социальных медиа современными авиаперевозчиками.

Залогом успешного контента в современном медиа-пространстве является уникальность и регулярность. Если все инструменты, методы и представительства в социальных сетях подобраны верно, то кампания достигнет цели.

Социальные сети для авиакомпаний служат самым эффективным с точки зрения времени инструментом передачи информации. Они позволяют персонализировать коммуникации, ориентировать их на потребности клиентов, обеспечить своевременность и оперативность доставки сообщений. Кроме персонализированных предложений для клиентов важное значение имеют общие новости компании.

Узнаваемость бренда авиаперевозчика напрямую зависит от качества его онлайн-представительства, поскольку социальные сети — это еще и место, где люди проводят досуг. Исходя из этой логики, интересным способом продвижения услуги пассажирской авиаперевозки являются кейс-стори — рассказы о пилотах и членах экипажа, выполняющих рейсы.

Формирование доверия при помощи онлайн-трансляции полета из кабины пилота, блога о буднях стюардессы или опыта путешествия дирекции авиакомпании не только способствует привлечению клиентов бренда, но и несет в себе социальную функцию, которая заключается в минимизации страхов перед полетами у широкой общественности.

После того, как авиакомпания привлекла внимание и заинтересовала клиента в виртуальной среде, важным этапом является его удержание. Многие современные авиакомпании вводят программы лояльности, в рамках которых чаще всего бонусом является начисление миль за перелет.

На доверие также влияют ответы на вопросы и комментарии пассажиров в социальных сетях. Авиакомпании делают акцент на ориентации на клиента. Современные технологии дают возможность включить в стратегию коммуникаций авиаперевозчиков интеллектуальную аналитику и статистические алгоритмы для определения того, как клиент будет реагировать на конкретное предложение, что они могут приобрести, какие возможности и кросс-продажи могут их заинтересовать.

Таким образом по итогам исследования можно сделать вывод, что коммуникативные кампании, проводимые авиаперевозчиками в социальных сетях, имеют некоторые особенности. Во-первых, социальные сети открывают для компаний новые пути к аудитории при помощи различных современных инструментов связей с общественности и рекламы. Во-вторых, они используются как для первоначального привлечения внимания к компании, так и способствуют росту продаж, направляя потребителей на сайты поиска электронных билетов. В-третьих, кампании формируют доверие и приверженность к бренду. В-четвертых, обратная связь, доступная практически в круглосуточном режиме, повышает скорость реагирования на запросы пассажиров, которые потеряли свой багаж, пропустили рейс или имеют иные трудности, связанные с процессом перелета. Кроме того, обмен и сбор эксклюзивной информации через социальные сети помогает уменьшить рекламные бюджеты, увеличить доход и повысить лояльность к авиакомпании.

Список использованных источников:

1. Горошко Е.И. Современная интернет-коммуникация: структура и основные параметры [Текст] // Интернет-коммуникация как новая речевая формация / науч. ред. Т. Н. Колокольцева, О. В. Лутовинова. М.: Изд-во Наука, Изд-во Флинта, 2012.

2. Чумиков А.Н. PR в Интернете: Web 1.0, Web 2.0, Web 3.0. М.: Альпина Паблишер, 2010. 134 с.

3. Шарков Ф.И. Интерактивные электронные коммуникации. М.: Дашков и К°, 2010. 260 с.

4. Шарков Ф.И. Коммуникология: основы теории коммуникации. М.: Дашков и К°, 2013. 487 с.

Использование предприятиями авиационной сферы коммуникаций в сети Интернет для привлечения молодежи

Яковлева С.А.

Научный руководитель — доцент, к.ю.н. Дубинина Н.М.

МАИ, Москва

Актуальность данного исследования обусловлена сложившемся дефицитом молодых специалистов на авиационных предприятиях, зачастую вызванным недостаточной информационной активностью и отсутствием популяризации направления со стороны PR- и HR-служб предприятий.

Цель исследования. Изучить механизм использования предприятиями авиационной отрасли коммуникаций в сети Интернет для привлечения молодежи к работе в отрасли.

Изучение коммуникаций в сети Интернет ведется интенсивно. Среди публикаций отмечены работы Е.П. Белинской, Т.Н. Колокольцевой и О.В. Луговиновой, Е.А. Осипова.

В современных рыночных условиях эффективное использование коммуникаций в сети Интернет является ключом к долгосрочному и непрерывному процессу функционирования предприятия. Учитывая возрастающий интерес молодежи к социальным сетям, данные коммуникации позволяют повышать интерес аудитории к авиационной отрасли, побуждая получить образование для работы в ней, устраиваться на доступные вакансии.

Среди целевых аудиторий авиационных предприятий молодежь занимает особую нишу, так как приток новых кадров в отрасль — условие ее динамичного развития в будущем. Под молодежью, как целевой аудиторией коммуникаций будем понимать выпускников образовательных учреждений, студентов, учащихся, школьников, лиц до 30 лет, которые предлагают свои услуги на рынке труда.

В интернет-среде российские предприятия авиационной промышленности используют сайты, зачастую являющиеся для них единственным информационным ресурсом в цифровом пространстве. Социальные сети применяют в качестве инструмента коммуникации намного реже, информация в них носит, в большинстве своем, официальный характер, что не соответствует запросам целевой аудитории.

Примером современного и перспективного подхода к ведению Интернет-коммуникаций с молодежью может служить интернет-ресурс Публичного акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Иркут». Сайт организации, развиваемый сотрудниками пресс-службы, отражает динамичное развитие авиационного предприятия. Ресурс оформлен максимально информативно и насыщено, способен привлечь внимание целевой аудитории. Сайт регулярно обновляется, предоставляет большой спектр предложений по обратной связи.

Сайт ПАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс им. Г.М. Бериева», также входящий в состав ОАК, не полностью учитывает запросы интернет-аудитории. PR-деятельности в социальных сетях практически не ведется.

Учебные заведения являются важным инфраструктурным элементом рынка авиастроения. Их эффективная коммуникативная деятельность позволяет заинтересовать молодежь карьерой в отрасли, подготовить кадры для предприятий. Успешным примером эффективной коммуникативной деятельности в сети Интернет по работе с молодежью является Московский авиационный институт. Интернет-коммуникации реализованы с помощью информационно наполненного сайта, где представлено многообразие востребованных студентами и абитуриентами материалов, в том числе информации об авиационной науке и промышленности, вакансий для выпускников. В социальных сетях публикуются истории карьерного роста, результаты сотрудничества с предприятиями-партнерами. Совместная коммуникативная деятельность предприятий и учебных заведений в сети Интернет по представлению авиационной отрасли позволит мотивировать молодежь получать образование, необходимое для работы в данном секторе экономики, дав информацию о возможностях его получения, имеющихся вакансиях.

Таким образом, использование коммуникаций в сети Интернет предприятиями авиационной промышленности позволяют проводить профориентацию молодежи,

рассказывая об отрасли, создавая мотивацию для трудовой деятельности в ней. Эффективность работы с молодежью возрастает, когда используются разные коммуникативные инструменты в сети Интернет (сайт, социальные сети и др.), проводится совместная деятельность всех элементов инфраструктуры рынка авиационной промышленности.

Список использованных источников:

1. Интернет-коммуникация как новая речевая формация: колл. монография / под науч. ред. Т.Н. Колокольцевой, О.В. Лутовиновой. — 3-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2016. — 328 с.
2. Организация работы отделов рекламы и связей с общественностью/Е.А.Осипова. — Москва: ИНФРА-М,2020. — 381с.
3. Психология Интернет-коммуникации: учеб. пособие / Е. П. Белинская. — М.: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2013. — 192 с.

Секция №9.7 Международные проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности

Коррупция как препятствие к решению проблемы энергосбережения в малом и среднем предпринимательстве в гражданской авиации

Абеляшева В.А.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

Corruption occurs in all areas of our lives and sometimes it seems that it is impossible to solve a lot of personal and business issues without it. However, the world community is trying to fight it and even establish the "International Anti-Corruption Day".

The purpose of the paper is to study the prospects for the development of small and medium-sized enterprises (SMEs) in civil aviation in order to find ways to improve the management system in these enterprises. Our objectives are 1) to study the problems hindering the development of small and medium-sized businesses in civil aviation, 2) to highlight the prospects and directions to improve the development of SMEs in civil aviation and 3) to describe the process of managing them. Methods of systemic and economic analysis are used as the research tools. In the course of the study, the main problems hindering the development of small and medium-sized businesses in civil aviation were identified. They are 1) imperfection of the regulatory legal framework, 2) underdeveloped infrastructure, 3) the lack of the national aircrafts for small and, medium-sized businesses, 4) difficulties in obtaining permission and conciliation documentation, 5) shortcomings in the personnel training in the organization. Perspective directions of development of small business in civil aviation are identified.

The fight against corruption has been and is still remains the most important state objective in Russia.

Today, corruption is one of the serious obstacle hindering the effective development of the state, and poses a huge social threat. Therefore, the development of legal mechanisms to combat corruption is becoming a significant and urgent problem for the development of modern Russian society and the state. At the moment, despite all the efforts undertaken by the state, corruption has created a real threat to the national security of the country. It damages the stability and security of society, leads to significant and tangible losses in socio-economic and political development.

The results of the work show that the readiness for an effective fight against corruption is considered by the world community as the main indicator of the state's civilization, its commitment to democratic values.

References:

1. Krylova Y. Administrative corruption and its effects on Russian entrepreneurs: a regional aspect //Journal of Small Business & Entrepreneurship. — 2018. — Т. 30. — №. 2. — 121-137 p.
2. Schmeleva A. N., Bezdelov S. A. Problems and mechanisms to improve the Russian aviation industry's productivity in the sharing economy //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — IOP Publishing, 2020. — Т. 1001. — №. 1.

Эффективность использования программы Energy Star

Алавердян Ю.А., Рогожин Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

ENERGY STAR® является поддерживаемым правительством символом энергоэффективности, предоставляющим простую, достоверную и беспристрастную информацию, на которую полагаются потребители и предприятия при принятии обоснованных решений. Тысячи промышленных, коммерческих, коммунальных,

государственных и местных организаций, в том числе почти 40% компаний из списка Fortune 500®, сотрудничают с США. Агентство по охране окружающей среды (EPA) предоставляет экономичные решения по энергоэффективности, которые защищают климат при одновременном улучшении качества воздуха и охране здоровья населения. С 1992 года ENERGY STAR и ее партнеры помогли американским семьям и предприятиям сэкономить 5 триллионов киловатт-часов электроэнергии, избежать более 450 миллиардов долларов затрат на электроэнергию и достичь 4 миллиардов метрических тонн парниковых газов. За время существования программы каждый доллар, потраченный Агентством по охране окружающей среды на ENERGY STAR, привело к экономии 350 долларов на электроэнергию для американского бизнеса и домашних хозяйств. Только в 2019 году ENERGY STAR и ее партнеры помогли американцам сэкономить почти 500 миллиардов киловатт-часов электроэнергии и избежать 39 миллиардов долларов на электроэнергию.

Инструменты и ресурсы ENERGY STAR помогают предприятиям определить экономически эффективные подходы к управлению использованием энергии в своих зданиях и заводах, что позволяет частному сектору экономить энергию, увеличивать прибыль и укреплять свою конкурентоспособность. От коммерческой недвижимости, такой как больницы, школы, офисы и жилые помещения, до промышленных объектов, таких как пекарни для печенья и крекеров и интегрированные сталелитейные заводы, тысячи предприятий и организаций обращаются к ENERGY STAR за рекомендациями по стратегическому управлению энергией.

Популярный онлайн-инструмент программы ENERGY STAR Portfolio Manager® был использован в 2020 году для измерения и отслеживания энергии, воды и/или отходов и материалов более чем 270 000 коммерческих объектов, занимающих более 25 миллиардов квадратных футов площади по всей стране. Для соответствующих зданий инструмент рассчитывает оценку 1-100 ENERGY STAR, которая стала отраслевым стандартом для оценки энергоэффективности объекта. Инструменты EPA ENERGY STAR для промышленных предприятий включают в себя отраслевые показатели энергоэффективности (EPI), которые предоставляют компаниям информацию, необходимую для принятия разумных инвестиционных решений. ENERGY STAR Tenant Space — это новое признание по охране окружающей среды для сокращения счетов за коммунальные услуги и выбросов парниковых газов в арендуемых помещениях.

Глобальная электрификация: от космоса до Земли

Алешинский Е.В.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

Одной из основных, как с экономической, так и с экологической точки зрения, задач развивающихся государств считается увеличение значимости электроэнергетики в общенародном хозяйстве, а также увеличение темпов их электрификации. Помочь разрешить сложившуюся ситуацию можно путем комплексного перехода транспорта на питание от электроэнергии, поскольку в современном мире по мере развития экономики, обеспеченность населения электроэнергией превращается во все более самостоятельный фактор социально-экономического прогресса. Однако даже в условиях рыночной экономики это не исключает возможности принятия государством определенных мер по ускорению электрификации сел.

Многие рассматривают электрификацию как сложный технический, социальный и экономический процесс, включающий в себя внедрение электроэнергии в народное хозяйство, сопровождающийся перестройкой технологической структуры производства и соответствующим развитием электроэнергетики в системе отраслей топливно-энергетического комплекса. Целью электрификации является повышение эффективности общественного производства и достижение более высокого уровня жизни. Что касается достижения новых стандартов качества жизни, то и с этой стороны цель электрификации

проявляется не столь прямолинейно в силу того, что продукт электроэнергетики может быть произведен, если только на него имеется спрос.

Комплекс мер по электрификации наиболее полно можно реализовать как в летательных объектах, так и наземных средствах передвижения. Ввиду их высокого энергопотребления. Однако, так ли экологична и безопасна электроэнергия? При выработке электричества на угольных электростанциях, в атмосферу выбрасывается огромное количество оксида углерода, оксида азота, диоксида серы, и диоксида азота. Что эквивалентно выбросам транспорту на двигателях внутреннего сгорания, газотурбинных установках и реактивных двигателях. Таким образом для глобальной электрификации необходима более совершенная, экологичная и технологичная выработка энергии и соответственно меры по повышению энергетической эффективности. Этого можно добиться только с использованием возобновляемых источников энергии, таких как космическая энергетика, термоядерный синтез, энергия сгенерированная с помощью натурального белка и влаги из воздуха и так далее. Только самые современные способы добычи энергии могут в полной мере реализовать глобальную электрификацию. Однако данные технологии являются экспериментальными и на данном этапе технологического прогресса не могут быть введены в массовое потребление, вплоть до апробации финальных результатов исследования.

Чистые нулевые выбросы как задача энергосбережения

Алимкина Д.А.

Научный руководитель — доцент, Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Установление целей по нулевым нетто-выбросам CO₂ становится трендом в корпоративном секторе в 2021 году. Многие крупные компании уже объявили о целях достижения нулевых выбросов, и их число неуклонно растет. Предпосылками тренда стали международные обязательства стран — крупнейших эмитентов парниковых газов, растущий запрос на раскрытие нефинансовой отчетности бизнеса, ограничение возможностей по привлечению финансирования в углеродоемкие проекты.

Проблема глобального потепления сегодня крайне актуальна, каждое десятилетие температура повышается на 0,2 градуса. Именно это делает тему чистых нулевых выбросов в качестве возможного способа, способного остановить развитие катастрофы, связанной с глобальным потеплением, крайне актуальной.

Углекислый газ, пока его количество не превышает норму, никоим образом не вредит природе или людям. Деревья активно перерабатывают его в кислород, которым мы дышим. До недавнего времени большинство компаний по всему миру действовали без оглядки на нанесение вреда атмосфере, выбрасывая в небо огромное количество CO₂, которое образовывало своего рода тепловой щит вокруг нашей планеты. Этот щит является инициатором парникового эффекта, который, в свою очередь, приводит к глобальному потеплению.

С 2018 года вопрос использования альтернативных видов энергии, таких как вода, ветер, солнечная и другие виды энергии, чтобы избежать причинения ненужного вреда окружающей среде, стал весьма актуальным. Сегодня многие корпорации, такие как Microsoft, отказываются от использования угля, нефти и газовых продуктов в качестве топлива в пользу альтернативных источников. Например, главный офис компании уже использует возобновляемые источники энергии, весь автомобильный транспорт компании был заменен электромобилями, что не наносит вреда нашей жизни. К 2050 году отрасли промышленности по всему миру намерены сократить выбросы углекислого газа до нуля, а затем модифицировать свой производственный процесс, чтобы ежегодно сокращать общее количество уже хранящегося газа.

Список использованных источников:

1. <https://www.climatecouncil.org.au/resources/what-does-net-zero-emissions-mean/>, 09.07.2020;
2. Новостное агентство «ТАСС», <https://tass.ru/press-relizy/9018203>, 21.07.2020.

Overview of Advanced Solar Technologies

Антипина В.Э.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Журбенко Н.Л.

МАИ, Москва

In the modern world, the issue of using alternative energy sources is now acute. The active use of non-renewable resources has led to the rapid depletion of the Earth's reserves, as well as to climate change due to global warming. Also, the reason for the search for alternative sources of electricity was the constant increase in electricity prices. Modern man is used to a comfortable life and it is impossible to imagine life without electricity and fuel. Therefore, humanity was forced to solve the emerging problem and look for alternative energy sources that would help to optimize the available costs as much as possible and improve living conditions. Scientists have set themselves the task of finding a safe and universal energy source that will be less costly, inexpensive compared to existing ones, and will provide energy that will be unlimited and affordable. Solar energy has all these qualities and advantages. I think the topic of solar energy is very relevant and interesting because now there is a rapid development of technologies, which means that obtaining energy with the help of the sun can be made even more efficient. At the moment, solar energy is one of the most environmentally friendly ways of obtaining energy, it has already entered our daily life and helps to preserve a huge amount of the Earth's natural resources.

In the article, I found: "Nanotechnology Phenomenon in the Light of the Solar Energy", solar energy is considered as a tool for global energy supply over the next century. To achieve this, scientists must learn how to capture, transmit and store solar energy. The article also talks about nanotechnology, which is one of the fastest-growing areas. Nanotechnology should be aimed at the wider use of solar energy as an affordable source of energy and environmentally friendly material for the promotion and development of a better future for humanity.

The second article that interested me is called: "Review and Comparison of Different Solar Energy Technologies". This article examines the five most frequently studied and discussed solar technologies and examines in detail their structure, performance, advantages, and disadvantages. In the long term, they can take a significant market share if technical breakthroughs are achieved and the system has a competitive price. The emphasis was placed on photovoltaic solar panels (PV) and concentrated solar energy (CSP), as they are the two most common technologies and their rapid growth is expected both in the short and long term. Their mechanisms, structure, efficiency, and other technical details are compared. The report of this article is intended as a brief overview for those who are interested in solar energy technologies, and as a reference for those who want to invest or work in this field.

The purpose of this work is to review the most promising technologies for the use of solar energy. The objectives of the work are to study such a direction as solar energy, identify its advantages and disadvantages and analyze promising technologies in solar energy, where, how, and in what form it is better to use it. The achievement of the tasks set will be achieved through a theoretical analysis of literary sources on the topic of the report, consideration of various points of view, and the formation of my personal opinion on this topic. This work may be useful to those who would like to delve into the topic of studying solar energy, as well as to all those who are interested in solar energy and research in this area, as the work can be used for further research.

Summing up all the above, we will highlight the main idea: solar energy is a resource that is suitable for all regions of the world, especially remote ones, where there is practically no centralized power supply. It is environmentally friendly and does not harm the environment in any way, it is a cheap source of energy that will not run out over time.

Интеллектуальные полупроводники для энергоэффективной промышленной автоматизации

Ванесян О.Г., Дронин А.С.

Научный руководитель — доцент, Мишучков В.И.

МАИ, Москва

Интеллектуальные полупроводниковые решения являются основными привратниками для этих разработок и инноваций. Во многих точках автоматизации они обеспечивают эффективный и безопасный поток данных, контролируют скорость промышленных двигателей и способствуют неожиданным достижениям общей гибкости.

Успешная промышленная автоматизация связана с мощными, безопасными и интеллектуальными компонентами. Глядя на типичные области применения, промышленная автоматизация варьируется от простых термостатов в отдельных устройствах до крупных промышленных систем управления, которые включают в себя десятки тысяч входных измерений и выходных управляющих сигналов. Они также включают в себя датчики, изолированные интерфейсы для выборки данных измерений, приложения управления в удаленных клиентах, классические ПЛК (программируемые логические контроллеры) и другие элементы пограничного контроля в облаке для обработки данных.

Существуют силовые полупроводники, такие как IGBT и MOSFET, драйверы ворот и специальные контроллеры в области управления движением и робототехники. Полностью фокусируя этот портфель на эффективном использовании энергии, Infineon может рассмотреть весь спектр приложений, включая робототехнику, станки, насосы, вентиляторы и мощные приводы, и может обеспечить больше при меньшем использовании.

По мере роста автоматизации в различных отраслях растет спрос на серводвигатели. Робототехника, оборудование с ЧПУ (компьютерное числовым программным управлением) и автоматизированное производство — все это полагается на сложные, высококачественные серводвигатели, обеспечивающие высочайшую энергоэффективность и надежную работу на основе полупроводниковых решений из портфеля Infineon.

Силовые полупроводники Infineon соединяют реальный и цифровой мир в промышленном пространстве на максимально возможном энергетическом уровне и снижают потери энергии во всех областях применения. Например, силовые полупроводники и соответствующие затворы от Infineon управляют переменной скоростью промышленных двигателей. Датчики измеряют скорость двигателя, а также экологические и внутренние условия машины. Изолированные интерфейсы управляют системами в высоковольтных областях, взаимодействуя, например, с двигателями и низковольтными доменами, где контроллеры выполняют безопасные системные операции. Существуют микроконтроллеры, которые выполняют алгоритмы управления или ИИ для управления машинами. Кроме того, есть устройства подключения в области Wi-Fi® и Bluetooth® для промышленного Интернета вещей, а также устройства безопасности, которые гарантируют безопасную работу, ограниченную только авторизованными пользователями, и использование только должным образом сертифицированных оригинальных элементов системы.

Prospects for the W2E technologies' usage in Russia

Васильев М.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Журбенко Н.Л.

МАИ, Москва

The volume of production of products using synthetic materials (polymers) is increasing. This trend leads to an increase in human waste, thereby exacerbating the environmental problem of the environment. But at the same time, waste disposal technologies are developing. One of the promising technologies is W2E(waste-to-energy) technology. W2E is a waste-to-energy technology. W2E technology makes it possible not only to use waste more efficiently, but also to obtain energy during processing.

Escalation of a huge amount of plastic mass (plastics) led to a large release of waste into the environment. One of the promising technologies today is the W2E technology. Recycling of plastic waste has empirical significance and commercial value for resource recovery and environmental well-being, but in order to achieve sustainable development, it is necessary to focus on converting waste into energy using greener technologies. This technology allows you to process polymers and get energy as a result. Based on the analysis of a group of scientists who publish the results of their research in the collection "Reviews of Renewable and Sustainable Energy Sources", rational waste management (mainly plastic) will not only give an excellent economic boost, but will also provide a scientific basis for interested plastic waste management departments and attract political investment funds to regulate plastic waste management recovery solutions. For example, one of the largest cities in Sweden, Stockholm, is provided with electricity by 45% due to waste recycling.

In the course of research by scientists of the Department of Chemical Engineering, the Faculty of Engineering at the University of Malaya (Malaysia) identified the most effective way of recycling plastic waste — pyrolysis. Pyrolysis is the process of thermal decomposition of polymer molecules into smaller, less complex molecules under the action of heat. Thanks to pyrolysis from plastic, which mainly consists of oil, it is possible to obtain not only a colossal amount of energy, but also an effective alternative type of fuel. The resulting fuel has already been recognized by scientists, because it is not only highly efficient, but also reduces the level of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere.

Russia, implementing the national Ecology project (2019-2024), sets a vector in the recycling of waste into energy. The process of sorting garbage and building thermal recycling plants has begun. At a temperature of more than 1200 ° C, all hazardous substances will disintegrate, and thanks to a modern filtration system, emissions into the atmosphere will be minimal. It is assumed that 690 kWh of electricity can be obtained from 1 ton of recycled garbage. This will not only free up landfills throughout the country, which will free up numerous hectares of land and improve the ecological situation of the environment, but also demonstrate a positive economic effect.

Thanks to the analysis of foreign literature, it can be understood that waste can be used with greater efficiency mainly using green technologies. And thanks to pyrolysis, you can get a huge amount of energy and an efficient type of fuel.

W2E is a significant technology for the future of Russia. This technology makes it possible to improve the environmental situation, get cheap electricity and fuel. The development of waste-to-energy technology is the future for Russia in the field of waste recycling.

Применение систем мониторинга ветряных установок

Галичкина А.Д., Батраченко А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Основная проблема проведения мониторинга систем ветрогенераторов заключается в их расположении в труднодоступной местности, холмистых и прибрежных зонах. Подобные виды местности выбирается для получения наиболее благоприятных погодных условий и извлечения максимальной выгоды от размещения установок. В то же время необходимо наличие постоянного ведения систем анализа и сбора данных потребления энергии и корректной работой установок. Мониторинг состояния ветрогенераторов направлен на обнаружение изменений в работе как можно раньше. Основная цель состоит в том, чтобы предсказать развитие неисправностей, свести к минимуму снижение производительности и экономические затраты. Это осуществляется путем постоянного контроля параметров и их сравнения с параметрами, полученными при обычном рабочем режиме.

Компания Neoen, разработчик и владелец проекта по возобновляемым источникам энергии, выбрала платформу управления эксплуатацией и техобслуживанием QOS Energy для отслеживания эффективности ветропарка в Хорнседейле мощностью 315 МВт, который после полного ввода в эксплуатацию станет одним из крупнейших ветряных электростанций в Австралии. Проект будет состоять из 96 ветряных турбин Siemens мощностью 3,2 МВт.

Для отслеживания проекта, Neoen запустила систему Quantum, совместимую с IEC SaaS — систему управления энергопотреблением на базе QOS Energy — поставщика программного обеспечения для мониторинга и анализа данных для владельцев и операторов возобновляемых источников энергии.

Главным преимуществом данного проекта является тот факт, что для запуска программного обеспечения на месте не требуется установка дополнительного оборудования или системы. Платформа собирает и анализирует данные, генерируемые каждой турбиной, для всех значений с помощью VPN-подключения.

Quantum совместим со всеми типами ветряных турбин, стандартами связи или протоколами подключения к базе данных.

Используя мониторинг состояния, операторы турбин могут сократить общие расходы на техническое обслуживание на 15%.

Альтернативные источники питания для частных домов

Голубева В.Д.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

Ни для кого ни секрет, что в 21 веке люди используют альтернативные способы добычи энергии. В настоящее время все больше семей начинают внедрять в свою жизнь альтернативную энергию. На сегодняшний день «зеленая» энергия может отапливать дома, обеспечить жилое помещение электроэнергией, горячей водой и газом, а самое интересное, что для этого не нужны особые знания, потому что все можно сделать своими руками. Альтернативная энергия это конечно хорошо, но для того, чтобы использовать данную энергию понадобится дорогостоящее оборудование, которое не гарантирует стабильность, так как выработка энергии зависит от географии (региона, погоды, времени суток). Мощнейшим источником энергии будет являться солнечная энергия. В частном доме можно установить два вида установок: солнечные батареи и солнечные коллекторы. Первые отвечают за выработку электрического тока, а вторые за нагревание воды. Солнечные батареи зарекомендовали себя в охранных системах, аварийном освещении и в системах с низкой энергоемкостью. Солнечный коллектор же может быть использован, как самостоятельный элемент системы горячего водоснабжения, так и совместно с тепловым насосом подземного размещения или с электрическим котлом для автономного отопления жилого дома. Эффективность солнечного коллектора достаточно высокая даже в пасмурную погоду. Помимо солнечной энергии так же используется энергия ветра. Ветер приводит в движение лопасти ветрогенератора, которые вращают турбину и таким образом вырабатывается электроэнергия. Объем выработки напрямую зависит от силы ветра, который воздействует на лопасти. Для частных домов можно использовать мини ветроустановки, которые покажут наилучший результат в степных, горных и прибрежных местностях. Так же можно использовать такие виды альтернативной энергии для частных домов как энергия воды, так как мини гидроэлектростанции компактны и не требуют плотин или других вспомогательных сооружений, но для получения энергии необходимо наличие рядом с домом водоема. Мини ГЭС может как полностью обеспечить дом энергией, так и может «запасать» избыток энергии в аккумуляторах. Использовать «зеленую» энергию может каждый. Конечно, все имеет свои плюсы и минусы, но для современной жизни, обеспечение своих домов альтернативной энергией является самым экологичным и экономичным видом потребления энергии.

Перспективы развития электромобилей в России

Дружинин Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

An electric car is a car that is driven not by a conventional internal combustion engine, but by one or more electric motors. The first electric car appeared in 1841. Later in 1910, an electric car was tested with Edison batteries. But it wasn't until the 21st century that electric cars began to become popular.

In 2007 a trial run of electric vehicles began in Moscow. Eight light trucks and two buses took part in this test. As a result, the Department of Transport provided a project to use electric cars for freight and passenger transportation. At the moment, the Moscow government is actively introducing and using electric cars as the city transport. The most striking example is the electric bus.

In October 2011, sales of the first electric car the Mitsubishi i-MiEV, started in Russia. 41 electric cars were sold in the first quarter. At the moment, 12,290 electric vehicles are registered in Russia. It is 0.03% of the total number of cars in

Electric cars have pros and cons. The former: no taxes, parking and gas stations are free, also, they are very economical to use. The latter: the high cost (from 450–850 thousand rubles for old cars to 1,500,000-11,000,000 rubles for the newest makes). Also, it will take a very long time to charge such a device: if you charge a car from a home station, using 220 V, it will take about 12-14 hours. Among other disadvantages there are few gas stations in small towns and impossibility to move over long distances.

The environment friendliness of electric cars is another controversial issue. Modern electric vehicles have Li-ion batteries. When producing and disposing electric vehicles, 32% more carbon dioxide is emitted into the atmosphere than during the production of automobiles with internal combustion engines. But there is minimal impact on the environment during their running. Thus, an electric car cannot be called completely environment friendly.

As for Russia, the use of electric vehicles is very promising. If a more environment friendly way to produce such a car is found, the overall environment situation in the country, will improve markedly, especially in large cities. Electric cars are safer for people. There are 1) solid crash test results, 2) greater stability because of the low center of gravity, 3) instantaneous battery disconnection to avoid fire in case of an accident. Due to the simplified design, repairs are cheaper and take less time. But these advantages will really play a significant role only if the country infrastructure is developed. At present Russia occupies only the 23rd place in the world out of a rating of 25. So, it is necessary to increase the number of gas stations, especially in small towns and on highways. Stimulation of the citizens to buy electric cars and different preferences, state investments into industrial production of electric cars are also needed. There are plans to have 10% electric cars out of all transport in Russia by 2025-2030.

If there is proper funding and state interest in electric car production, Russia will achieve effectiveness in this area, and as a result improve the environment and road safety.

Основные направления повышения эффективности работы предприятий на основе энергосберегающих мероприятий в посткризисных условиях

Калиев Н.Б.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Путьгина Л.М.

МАИ, Москва

Кризисные явления в экономике страны являются объективной реальностью, независимо от истоков их возникновения. Любые кризисы приводят к разрушению хозяйственных связей, финансовым потерям предприятий и экономики в целом.

Особенностью современных кризисных процессов является не только ограничение деятельности предприятий в связи с пандемией, но и политические мировые разногласия, требующие обновления структуры мировой экономики и ее технологической базы.

Результатом структурных изменений является перераспределение производительных сил в мировом, государственном, отраслевом и региональном направлениях [1].

В сложившейся ситуации, когда энергоресурсы становятся дефицитом мировой экономики и их стоимость трудно прогнозируется, проблема их экономии приобретает особое значение в отечественной промышленности.

Повышение эффективности управления энергозатратами предприятий имеет следующие основные направления:

1) Определение основных направлений энергосбережения в хозяйственной деятельности предприятия.

2) Установление экономических связей отдельных направлений с показателями работы предприятия.

3) Определение влияния отдельных направлений энергосбережения на затратный механизм предприятия.

4) Распределение эффекта от различных мероприятий на различные виды затрат.

5) Обоснование системы показателей, используемых при определении энергоэффективности по различным направлениям.

В качестве основных направлений энергосбережения современного предприятия необходимо рассматривать по следующим направлениям:

Первое направление совершенствование технической и технологической базы производства, которое предусматривает:

- модернизацию и обновление и оборудования на станки класса А (энергосберегающие)\$
- обеспечение соответствия количества и качества основных средств развитию производства;

- совершенствование технологии производства;

- использование современных осветительных приборов с соответствующими датчиками;

- совершенствование систем отопления и водоснабжения;

- реконструкция и повышения энергоэффективности зданий [2].

Второе направление «технико-экономическое обоснование товарной политики предприятия с учетом повышения уровня кооперации производства на основе длительных хозяйственных связей», к которому относятся:

- прогнозирование рыночной конъюнктуры выпускаемых товаров отраслевой направленности;

- формирование перспективной номенклатуры и ассортимента товаров с учетом запросов рынка;

- внедрение новых перспективных товаров;

- обеспечение длительных хозяйственных связей с поставщиками современных материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;

- формирование комплекса маркетинговых мероприятий по продвижению товаров на рынок [3].

Третье направление: «Совершенствование управления трудовыми ресурсами», позволяет:

- обеспечивать предприятия квалифицированными кадрами;

- снизить брак, совершенствовать технологию производства, участвовать в инновационном обновлении производства;

- использование мониторинга уровня энергосбережения по производственным подразделениям предприятия;

- внедрение современных средств мотивации труда, связанной с энергосбережением [4].

Все рассмотренные направления повышения эффективности предприятия в той или иной степени обеспечиваются ростом его энергоэффективности, что особенно важно в связи с необходимостью сокращения сроков их восстановления в посткризисный период и переходом к экономическому росту [5].

Unusual Ways to Get Alternative Energy from Water

Кассич Г.В.

Научный руководитель — доцент, к.х.н. Артюшина Г.Г.

МАИ, Москва

By 2020, the world's population reached almost 8 billion people, each needs a job. People are constantly making new scientific discoveries, increasing the pace of scientific progress, but some things that should have been improved long ago remain unchanged. Humanity use limited resources, such as coal, oil, and coal. Only a few years ago, we began to think that the resources may soon run out, and we need to replace them with other sources. This is how we came to renewable resources.

Water surrounds us everywhere, our planet contains a huge amount of both fresh and salt water. So we have to learn ways how to use those energies for our benefit.

Attempts to get energy from raindrops have been made for a long time, but they all rested on the low power of the generator. Chinese engineers, in collaboration with American colleagues, invented a new way to get a power from it, in which the power of the generator is significantly increased. Raindrops falling on the surface of the generator plates create an electricity using the aluminum electrode and the indiumtin oxide electrode. A closed loop is formed in where energy can be produced. The idea of the developers was to cover the surface of the generator with a film of polytetrafluoroethylene, which is able to accumulate a surface charge with a continuous hit of water droplets, until it reaches saturation. In such a device, the droplets act as resistors, and the surface coating acts as a capacitor.

A different way to get energy from water is based on natural processes. Every day tides happen, waves roll in the seas and oceans. Man has learned to generate energy from these phenomena as well.

Geothermal energy is energy, which get from the Earth's natural heat. To achieve this heat, you can use wells. There are two main ways to use geothermal energy: direct heat use and electricity generation. Direct use of heat is the simplest and therefore the most common method. The practice of direct use of heat is widespread in high latitudes at the boundaries of tectonic plates, for example in Iceland and Japan. In such cases, the water supply system is installed directly in deep wells. The resulting hot water is used to heat roads, dry clothes, and heat greenhouses and residential buildings. The method of generating electricity from geothermal energy is very similar to the method of direct use. The only difference is the need for a higher temperature.

Влияние энергосберегающих технологий на окружающую среду

Качанов Д.К., Янкова А.Е.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

From the prehistorical times the mankind has influenced the environment. Since the industrial revolution, this impact has increased exponentially. Every year the amount of harmful gases in the atmosphere increases, more and more forests are cut down, the seas and oceans are polluted by industrial emissions.

Since 2000 more and more countries has begun to pay attention to the problem of environmental pollution. The topic of green economy and reducing carbon intensity is of great interest today. Energy saving is the techniques and methods of efficient and reasonable use of the planet's fuel and energy resources. That is, the task of energy conservation is to preserve resources that are both directly related to energy production and indirectly related to this issue. The use of energy-saving technologies contributes not only to reducing energy costs, but also to reducing the harmful effects that a person has on nature in the course of his life, taking into account his increasingly growing needs. People are beginning to appreciate environmentally friendly natural materials, clean water, clean air.

Energy efficient alternative energy has virtually no impact on the environment and is a good substitute for thermal energy, which has a negative impact on the environment. In our study we

consider three problems: 1. The impact of energy efficiency projects on the environment; 2. What measures should be taken by different countries to improve the environment; and 3. What measures have already been taken. Let's consider this situation on the example of the German authorities, who use the following solutions to this problem:

- Reduction of environmental pollution
- Rational use of drinking water
- Processing of industrial waste
- Disposal of household waste
- Safety of biotechnologies of transgenic food
- Use of alternative energy sources
- Development of resource-saving technologies, etc.

Russia is also implementing a number of energy efficiency projects aimed at reducing emissions and increasing the share of alternative energy in national production. For example, the project: construction of a new evaporation station is a practical project of economic and environmental development of «Arkhangelsk pulp and paper mill JSC». The maximum environmental effect is associated with a reduction in the negative impact on atmospheric air. The design solutions provide for reducing the level of atmosphere air pollution at the border of the established sanitary protection zone and in residential buildings, achieving the standards of maximum permissible emissions of hydrogen sulfide and methyl mercaptan of Arkhangelsk Pulp and Paper Mill JSC. The Russian government is going to invest more than 360 billion rubles in alternative and green energy projects until 2035.

The issue of energy saving is of great interest in all countries and very soon our planet will switch to alternative energy sources, and maybe we will forget the problem of ecology on our earth responds with some day.

References:

1. Dvinin, D., & Nikolaeva, E. Comparative analysis of traditional and alternative energy in the Russian Federation. E3S Web of Conferences, 157, 03015. doi:10.1051/e3sconf/202015703015, 2020 — 4 p.
2. Maamoun, N. (2019). The Kyoto protocol: Empirical evidence of a hidden success. Journal of Environmental Economics and Management. doi: 10.1016/j.jeem.2019.04.001, — 227 p.

Технологии big data в области электротранспорта

Кичук А.В., Жильцова В.Н.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Большие данные (Big Data) — (это технологии, которые собирают и обрабатывают огромные объемы данных, на выходе эта технология позволяет получить четкую и конкретную информацию, доступную для дальнейшего использования. Как правило, огромные объемы информации поступают из различные источники, такие как СМИ, социальные сети, веб-сайты, различные корпоративные документы и устройства (например, устройства, камеры или датчики). Следовательно, понятие больших данных следует понимать не как конкретное количество данных, а как методы обработки, что позволяет четко и конкретно обрабатывать информацию Эти методы могут применяться как к большим наборам данных (например, содержание всех веб-страниц в Интернете), так и к небольшим (например, содержание статьи на сайт).

Говоря о больших данных, необходимо соблюдать следующие условия:

1. Объем данных должен быть большим. Лучше всего, если он будет доступен в удаленном формате (в специальном облаке, с возможностью подключения извне).
2. Данные должны быть доступны для анализа. Данные должны быть не только собраны, но и преобразованы в выходные данные этих массивов, чтобы сформировать выводы и создать новую коммерческую ценность.
3. Должен быть архив, куда должны попадать данные из разных источников. Например, специальный инструмент, которому будет поручено собирать и анализировать данные.

На основе международного стандарта (ISO 50001) система энергоменеджмента формирует инфраструктуру управления, направленную на постоянное совершенствование в области энергосбережения и энергоэффективности. Это создает необходимые организационные инструменты для оценки текущего уровня энергоэффективности, определения путей его повышения, разработки и контроля мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности. Одним из современных трендов в энергетике являются электромобили. Поскольку эта технология только начинает развиваться, она требует тщательного изучения и других аналитических мероприятий, а это, в свою очередь, большой объем информации для работы. Собирайте и анализируйте всю информацию, которая может помочь повысить эффективность и достичь целей компании.

В случае с транспортной компанией такими целями могут быть:

- Увеличение использования транспортных средств,
- Снижение операционных расходов компании или стоимости выполнения заказа на перевозку,

• Сниженный расход топлива,

- Недопущение задержек при выполнении заказов на перевозку.

В зависимости от цели необходимо собирать и анализировать соответствующие данные, например:

- Характер маршрутов, по которым перевозятся товары,
- Стиль вождения водителей,
- Эксплуатация автомобилей, износ отдельных узлов, таких как тормозные колодки, подвеска.

• Использование грузового пространства. Получение и сопоставление данных по этим вопросам может стать основой для анализа существующей ситуации и модификации элементов, снижающих эффективность работы предприятия. Аналитика больших данных помогает в интеграции электромобилей различными способами: оптимизация зарядки, эффективное управление батареями, мониторинг состояния электромобилей и т. д. Аналитика больших данных может помочь улучшить эти уровни, предоставляя информацию о:

Зарядные станции для электромобилей

• Выбор подходящей зарядной станции — вся область сканируется для анализа и идентификации отдельных потенциальных зарядных станций.

• Правильное определение размера и оптимизация нагрузки на сеть — путем анализа количества необходимых зарядных устройств, затрат на установку, нагрузки на сеть и затрат на зарядку.

Интеллектуальные компьютерные алгоритмы

• Прогноз расхода заряда батареи — для анализа расхода заряда аккумулятора и повышения точности расхода заряда аккумулятора.

• Отслеживание электромобилей — для получения информации о скорости автомобиля, местонахождении, температуре автомобиля, максимальном напряжении и параметрах двигателя и т. д. из данных, собранных датчиками, которые можно использовать для прогнозирования технического обслуживания.

Решение энергетических проблем

Энергоэффективность электромобилей можно повысить за счет экономии энергии, хранящейся внутри транспортных средств. Потенциальными параметрами, которые можно рассматривать для максимизации эффективности, являются использование энергии торможения, использование отработанного тепла, конструкция электродвигателя, зависимость от солнечной энергии и т. д.

Потенциал применения вторичных энергоресурсов в аэрокосмической промышленности

Козловцев С.А., Пьянов З.М.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Смирнов В.Г.

МАИ, Москва

На любой технологический процесс требуется энергия, которую получают из энергоносителей, однако ее потенциал используется не полностью. Та часть энергии, которая не применяется во время производства, называется энергетическими отходами.

Вторичные энергоресурсы (ВЭР) — энергетический потенциал, который можно получить из побочных и промежуточных отходов, которые остаются неиспользованными в технологических системах (не используются в основном процессе), но могут быть реализованы в других процессах на производстве. Вторичная энергия включает в себя виды энергии, которые не исходят непосредственно от природы.

Вторичные энергоресурсы можно использовать без изменения их вида, либо для полной выработки ВЭР также используют утилизационные установки, которые позволяют раскрыть потенциал носителя наиболее полно.

Вторичные энергоресурсы делят на три основных тип:

1. Ресурсы, которые могут быть использованы в качестве топлива (обладают химической энергией) — горючие ВЭР;
2. Ресурсы, обладающие физической теплотой — тепловые ВЭР;
3. Ресурсы с избытком потенциальной энергии — ВЭР избыточного давления.

Производство летательного аппарата состоит из большого числа технологических процессов, самым энергоемким из которых является изготовление деталей. Рассмотрим возможность использования на данном этапе ВЭР.

Один из вариантов изготовления деталей — литье. На ЕВРАЗ НТМК (металлургический комбинат) уже с 2021 года используется газовая утилизационная бескомпрессорная турбина (ГУБТ), которая работает в комплексе с доменной печью. Запуск этого агрегата позволит производить больше энергии самостоятельно, а значит, и экономить на закупках энергии.

Применение в аэрокосмической промышленности вторичных энергетических ресурсов позволит самостоятельно генерировать энергию (которая в ряде отраслей достигает 30-60%). Экономия энергии отразится на снижении цены конечной продукции, а более полная переработка энергоносителей положительно повлияет на окружающую среду и экологию.

Список использованных источников:

1. А.В. Вялов, Основы технологии производства самолетов — 2-е доп. издание, Комсомольск-на-Амуре, 2013;
2. ЕВРАЗ НТМК использует вторичные источники для генерации электроэнергии / [Электронный ресурс] // URL: <https://www.evraz.com/ru/news-and-media/press-releases-and-news/evraz-ntmk-ispolzuet-vtorichnye-istochniki-dlya-generatsii-elektroenergii-/>;
3. Зеленые технологии в промышленности, агентство промышленного развития / [Электронный ресурс] // URL: <https://investmoscow.ru/media/3341140/зеленые-технологии-в-промышленности.pdf>;
4. Сухоцкий А. Б., Вторичные энергетические ресурсы. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб.-метод. Пособие для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / А. Б. Сухоцкий. — Минск: БГТУ, 2012.

Анализ факторов, оказывающих влияние на энергоэффективность экономики

Коновалов К.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МБОУ, Москва

Энергетическая отрасль играет существенную роль в экономике фактически всех государств мира. Согласно оценке ведущих исследовательских центров мира в ближайшие несколько количество десятков лет прогнозируется значительный подъем энергопотребления [1]. В данной взаимосвязи растет значимость решений, принимаемых организациями и частными домохозяйствами в целях повышения энергоэффективности, т.к. результаты этих решений окажут существенное влияние на будущее нашей планеты.

Можно отметить, так называемые, причины-предпосылки, которые тем либо другим образом оказывают воздействие на энергоэффективность.

Посреди причин — обстоятельство, оказывающих большое влияние на снижение энергопотребления следует отметить, во-первых, структуру валового внутреннего продукта страны. Нужно понимать, за счет каких статей и видов деятельность происходит его формирование. Какой их секторов экономики имеет основное значение в приросте валового внутреннего продукта: производственный сектор или сфера услуг. От данного обстоятельства в большой степени находится в зависимости энергоёмкость экономики. В нашей стране значимая доля ВВП формируется в секторах экономики добывающей и обрабатывающей промышленности (в целом, промышленное производство в общей структуре ВВП составляет около 40%) и его величина значительно находится в зависимости от величины экспорта сырья и мировых цен. Употребляя 5,5% глобальных энергоресурсов, энергоёмкость экономики нашей державы (сообразно паритету покупательной возможности рубля) в 1,9 раза больше среднемировой, в два раза больше энергоёмкости USA и втрое — ведущих государств Европы [1]. Хотя, следует отметить, что в структуре ВВП этих стран, доля промышленного сектора сопоставима с Россией или даже превосходит ее. Еще одной причиной, оказывающим большое влияние на объем потребления энергоресурсов, считается степень физического и морального износа оборудования. Внедрение устаревшей техники никак не позволяет снизить энергопотребление. Посреди государств, степень использования энергоэффективного оборудования в которых наиболее высока во всех сферах деятельности, можно отметить Швецию. [3]. Энергоэффективное оснащение обширно используется в Швеции не только в промышленности, но и в сфере ЖКХ в системах отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и др. В стране были установлены особые запросы к закупке и установке энергоэффективного оснащения и информированию населения и представителей промышленности.

В заключении хотелось бы отметить, что значимость рационального энергопотребления очень велика. В процессе исследования были выявлены предпосылки, оказывающие воздействие на энергоэффективность. в их числе: размер и структура ВВП, степень физического и морального износа оборудования, положение законодательной базы в сфере энергосбережения и энергоэффективности, потенциал для энергосбережения в разных секторах экономики, внедрение разных приборов и способов в области энергосбережения, степень осведомленности и интереса персонала в области энергосбережения и рационального применения энергетических ресурсов. Принципиально отметить, что нужно грамотное управление данными причинами, которое приведет к становлению и развитию энергоэффективной экономики.

Четвертый энергопереход: эпоха возобновляемых источников энергии

Королева А.А.

Научный руководитель — доцент, Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Энергетический переход подразумевает под собой трансформацию глобального масштаба в энергосистемах, которая включает в себя 4 элемента: энергоэффективность (или рационально-эффективное использование энергетических ресурсов), декарбонизация (или снижение углекислого газа на единицу вырабатываемой энергии), децентрализация (снабжение электричеством от источника, который не имел бы связи с энергетической системой), цифровизация (процесс внедрения цифровых систем передач на уровне первичных сетей, управления и средств коммуникации, которая будет обеспечивать передачу и распределение информации в цифровом виде на уровне вторичных сетей.).

Главными целями энергоперехода являются: во-первых, отказ от нефти, природного газа, угля, то есть ископаемого топлива; во-вторых, расширить использования ВИЭ («зеленых» источников планеты).

Исходя из исследований и утверждений ВЭФ, данный переход не должен нарушить баланс «энергетического треугольника», что, следовательно, под собой подразумевает экологическую устойчивость, безопасность и также развитие и рост экономики.

Свою историю 4-й энергетический переход берет с 2015 года, когда в Париже был подписано Парижское климатическое соглашение, в которое подписали более 180 стран. Суть данного соглашения заключалась в том, чтобы сократить выбросы углерода до «чистого нуля».

Главными риск энергоперехода для России, скорее всего, это удар по экономике и снабжению энергией. Ведь добыча нефти приносит не малый доход государству, а тут стране придется пережить падение спроса на нефть. Есть ещё один минус. Россия от части не готова к энергопереходу из-за своих технических и технологических способностях. Поэтому исходя из мнений экспертов, необходимо развивать технологии накопления энергии, а также следует создавать взаимозаменяемые объекты электрогенерации, которые позволят осуществить переход при этом избегая рисков, связанных со стабильностью энергоснабжения.

ВИЭ является затратным по финансам и в результате будет иметь стоимость, которая на данном этапе развития технологий для потребителя электроэнергии значительно выше, чем стоимость источников, которыми мы в основном используем сейчас. Поэтому трудно пока что отказаться от ископаемого топлива. Но также есть возможности, которые могут привести к достижению цели.

Когенерация как технология энергосбережения

Кулагин К.М., Евграфов С.О.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Когенерация — очень эффективная технология для производства электроэнергии и тепла. Его также называют комбинированным производством тепла и электроэнергии, поскольку когенерация одновременно производит тепло и электричество. В настоящее время когенерация обеспечивает 11% электроэнергии и 15% тепла в Европе. Использование топлива для одновременного производства тепла и электроэнергии с помощью одного блока является более эффективным и рентабельным, чем отдельное производство тепла и электричества в двух разных блоках.

Эта технология предлагает следующие преимущества как для ее пользователей, так и для нашего общества:

Повышенная энергоэффективность. Когенерация до 40% эффективнее раздельного производства тепла и электроэнергии.

Более низкие выбросы. Когенерация ежегодно экономит 200 миллионов тонн CO₂ в Европе благодаря своей высокой эффективности. Это соответствует общему объему выбросов 42,5 млн легковых автомобилей или 2,6 млн грузовиков.

Снижение затрат на энергию. Пользователи когенерации получают выгоду от более высокой эффективности и, следовательно, нуждаются в меньшем количестве топлива для покрытия своих потребностей в отоплении и электроэнергии.

Поддержка возобновляемых источников энергии. Когенерация может работать на любом возобновляемом топливе и является наиболее рентабельным способом использования возобновляемого топлива. В настоящее время 27% топлива, используемого в когенерации в Европе, являются возобновляемыми, в основном это биомасса и биогаз.

Когенерация бывает различной мощности, от 1 кВт до почти 1 ГВт. Она способна снабжать тепло и электроэнергией всех категорий потребителей, от одного домохозяйства до крупного промышленного комплекса или целого города.

Повышенная устойчивость энергетической системы. Когенерация может генерировать точное количество электроэнергии и тепла, необходимое в определенное время в определенном месте. Это придает гибкость и устойчивость энергетической системе, которая должна справляться с растущим числом прерывистых возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия.

Снижение затрат на передачу и распределение. Когенерация производит электроэнергию и тепло на месте. Пользователи когенерации меньше полагаются на электроэнергию из сети, избегая сетевых затрат как на уровне конечного пользователя, так и на уровне системы.

Снижение зависимости от импорта. Высокая эффективность приводит к снижению спроса на топливо в России и в Европе.

Больше рабочих мест для новых специалистов. В секторе когенерации в Европе занято 100 000 человек, и ожидается, что это число будет расти, поскольку Европейский Союз инвестирует в энергоэффективность и возобновляемые источники энергии для сокращения выбросов.

Таким образом, когенерационные установки могут прийти на смену устаревшим источникам энергии, с повышенными показателями энергоэффективности.

Энергия ветра как альтернативный источник энергии

Латипов Р.Х., Гайфутдинов С.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Гумерова Р.Х.

КНИТУ-КАИ, Казань

В последнее время энергия ветра стала одной из самых экономичных технологий использования возобновляемых источников энергии. Сегодня в ветряных турбинах, вырабатывающих электроэнергию, используются проверенные технологии, которые обеспечивают надежное и устойчивое энергоснабжение. В хороших ветреных местах энергия ветра уже может успешно конкурировать с традиционным производством энергии. Многие страны обладают значительными ветровыми ресурсами, которые до сих пор не используются.

Энергия ветра обладает некоторыми преимуществами которые не используются в полной мере:

1. Энергия ветра не производит парниковых газов.
2. Ветряные электростанции могут внести значительный вклад в региональное электроснабжение.
3. По сравнению с обычными энергетическими проектами требуется очень короткое время для планирования и строительства
4. Проекты ветроэнергетики гибки в отношении растущего спроса на энергию — отдельные турбины можно легко добавить к существующему парку.

Энергия ветра — это преобразование энергии ветра в электрическую или механическую энергию с помощью ветряных турбин. Энергия ветра извлекается за счет того, что он проходит мимо движущихся лопастей, которые создают крутящий момент на роторе. Количество передаваемой мощности зависит от размера ротора и скорости ветра. Ветряные

турбины варьируются от небольших генераторов мощностью 400 ватт для бытового использования до нескольких мегаваттных машин для ветряных электростанций и различных установок. Маленькие имеют генераторы с прямым приводом, выход постоянного тока, лопасти, долговечные подшипники и используют флюгер, чтобы указывать направление ветра; в то время как более крупные обычно имеют зубчатые силовые передачи, выход переменного тока и закрылки.

Технологическое развитие последних лет, в результате которого появились более эффективные и надежные ветряные турбины, делает энергию ветра более рентабельной. В целом, удельные затраты энергии на ежегодный кВт/ч уменьшаются с размером турбины, несмотря на существующие трудности с поставками.

В течение многих лет развивающиеся страны и страны с формирующейся рыночной экономикой сталкиваются с проблемой удовлетворения дополнительных потребностей в энергии для своего социального и экономического развития с помощью устаревших структур энергоснабжения.

С каждым годом в мире становится все больше стран, которые возлагают надежды на более широкое использование возобновляемых источников энергии и формулируют конкретные цели расширения для развития зеленой энергетики.

Применение технологии IoT в промышленном энергосбережении

Меркулов М.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

Индустриальный Интернет Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) — это технология, представляющая из себя устройство объединенных запрограммированных сетей и отдельных промышленных объектов со встроенными измерительными датчиками и специальным ПО для операции с собранной информацией, позволяющее дистанционно контролировать и управлять в автоматизированном режиме, что самое главное, без участия человека. Если кратко, то IIoT это часть более обширного кластера систем под названием Интернет вещей, но предназначен именно под промышленную отрасль. Суть данной технологии заключается в следующем: на предприятии устанавливаются датчики, контроллеры и человеко-машинные интерфейсы на оборудовании, затем происходит определённый сбор информации, которая позволяет компании получать все необходимые показатели этого предприятия. После уже обработанные данные отправляются по структурным сегментам предприятия. Всё система позволяет построить чёткую связь между сотрудниками разных подразделений и помогает принимать верные решения на основе той информации, что используется как для предотвращения различных простоев оборудования, так и его поломок и ошибок в управлении поставками сырья. То есть вся полученная информация позволяет исходному предприятию функционировать намного эффективнее. Особое внимание стоит уделить такому аспекту, как большое количество неструктурированной информации, ведь при её обработке фильтрация и правильная интерпретация является важнейшей задачей для пользователя данной технологии. В данном контексте особую важность имеет корректное представление информации в понятном для пользователя виде. Для решения данной проблемы на мировом рынке энергосберегающих технологий представлены различные передовые аналитические платформы, предназначенные для работы с большим массивом данных о технологических процессах и событиях в реальном времени, а также массово разрабатываются необходимые ПО для правильного функционирования данных систем. Потенциал данной технологии наиболее полно раскрывается, когда "ИИВ" позволяет предприятию не только повысить качество технического обслуживания станков, оборудования и прочего, но и обеспечить переход к более эффективной бизнес-модели его применения, когда оборудование оплачивается заказчиком по факту использования его функций за определённое время работы. В целом мы можем сказать, что появление технологии промышленного Интернета вещей создало совершенно новую систему взаимоотношений человека и техники, ознаменовав собой объединение промышленности и информационных технологий и начало истории нового периода под названием четвёртая промышленная революция.

Потенциал цифровых бизнес-моделей в условиях энергоперехода

Пушкарев М.Д., Ляпустина Н.Г.

Научный руководитель — к.э.н. Прокофьев Д.А.

МАИ, Москва

Энергетическая система претерпевает глубокие структурные изменения по мере того, как цифровизация становится все более распространенной во всех отраслях, а спрос на энергию повышается. Согласно сценарию МЭА «Нулевые выбросы к 2050 году» (NZE), 240 миллионов фотоэлектрических солнечных панелей на крышах и 1,6 миллиарда электромобилей будут интегрированы в энергосистему к середине этого века, в то время как более 85% зданий будут энергоэффективны и углеродно нейтральны. Так, среднегодовые темпы повышения эффективности энергоносителей в масштабах всей экономики удваиваются до 2030 года. Появление новых систем накопления энергии и повышение заинтересованности со стороны спроса на возобновляемые источники энергии обеспечат примерно половину сценария NZE. Таким образом, исполнение этих процессов в текущем десятилетии имеет решающее значение для достижения климатических целей.

В соответствии с NZE ежегодные инвестиции в чистую энергетику увеличатся примерно до 4 трлн долларов США к 2030 году. Необходимые меры, в том числе повышение энергоэффективности зданий, установка инфраструктуры для зарядки электромобилей и другие инициативы, требуют значительных первоначальных капиталовложений. Достижение такого уровня финансовых обязательств является огромной проблемой, но не исключительно — в странах с формирующимся рынком и развивающихся странах.

Учитывая объем необходимых инвестиций и стремительный темп изменений, многие устаревшие бизнес-модели в секторе энергосервиса могут оказаться не подходящими. Например, сложно быстро адаптировать оборудование и инфраструктуру к изменяющимся потребностям клиентов, а аналоговые методы сбора данных трудоемки и имеют ограниченный доступ к информации.

В отличие от них цифровые бизнес-модели управляются программным обеспечением. Это предоставляет доступ к более удобным инструментам анализа данных в сочетании с возможностями расширенной аналитики, что позволяет компаниям с цифровыми бизнес-моделями более точно оценивать преимущества, которые их решения приносит клиентам. Это также может помочь ускорить разработку новых продуктов и услуг. Цифровые инструменты и платформы помогают упростить и ускорить энергопереход за счет повышения эффективности и гибкости со стороны спроса. В то же время цифровизация создает новые возможности для бизнеса и для поставщиков энергетических услуг, помогая потребителям изучить свое потребление энергии и стать энергоэффективными.

Список использованных источников:

1. IEA (2021), World Energy Outlook 2021, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
2. IEA (2021), World Energy Investment 2021, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2021>
3. <https://indicators.report/targets/7-1/>

Вектор развития ДФО — Водород

Рубанова А.И.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Ковальчук Ю.А.

МАИ, Москва

Тематика развития энергетики и трендов энергетического будущего держится в топ уже не первый год. На заседаниях глав правительств стран мира и корпоративных собраниях обсуждаются все более и более грандиозные проблемы, требующие незамедлительного вмешательства. Несмотря на очевидность и важность экологии, тем не менее, сценарии по ее активной поддержке не являются абсолютно принимаемыми, поскольку требуют не только

всеобщего признания, но и развития новых технологий, нового образа мышления при ведении деятельности.

На сегодняшний день основным стратегическим договором в этой сфере является «Парижское соглашение», вступившее в силу 4 ноября 2016 года и регулирующее меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года. Отличием этого документа считается взаимодействие и сплоченность участников. 12 декабря 2015 года на прошедшей в Париже 21-ой конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКООНИК) было принято «Парижское соглашение» 196-ю участниками собрания.

Переход на альтернативную энергию с учетом «Парижского соглашения» и должного стремления к углеродной нейтральности крайне важен, а в месте с тем, кропотлив и медлителен.

Результатом дальневосточного энергетического форума, проходившего во Владивостоке, Сахалинскую область намерены сделать первым регионом в России, по реализации проекта углеродной нейтральности, а к 2025 году добиться нулевых выбросов углерода.

Перспективным направлением сегодняшнего дня и глобальной нацеленностью на завтра необходимо отметить водород. В настоящее время государство разрабатывает технологии, связанные с производством голубого и зеленого водорода. Проводимые исследования привлекают общество к нему виду топлива.

Возвращаясь к территориальному положению: достижения острова Сахалин по производству СПГ являются криогенные технологии, наработки в сфере безопасности и автоматизации технологического процесса изготовления и использования, актуальны и востребованы для производства водородной промышленности.

На рынке АТР, Дальний Восток имеет преимущество, в отличии от других регионов страны, в своем территориальном расположении. Участники рынка АТР, а именно Китай, Япония и Корея, активно участвуют в развитии водородной энергетики. Стоит отметить, что данный факт территориального расположения весомо влияет на развитие экономических отношений региона. Ведется активное сотрудничество участников в обмене технологий, создании правового регулирования будущего рынка и поддержке международных экономических отношений.

Дальний восток имеет хорошие перспективы в создании плацдарма для развития водородной энергетической промышленности:

- Короткие транспортировочные пути;
- Низкая себестоимость продукции, обусловленная в сравнении с конкурентами невысокой стоимостью доставки до потребителя;
- Наличие на Сахалине достаточных ресурсов и мощностей для развития водородной промышленности;

Дальневосточный Федеральный Округ способен обеспечить производство большого количества чистой энергии и стать первым источником безуглеродной экономики будущего.

Electric vehicles' energy consumption measurement and reducing

Сангинов А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Журбенко Н.Л.

МАИ, Москва

Electric vehicle are becoming more popular among drivers and automotive manufacturers. People are beginning to gradually switch over to cars with electric motor, and companies are a lot of effort and money in the development of new technologies in this field.

The question of ecological and economic benefit of using cars with electric motor instead of cars with internal combustion engine becoming more and more topical.

At first sight, it seems that an electric vehicle has only advantage compared to a ordinary car: petrol is getting more expensive, there are no exhaust gases and in general "Electric car" sounds respectable and futuristic. Also, we know that at the same distance the owner of electric car will

spend less money than the owner of ordinary car, because electricity is cheaper than petrol. The electricity consumption for a distance of 100 km an average will equal 20kWh, which will cost from 80 to 425 rubles in Russia. An ordinary car in turn burns an average 8 liters per 100 km, what will cost 400 rubles, if an average cost of petrol is nearly 50 rubles per liter.

But after a little thought, it becomes clear, that not everything is so good with electric vehicles: besides their high price, there are fewer charging station, process of charging takes a long time and u can drive a less distance on one charge. Although this kind of transport does not emit harmful substances, for the production of electricity, it is also necessary to burn a large quantity of natural resources, because the large majority of electricity in the world is produced at Thermal Power Station.

To increase your competitiveness in front of ordinary cars, it needs to solve a several of these problems. And the solution to few items from this list will be to improve the batteries. It is necessary to continue to develop the all system in the side of lower energy consumption, while saving the functionality of the car, and the battery is more capacious. For example, if in the beginning of 2010s the battery capacity was 20-30 kWh, then by the end of the decade the capacity of nearly 60kWh became a common indicator, which is 2-3 times more than before.

Actually, several different types of batteries can be installed in electric vehicles. Details about the types of batteries for an electric car are described in the article !!! The author of the article indicated several types of batteries, the principles of which are based on various chemical reactions. Let's briefly consider the advantages and disadvantages of these batteries.

Lead-acid battery. It is a cheaper, more reliable and you can recharge it, if you replace the electrolyte. However, with the same size as lithium-on batteries, they hold less electricity. And a small time of working is one of the main problems of electric vehicles.

Nickel-metal hydride batteries. Compared with lead-acid batteries, have twice the capacity of electricity. But at the same time, it takes a very long time to charge and discharge quickly, even by themselves.

And finally, the market leader is lithium-ion batteries. They are used in almost all types of electrical appliances. They have a number of advantages compared to other types of batteries: low price, high power and relative compactness. However, this is also far from ideal. It is necessary to improve technologies in order to achieve greater charging speed and reliability. For example, experiments have shown that when graphene is added, the characteristics of lithium-ion batteries can improve.

Summing up the results based on the above, we can conclude that the development of electric vehicle is one of the most perspective field nowadays. I am sure, in the future everyone will switch over to electric vehicles, so it is very important to continue investing resources in develop new technologies, which will liberate electric vehicles from their weaknesses.

Necessity of non-renewable energy sources in global energy systems

Тарасова М.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Журбенко Н.Л.

МАИ, Москва

The modern energy system depends on non-renewable energy sources, including: natural gas, oil, coal, ore and other minerals.

The purpose of my research: the analysis of foreign literature and the choice of technologies that can be applied to the issue of the need to use non-renewable energy sources in global energy systems, so that I, as a future specialist in the field of energy management, could use these technologies.

In accordance with the purpose of my research, the following tasks were set: the selection of literature on the problem, its analysis and its correlation with the Russian market.

The first article states that after analyzing the factors contributing to international financing of either coal or renewable energy sources in countries. The results contribute to a broader understanding of how international support for the development of power plants around the world depends not only on the motivation of the investor countries, but also equally on factors in the

recipient countries. For example, a greater preference in this case was given to power plants that used a non-renewable energy source - coal.

The second article examines the possible impact on economic growth of consumption of renewable and non-renewable energy sources, as well as the model of economic growth, the interaction between the measures of globalization of the COF, taking into account the economic, social and political aspects of the BRICS countries. Taking into account the results of the assessments of the GMM system (Generalized Method of Moments), the positive effect of the use of non-renewable energy sources on economic growth was confirmed. Moreover, in this model of economic growth used in the BRICS group of countries, the results obtained indicate an increase in the interaction of economic and social globalization and a decrease in the impact on economic growth.

Based on all of the above, it can be concluded that despite the widespread and popularity of renewable energy sources, non-renewable energy sources are still in great demand, since now they cannot be replaced. However, do not forget that non-renewable energy sources can be depleted, so it is important to use them rationally in production until a replacement is found for them.

Направление №11 International session (in English)

Analysis of conceptual design methods of a morphing wing

Chaturvedi P.I.

MAI, Moscow

This paper examines and analyses the conceptual design and prototype production methods available for shape morphing of an aircraft wing. Special attention has been given to concepts that include the use of smart materials like shape memory alloy (SMA), shape memory polymers (SMP) and piezoelectric actuators (PZT).

Morphing structures refer to load bearing structures that can change shape over multiple operating conditions to improve performance and efficiency of structure. A morphing wing is designed to be adaptive, which means that it may seamlessly shape-shift during flight, without slots or steps on the wing surfaces, to reduce the potential impacts on aerodynamic drag, utilizing a control system that requires no direct participation from the pilot.

In this work, we encapsulate shape changing methods for aircraft wings that undergo considerable changes of airfoil profile, planform and chord or span wise camber. Our main objective is to collect contemporary knowledge and ideas on wing morphing concepts.

Wing morphing methods can be divided into three major types: Planform alternation, Out of plane transformation, Airfoil adjustment. The wing planform alternation concept includes wing area manipulation techniques such as resizing of span wise length and chord length and altering of wing sweep. The out-of-plane method involves chord and span wise camber changes and the possibility of twisting of wings. The airfoil adjustment technique summarizes changes in wing profile like thickness but not the camber.

For the wing planform alternation, we see that telescopic structures (spars) have been widely used for length change. The wing with such a structure undergoes a 38% change in span length and an approximate 114% change in wing aspect ratio. A 25% decrement in the drag to lift ratio is also observed as compared to a rigid wing. We observe the application of smart materials for chord change. Dynamic Modulus Foam (DMF) has come out to be a viable option, it is a light weight form of shape memory polymer and is highly stretchable at temperatures higher than the glass transition temperature ($T > T_g$). For sweep angle variation we see the use of SMPs for a shear deformation of the scissor's mechanism.

For the out of plane transformation of wing, we observe that airfoil camber change can be brought by either reconfiguring the underlying structures or morphing of the wing skin. This can be achieved by using internal mechanisms or piezoelectric actuation or shape memory alloy actuation. The combination of a segmented rib (a finger like mechanism) along with highly deformable skin has come out to be highly commendable. We again see the use of a scissor mechanism using a quaternary-binary like configuration to morph a flat wing into a non-planar shape. The adaptive aeroelastic methods that morph a variable stiffness wing through the application of aerodynamic loads are used to achieve wing twisting. Piezoelectric actuators are also employed to manipulate wing twisting.

A majorly adopted method to achieve airfoil profile change is by attaching linear displacement actuators inside the wing section in a diagonal manner, the shape of the airfoil can thus be changed by expansion and contraction of the actuators.

Any conceptual design of a shape morphing aircraft wing should be able to undergo large geometric changes, use smart materials for actuation and the section of wing that bears the aerodynamic loads. To counter the excessive structural weight because of all the actuators involved, they should also strive to use light weight composite structures.

Active debris removal by CubeSat using the drill, dock and deorbit mechanisms

Gore S.D.

MAI, Moscow

In the past two decades, the space environment has become hazardous for earth-orbiting operational satellites. There are millions of pieces of space junk floating around the Earth, posing a risk to space exploration and human spaceflight programs. Furthermore, anti-satellite tests and spacecraft collisions have rapidly increased the space debris population in low Earth orbit. Currently, several active debris removal techniques using CubeSat are being proposed to capture and deorbit the decayed spacecraft from orbit. This research presents an active debris removal technique with a core focus on drill, dock, and deorbit(d3) mechanisms to capture and mitigate the non-cooperative debris. The feasibility study has been carried out to check the integrating of drilling and docking mechanism payload on 6U CubeSat. The proposed approach to capture the non-operational spacecraft is based on drilling into one of the surfaces of the target satellite, then fastening the CubeSat module to the target satellite to begin an attitude stabilization operation followed by the deorbiting phase by an onboard electric propulsion unit. Approaching the target and docking safely is the most challenging part of the capturing phase due to high orbiting velocity. Here, we have also considered critical parameters like collision sensitivity while capturing the debris and torque control during the drill. From a system engineering perspective, developing CubeSat based active debris removal system is a feasible, promising, and cost-effective technique that takes less development period. Further, this study represents the rendezvous and proximity phase, the debris capturing operation, the attitude stabilization, and the deorbit phase using an onboard propulsion unit.

Structural design and control planning of a tactical fixed-wing UAV for delivery and surveillance use

Guo Ziang

Научный руководитель — доцент, Gueresh Djahid

MAI, Moscow

As the development of control system and electric power plant, such as the spread of the civil miniature drones, there are more and more flying applications to be researched to create changes in some industries. In this work, a concept of a fixed-wing tactical UAV with its constrained motion planning (CMP) and trajectory planning (TP) on terrain and threats modelling is introduced for modern cargo delivery or border surveillance. Instead of the traditional land delivery among remote villages, especially under insufficient infrastructure and extreme weather conditions, this type of UAV aims to realize the goods and supplies deliveries loading maximum 50kg payload with medium endurance of a planned flight. Then it can also be applied to certain border surveillance to avoid sneaky and illegal breakthrough. Through the reference of some typical and similar UAV parameters, according to modelling based on the local environment data, complete the structural design and optimum route bypassing the internal threats and obstacle. Analyzing the resultant performance data of CFD simulations, make iterations of adjustment to improve the flight performance or adjust the certain missions. Here, for the future variable modification, SUAVE, an aerospace conceptual design environment based on Python is cited as a reusable method. Besides, at the taking-off and landing spots, certain checks are used to be recognized by UAV with inherent vision sensor, where the maintenance and charging stations are also built. Summarizing the above, this type of UAV helps to provide a solution of spacious area with sparse population delivery and surveillance demand and is expected to cover more and more fields with the growth of this application.

Preliminary study of the impact of distributed propulsion on the range of Fokker-50 using OpenVSP software

Han Wei

Научный руководитель — доцент, Ph.D. Карпович Е.А.

MAI, Moscow

1. Introduction

In early aircraft designs, a multiple engines configuration was used due to the low efficiency of engines, so distributed propulsion (DP) was more motivated of necessity than the intended choice. And the definition of DP is: multiple small independently powered propellers. Any aircraft with more than one propulsion can technically be classified as utilizing a DP system [1]. With the development of the engine, the high-power larger engines began to dominate the design. Nowadays, distributed propulsion began to attract the attention of engineers. The benefits of using distributed propulsion for aircraft could be found in improvement in aircraft performance, noise reduction to the surrounding community, and providing the capability of short take-off and landing (STOL) [2]. As the engine configuration changes, the distributed pressure will change, thus affecting the aerodynamic properties of the aircraft, further saving on fuel or bringing other benefits.

An example is NASA's Cruise Efficient Short Take-Off and Landing (CESTOL) configuration where 12 small engines are distributed on the upper surface of a hybrid-wing-body airframe to enable STOL performance [3].

2. Experimental analysis by the vortex lattice method (VLM)

The main idea of this study is to set different engine configurations for the same aircraft, and the total power provided by engines will be similar so that we can explore the impact of distributed propulsion on aircraft. We take Fokker-50 as an example. It cruises at an altitude of 6000 m at 530 km/h. The normal cruise attitude will be AOA equal to 2-4 degrees, to bring the maximum lift-to-drag ratio to a suitable AOA, we can change the angle of incidence of the wing with selected airfoils. Then we can simulate the aircraft cruise state on the OpenVSP by VLM. VLM uses the following assumptions:

- 1) inviscid, steady, incompressible flow;
- 2) linear aircraft lift and moment curves;
- 3) high Reynolds number.

In OpenVSP, to capture the viscosity effects, semi-empirical analytical methods are used, enabling the designer to conduct aerodynamic analysis in the whole operational range of angles of attack. A series of aerodynamic parameters can be obtained from OpenVSP. From the result, we can see the lift coefficient will slightly decrease with the increasing number of engines, the lift-to-drag ratio also decrease.

Several factors are related to estimating the maximum range of aircraft: fuel capacity, specific fuel consumption (SFC), cruise speed, and so on. The aircraft has different cruising speeds due to different lift-to-drag coefficients. The maximum capacity of Fokker-50 is 5140 liters, so the mass for Jet-A fuel will be 4133 kg. We set the SFC for all engines to the same value: 0.286 g/kw*h.

With the different lift coefficients under the different configurations, the cruise speed will also vary. The maximum range of the four different configurations is 2098.3 km, 1957.1 km, 2170.0 km, and 2262.9 km.

The result shows the range could increase by 7.8% of the range in the 8-engine configuration, which means the aircraft could use less fuel to perform the same mission. With the increasing number of engines, the result in my simulation shows lift coefficient and induced drag will decrease. This result is different from the general perception that DP improves the lift coefficient of the aircraft, and further investigation will provide a deeper insight into the analysis of the above results. As this study is just a preliminary study and lacks some wind tunnel experiments, the combination of engine and propeller is not the most effective choice, and the location of the engine could also be improved by considering some aerodynamic interaction between propellers. So, the benefits of DP may be more than what is shown in this report.

3. Conclusion

In this preliminary study on distributed propulsion, I assume that the take-off weight of the aircraft with additional engines and structures is similar to the prototype, the SFC of each engine is the same, and the shape and twist angle of the propeller is the same. Under these assumptions, we can see that with the increasing number of engines, the maximum range of aircraft will increase by 7.8% for the 8-engine configuration. Optimizing the number and layout of engines may have more benefits in future studies, and this study could be used as a preliminary study of electric distributed propulsion.

References:

1. Kim, H. D., Perry, A. T., and Ansell, P. J.. A Review of Distributed Electric Propulsion Concepts for Air Vehicle Technology. 2018 AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium.
2. Hyun Dae Kim, "Distributed Propulsion Vehicles," 27th International Congress Of The Aeronautical Sciences, 2010.
3. Kim, H. D., Berton, J. J., and Jones, S. M., "Low Noise Cruise Efficient Short Take-Off and Landing Transport Vehicle Study," AIAA Paper 2006-7738, 2006.

Wide-band microstrip antenna array for satellite communication systems

Ibrahim Tarek

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Овчинникова Е.В.

MAI, Moscow

In light of the increasing demand for communication systems day after day, it was necessary to have broadband communication systems that provide ease of controlling the working frequency band based on the requirements of each case without the need to change the fundamental structure in the design of the system (transmitter, antenna, etc.). In light of this need, it was necessary to develop broadband antennas and to study their performance in depth. In this work, we will present a study of wide-band microstrip antenna array, because printed antennas have become widely used in the field of antennas, due to their ease of manufacture, light weight and good performance, but in light of all these advantages they suffer from a basic problem, which is their narrow band. This work presents a study for the development of a wide band printed array antenna system based on a single antenna, which is the elliptical dipole. The traditional elliptical dipole consists of two ellipticals, it has one degree of freedom, which is the radius of its shape. The presence of one degree of freedom is considered one of the biggest disadvantages of these antennas, as it is difficult to modify them to control the performance of these antennas. In our work, we will use a relatively developed antenna, so that each of the two branches of the dipole consists of an elliptical, and inside it a slot, this slot provides an additional degree of freedom to control the performance of the antenna. The process of feeding the single antenna is via a microstrip transmission line using MS-toCPS (Microstrip to Coplanar strips). The advantage of this method is that it connects the terminal devices such as antennas with the rest of the circuit (transmitter or receiver). The transition (the balun) consists of three sections: a 50-ohms line to match the input impedance, a 100-ohms line in order to achieve an appropriate power division between the two branches of the transition and the third part (a half wavelength) to achieve the 180-degree phase difference between the two lines. The designed matrix consists of 16 elliptical elements, which are fed using linear equal power dividers and based on a substrate with a thickness of one mm with dielectric permittivity of 2.4. To study the results, the matrix was designed using CST STUDIO, simulating it by using FDTD method, and the results were as expected, the antenna works on the 11-14 GHz range with a VSWR less than 1.5 over the required band, with a gain of 20 dB at the center frequency. This work has many prospects, the most important of which is the use of this matrix in the smart antenna systems, where several matrices are used connected to each other by using phase shifters to control the direction of the radiation pattern as required.

Experimental Study on Bending Performance of Epoxy/Glass Fiber Honeycomb Sandwich Panels after Long-term Natural Aging

Kong Zhao

Научный руководитель — Kalutskiy N.S.

MAI, Moscow

A certain type of UAV made extensive use of honeycomb sandwich panels and parked indoors in hangars for nearly two decades. During this two decades, the UAV was aging inevitably because of the influence of environment. To study the effect of this natural aging on the panels of the UAV, the honeycomb sandwich panels was stored for almost 18 years in natural environment similar to a hangar as real as possible.

This work focus on the bending performance test of honeycomb sandwich panels after long-term natural aging. Therefore, bending property tests of short beams, long beams and overhanging beams are conducted according to Chinese standard (GB/T1456-2005) respectively. In this work, the test data are given through the test analysis of the bending property of epoxy/glass fiber honeycomb sandwich panels specimen after long-term natural aging. At the same time, by the analysis of the test data and the test process, the following conclusions are drawn:

1) After 18 years of natural aging, the shear strength of the core layer of the epoxy/glass fiber honeycomb sandwich panel decreases by 36.7%, the bending strength of the panel decreased by 42.6%, the overall shear stiffness decreases by 41.7%, and the overall bending stiffness decreases by 51.0%. Among them, the largest decrease is the overall bending stiffness while the smallest is the shear strength. Moreover, the coefficient of dispersion of all three sets of experimental data is small, indicating that the test data are somewhat reliable.

2) After the natural aging of epoxy/glass fiber honeycomb sandwich panels after 18 years, the main failure modes of the core strength test are core shearing and upper panel pressing in, and the main failure of the panel strength test are tensile failure of the lower panel.

The main contribution of this work is filling the gap of bending performance test of honeycomb panels after long-term natural aging.

A Comparative Study between Xenon and Mercury-based Ion Thrusters for Space Propulsion

Paul Arnab, Ashutosh Ramola

MAI, Moscow

For civilizations to explore deep space or build a home in Earth's orbit, a propulsion system with higher specific impulse is required. To accomplish this, electric propulsion can be used, which accelerates the ions up to 20–50 km/s with the help of a magnetic or electric field. Predominantly, xenon is used because of its inert nature and gaseous form. However, other elements, such as iodine, cesium, and mercury, can be used in place of xenon.

This paper focuses on the comparative analysis between mercury and xenon with the possibility of improving the net thrust achieved by electric propulsion. The efficient application of fuel and electrical power by the ion propulsion system allows modern spacecraft to travel farther, quicker, and cheaper than any other propulsion systems currently offered. Chemical rockets are said to have exhibited fuel efficiencies of up to 35%, but ion thrusters have demonstrated fuel efficiencies of up to 90%. In contrast to chemical engines, which consume vast amounts of fuel and spew it out at moderate speeds, ion engines take extremely small amounts of gas and accelerate it to very high speeds. That implies ion engines consume a lot less fuel, but they are restricted by energy rather than mass.

Ion thrusters based on xenon are a common type of electric propulsion used in spacecraft applications. An alternative ion thruster would be better rather than using a Xenon based to power the engine. We need to find an element that is denser than Xenon from the list of elements. As a result of our research, we discovered mercury (which is a heavy, silver coloured d-block element). It is the only metallic element that is liquid under standard temperature and pressure conditions.

There are some advantages to using mercury ion thrusters. It has more mass than xenon or krypton, both of which are currently used to power ion engines. As a result, a spacecraft powered by mercury would be able to generate more thrust. Because the boiling point of Xenon is 165.051K and the boiling point of Mercury is 629.88K, the mercury base must be heated in order to convert it into gaseous form. The comparison study reveals that the ionization energy between Xenon (12.1298 eV) and Mercury (10.4375 eV); this demonstrates that in order to succeed, we must ionize the mercury base less than Xenon. The density of mercury is around 13534 kg/m³, while the density of Xenon is 5.887 kg/m³, which is advantageous in our circumstance. Because Xenon is a gas and Mercury is a liquid, this fits the requirement that we don't need a lot of storage space for this scenario (which needs to be converted to gas). From various studies it has been found that the availability of Mercury in Earth's crust is much higher than that of Xenon, making it a better option for electric propulsion.

Aviation systems

Sharma Joshita

MAI, Moscow

Hypersonic flights enable high speed transportation yet lack in the field of maneuverability; however, this projected system is meant to mend through this disadvantage. The basic feature of such a flight system is the inclusion of a streamlined body with a chine shape. The generation of a vortex flow through forward chines at subsonic speeds helps in the delay of stall by stabilizing the airflow and increasing the airspeed locally. At $M > 3$ lift is generated due to the low AR canard effect. The chine mechanism is highly directionally stable thus creating low maneuverability which can be eradicated by the generation of the trim drag by addition of a horizontal stabilizer in delta form that would provide lift enhancing properties, another of the directional effect of chine system would be reduction of crosswind effects, this smooth crosswind allows easy yaw movements with a relatively smaller vertical stabilizer. The vertical stabilizer would count as the only surface to generate the pure trim drag.

The wing system to be used in such flights need to be of a double delta wing type which will allow the generation of higher lift. It would provide shear stress and pressure distribution, which is expected to increase due to formation of shockwaves. This wing shape would also allow sharp maneuverability in the roll and pitch axis due to the presence of concentrated vortices. When using the function of flow separation while the landing, an increase in pressure drag helps in dramatic speed reduction thus allowing quicker landing. The combination of lift and drag acting at the similar time allows smooth descent of aircraft even with rapidly declining speed. To prevent the effects of flow separation, double slotted flaps with front slat must be added, hence allowing steeper ascent. Another addition of low energy boundary layer suction also allows in the curb of flow separation effect.

The formation of the double delta wing should be in a mild positive dihedral pattern that would reduce the effects of shock waves that would remain to pass above the wing surface. The generation of wing lift at the moments of breaking through the hypersonic barrier, will be negligible which will be counterbalanced by the generation of lift from the underside of the fuselage, thus a steep angle of attack is to be gained at the point, which would generate sufficient lift to keep the flight gliding.

The horizontal stabilizer of this aircraft should also have some positive angle to prevent much interaction with the shock wave, the edges should be kept blunt so that the shock wave would dissipate before it hinders with the maneuvering mechanisms, a large part of which will already have been dealt with the wing mechanisms as previously mentioned. Also, the blunt edges would help with the pressure effect over the stabilizing surfaces because they have no suction surface.

In order to allow high maneuverability while crossing the hypersonic barrier, it is necessitated for the fuselage to have a pointed nose, this would also restrict the directional change during shock and yet allow maneuverability. In order to generate more lift in the conditions minor Wingtip surfaces, in the opposite directions to the general usage must be used, that would allow to keep large part of air trapped under the wing.

As the airplane is to move through speed regions, its entry into the hypersonic or supersonic zone would call for generation of shock wave, as per the increase of M , the angle of shock wave will keep to a decrease.

The increase in the area of boundary layer would hence allow more region for the interaction of viscous surrounding flow. To counterbalance the viscous flow of shockwave a system of boundary layer is to be used. Apart from the interference, the boundary layer suction would produce with the viscous flow due to shock waves, there would be additional benefit of lift generation at subsonic speed regions. The boundary layer suction allows the flight to be accustomed to the viscous effects of shock wave before it actually strikes, thus creating less general shock pattern and intensive instability.

The excess pressure generated due to the shock waves are as already mentioned covered due to the large area of the double-delta wings, however this concept adds to its disadvantage the increased amount of surface heat flow that can be overcome by the boundary layer suction addition, the friction generation due to the interaction of the viscous shock layer. The boundary layer suction mechanism deenergizes the viscous flow thus reducing the frictional effects without affecting the lift generation effects of the wing.

References:

1. Anderson J. Aircraft Performance and Design. Chicago: WCB/McGraw-Hill, 1999. Вып. 1
2. Fillipone A. Aerodynamics of the Delta Wing. URL: <https://aerodyn.org/delta/>. дата обращения: 22.02.2022

Propellant free electromagnetic propulsion system for spacecraft

Sharma Shivam

MAI, Moscow

The main objective of this thesis is to develop a new innovative technique to get thrust force for a spacecraft in localized geomagnetic fields by varied magnetic attraction systems. The projected electromagnetic propulsion system is an electromagnet, like traditional or superconducting solenoid, having its own magnetic flux that interacts with the planet's magnetic field to provide a reaction thrust force.

The viability of the system is checked by performing various simulations so as to determine the varied radius, velocity, and acceleration changes. The advantages, challenges, various optimisation techniques, and viability of such a propulsion system in present day and future are discussed. The goal of this research is to show that electromagnetic propulsion is a cost effective means of achieving orbital maneuvering in Lower Earth Orbit (LEO).

The goal of this thesis is achieved by following two- step process. Firstly, it will be determined that a decent level of thrust is achieved by using electromagnetic propulsion system by current state of art. This can be done by reviewing the electrodynamic theory of metals and superconductors and applying the desired formulas to search out the thrust generated by the interaction of the Earth's magnetic field and also the spacecraft's magnetic field.

Secondly, the application of the system in present day technology will be analyzed by demonstrating a simulation containing orbital maneuver in the Lower Earth Orbit (LEO). this can be done by using basic orbital mechanics and satellite dynamics techniques, and creating a simulation in MATLAB for graphical results.

Improving the design and control of drones used on farms

Горо Секу, Dhiman Gaurav, Quispe Mendoza

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Korsun O.N.

MAI, Moscow

The reduction of air pollution by CO₂ is a problem that occupies an important place in the concerns of humanity, today many of human needs and means of transportation contribute to the emission of this polluting gas [4]. On the other hand, the UAVs play a very important role in the development of agriculture, especially when the farm is gigantic, but the inability of drone batteries

to last much time makes their use not very effective[4]. So, these two problems continue to be relevant at the present time; the most requested way to meet these challenges today is to use fuels that cause zero emission of CO₂ in order to not only increase the flight time but also to protect the future of mankind. The fuel that attracts the attention of scientists today is green hydrogen fuel. In fact, several technological sectors make it possible to produce hydrogen from different sources:

1. The main industry uses organic compounds consisting mainly of hydrogen and carbon, such as natural gas, coal or biomass. It currently accounts for more than 90% of hydrogen production, but these are polluting [3].

2. The second stream produces hydrogen by the decomposition of water. It uses either an electric current for electrolysis, or a succession of chemical reactions for thermochemical cycles that make it possible to "break" the water molecules in order to obtain hydrogen. Hydrogen made from a process of electrolysis of water is said to be green if the latter is made from renewable electricity [3].

The general approach that determines the novelty of the study is to determine by calculations an adapted and effective design and control of the drone according to the requested tasks and the needs in gigantic agricultural farms. The purpose of this work is to increase the flight time and the performances of drones used for farms tasks.

Like conventional forms of design, which are quadcopter form, helicopter form and airplane form, based on calculations we determine the purpose (flight environment), speed limits, weight and mass of the drone. This is usually the choice of overall dimensions, profile, polar, balance bands, power choice in accordance with the polar, the estimated characteristics (takeoff, landing), loads, propeller characteristics and the area of the flight. These characteristics can then allow us to come up with a design form based on the helicopter form with the use of certain facilities in the design of the drone to automatically control the green hydrogen and ammonia tanks in order to increase the working time on the farm, for this purpose strategic refueling points are used using special algorithms implemented in the drone brain, then the drone automatically can perform all the necessary tasks on the farm such as: Soil health scans, Monitoring of crop health, Assistance in planning irrigation schedules, Application of fertilizers, Evaluating yield data and providing valuable data for weather analysis[1].

For instance, in order to fulfill spraying fertilizers the UAV complex in the first stage would collect data via multispectral sensors. The data produces NDVI index from which accurate mapping of agricultural field health [2]. From accurate mapping of field health, it is possible to highlight the areas in need of fertilizers and the areas, which do not require. This leads to reduction in use of fertilizers and resulting in cost savings for farm operators. In the next stage, the UAV complex sprays fertilizers on the mapped fields. From field researches up to 1000 rubles of cost is saved per hectare by the above-proposed algorithm [4].

The developed algorithms can then provide the drone not only with the correct scheme to follow on the farm but it also provides the drone with the green hydrogen refueling scheme and even the ammonia liquid refueling, the design will then include additional elements: a hydrogen fuel tank, a hydrogen fuel cell stack, a fertility tank, tank branch systems, and an adapted battery.

References:

1. Pasquale Daponte, Luca De Vito, Luigi Glielmo, Luigi Iannelli, Davide Liuzza, Francesco Picariello and Giuseppe Silano. A review on the use of drones for precision agriculture. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 275 (2019) 012022. doi:10.1088/17551315/275/1/012022
2. Magdalena Dudek1, Piotr Tomczyk, Piotr Wygonik, Mariusz Korkosz, Piotr Bogusz, Bartłomiej Lis. Hybrid Fuel Cell – Battery System as a Main Power Unit for Small Unmanned Aerial Vehicles (UAV). Int. J. Electrochem. Sci., Vol. 8, 2013
3. Jordi Renau 1, Víctor García, Luis Domenech, Pedro Verdejo, Antonio Real, Alberto Giménez, Fernando Sánchez, Antonio Lozano 2 and Félix Barreras. Novel Use of Green Hydrogen Fuel Cell-Based Combined Heat and Power Systems to Reduce Primary Energy Intake and Greenhouse Emissions in the Building Sector. sustainability 2021, 13(4), 1776; <https://doi.org/10.3390/su13041776>
4. K. Kendall, B.G. Pollet, 4.12- Hydrogen and Fuel Cells in Transport, Comprehensive Renewable Energy 4 (2012) 301

MEMS IMU errors estimation and correction for measuring low-frequency vibrations of aircraft wing

Маамо МШико, Sharovalov N.A.

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

МАИ, Moscow

Analyzing the aircraft wing vibrations effects is considered as one of the upmost important aspects in aircraft design, manufacturing and maintenance. This implicates the importance of having an effective measurement system to conduct vibration tests, and accordingly all kinds of the related system analysis, including: modal analysis, flutter, wing health monitoring diagnostics and alike.

Aircraft wing vibration measurement systems are usually built using piezoelectric sensors, optical sensors and MEMS accelerometers. In our previous works, we have analyzed the advantages and disadvantages of these systems, and showed that building a vibration measurement system using MEMS IMU could be one of the most promising vibration measurement alternative industrial solutions.

In this regard, the suggested system would afford a lot of benefits in these kinds of engineering applications, first of all due to the richness of information that MEMS IMU can afford, not to mention the low cost, small size and power consumption considerations. Nevertheless, these benefits couldn't be achieved without overcoming the MEMS IMU main disadvantages, namely its measurement errors and instability of characteristics.

To do this, we have suggested the application of sensor data fusion technology and optimal Kalman filter estimations. On the other hand, the suggested system requires the use of at least two MEMS IMUs to calculate the wing tip vibrations, which is mandatory to accommodate the measurement of wide range of vibrations frequencies, in such case there is a need to apply optimal Kalman filter correction algorithm for each MEMS IMU, which makes the data processing somehow complicated. However, this measurement system could be largely simplified for low-frequency vibrations measurements. In this case, we can use only one MEMS IMU on the wing tip.

Based on the readings of this MEMS IMU, we can solve the orientation and navigation algorithm in the Earth's equatorial (Greenwich) coordinate system, in order to determine the tip movement parameters; essentially its geocentric radius, velocity and acceleration vectors. As long as the targeted measured frequencies are low, below 5 Hz for example, then we can use the movement parameters of the point where the aircraft navigation system is installed, which are in general case precisely determined, instead of the ones of the other MEMS IMU in the originally proposed system.

In addition, the position vector of wing tip relative to the navigation system could be calculated using the readings of a displacement sensor, which is bonded on the wing, and the well-known position vector between the navigation system and the joint point of the wing. To do this, some modifications should be done on mathematical error model of orientation and navigation parameters determination channel, as well as for various aspects of Kalman filter design, including the state vector, the dynamic matrix, the measurement matrix, etc. So, we can apply sensor data fusion technology on the data collected from MEMS IMU, navigation system and displacement sensor, alongside with the optimal Kalman filter algorithm, to calculate the vibration parameters (vibration displacement, vibration velocity, and vibration acceleration) of aircraft wing tip.

To study the effectiveness of this simplified measurement system, a case study of aircraft wing vibrations was conducted for 2 Hz vertical sinusoidal vibrations of the wing tip while the aircraft is not moving during the process of pre-flight preparations. The simulation considered the cases of rough and relatively precise MEMS IMUs. The simulation results show that by using this simplified measurement system we could achieve an accepted accuracy for measuring the vibrations parameters of aircraft wing for low-frequency vibrations.

Synthesizing an aperture antenna with a constant radial velocity of the radar carrier in case of rotation the phase center of receiver antenna and separated transmitter module

Нажжар Таммам

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Татарский Б.Г.

MAI, Moscow

In modern radar systems, synthetic aperture antennas are used, which allow observing objects with high detail. However, this can be the case with the translational movement of the radar carrier along a rectilinear trajectory at a constant radial velocity. It is possible that the implementation of the aperture synthesis mode for other types of movement negatively affects the potential energy of the radar and limits the range of the airborne radar. One of the ways to increase the range of the radar in the synthesis mode with the rotation of the phase center of the antenna and constant velocity of the moving radar carrier.

Formation of a trajectory signal: we consider a distributed radar, which consists of a stationary transmitter and a rotating receiver module, both are under the influence of a constant radial velocity. Transmitter antenna is weakly directional, and receiver antenna is directional. Center of rotation of the receiver module is vertically shifted relative to receiver module. Object of observation is a point target, distance between the target and the transmitter module is D , and the distance of the transmitter and target changes in accordance with only the radial speed. with all of these factors, trajectory signal is under the influence of radial velocity projection, angular velocity and radius of rotation of the receiver model.

Processing trajectory signal: it is known [1] that in order to obtain a radar image of an observed object during synthesis, it is necessary to ensure matching process of the trajectory signal. The response of optimal trajectory signal system shows that the resolution in azimuth is not affected if the target is located along the axis of radial velocity, and is increased if the target is located in the angle's position relative to the axis of radial velocity.

Conclusion: using this current procedure of synthesizing showed that, as in the case of linear movement of the real antenna in the process of aperture synthesis, the position of the transmitter does not affect the synthesis procedure, and affects only the energy parameters of the radar. The synthesis of the antenna aperture is provided only due to the rotation of the antenna phase center of the receiving module. Since the trajectory signal is formed by receiving a signal reflected from the object of observation, this leads to decrease in the resolution of the SAR in azimuth by a half. However, in practical applications, this deterioration is compensated by the possibility of increasing the range of the radar.

References:

1. Дудник П.И., Герасимов А.А., Ильчук А.Р., Кондратенков Г.С., Татарский Б.Г. Авиационные радиолокационные комплексы и системы / Под ред. П.И. Дудника. М.: ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского. 2006.
2. Авиационные системы радиовидения. Монография / Под ред. Г.С. Кондратенкова. М.: Радиотехник. 2015.
3. Татарский Б.Г., Ясенцев Д.А. Анализ особенностей формирования и обработки траекторного сигнала в РЛС с синтезированием апертуры антенны при вращении ее фазового центра // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2008. Т. 6. № 9. С. 39–43.

Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур)

Использование ЯРД для исследования планет Солнечной системы Абдикадыров Д.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Освоение планет Солнечной системы является амбициозной и перспективной задачей. Наиболее интересны проекты исследования Юпитера, Нептуна, Луны, Венеры и Марса. Соответствующие программы запланированы ведущими странами и корпорациями мира. Доставка полезного груза на орбиты планет и просторов, лежащих за их пределами, до сих пор является трудновыполнимой. На данный момент имеющиеся в эксплуатации двигательные установки не могут обеспечить полный спектр выполнения поставленных задач.

В настоящее время, самым распространенным типом ракетного двигателя является химический. Несмотря на достаточную развитость технологий химических двигательных установок, существует ряд современных проблем, требующих современных решений. Теоретические и практические задачи включают в себя вопросы экономичности компонентов ракетного топлива, загрязняющих окружающую среду выбросов. Вопрос возможности увеличения максимального удельного импульса двигателей при минимальных сопутствующих затратах всех необходимых элементов также важен. Главной проблемой остается невозможность использования химических ДУ для межпланетных перелетов. Для решения этих проблем, были выдвинуты идеи использования ядерных силовых установок ввиду существенных достоинств показателей над химическими ракетными двигателями.

В данной работе представлены пути решения за счет применением ядерных ракетных двигателей. Рассмотрена типичная конструкция ЯРД, принцип работы и возможные виды рабочего тела. Ядерный ракетный двигатель вырабатывает энергию в результате нагревания рабочего тела энергией ядерных реакций. Другими словами, энергия вырабатывается за счет деления или синтеза ядер для создания реактивной тяги. Для выполнения таких реакций необходимы рабочие элементы, такие как дейтерий, водород, гелий-3 и другие. В рамках анализа определена актуальность использования ядерных двигателей в целях исследования Юпитера и дальнего пространства открытого космоса. Рассчитано время перелета до указанной планеты с учетом использования ядерного двигателя, которое может быть сокращено в несколько раз.

Метод улучшения адгезионных характеристик соединения элемента конструкции с защитным покрытием применением поверхностно-активных веществ

Адилов М.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гугина С.Ю.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Одним из приоритетных направлений в развитии как авиакосмической, так и ракетно-космической техники является совершенствование технологии производства покрытий для защиты летательных аппаратов от различных факторов воздействия. Вместе с тем, применение защитных материалов элементов конструкции тесно связано с надёжностью и физико-техническими характеристиками самого покрытия, а именно совместимостью с элементом конструкции и способностью создания прочного соединения с ним. Таким образом, целью данной работы является улучшение адгезионных характеристик поверхности металла с модифицированным образцом эпоксидного связующего. Основными задачами данного исследования являлись: выбор ПАВ и модификация связующего.

Достижение поставленной цели и решение первой задачи осуществлялось по средствам использования как аморфитного так и анионоактивного поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве металлических образцов использовались оцинкованная сталь, нержавеющая сталь и сплав алюминия. Решающим фактором для получения покрытий с воспроизводимыми свойствами и высокой адгезией является чистота поверхности подложки. Практически все процессы, ведущие к активации поверхности перед нанесением и во время нанесения, улучшают адгезию покрытия. Достижение высокой адгезии связано с сильной хемосорбцией, возникающей при формировании промежуточного слоя, допускающего либо непрерывный переход из решетки покрытия в решетку подложки, либо образование новой, непрерывно распределенной фазы вещества на их общей границе. В связи с этим, подготовка поверхности осуществлялась механическим и химическим способами, путем обезжиривания поверхности с последующим травлением, и последующим нанесением исследуемых ПАВ. результате проведенного исследования наименьший краевой угол смачивания наблюдается в случае использования кокоилзетионатнатрия, что соответствует низкому поверхностному натяжению и, как следствие, будет способствовать улучшению адгезионных характеристик.

Для решения второй поставленной нами задачи исследовалось влияние способа модификации связующего. Исходя из литературных данных [1] наиболее предпочтительным наполнителем для эпоксидной смолы марки ЭД-20 является оксид алюминия, помимо него нами исследовалось армирование смолы асбестовой тканью. Было установлено, что предложенное введение наполнителя снижает число микродефектов на поверхности отверженной пленки и, как следствие, будет способствовать увеличению прочностных характеристик материала. Комбинация низкоэнергетической поверхности подложки и наполненного связующего будет способствовать улучшению адгезионных характеристик.

Таким образом, экспериментально обосновано использование ПАВ и модифицированного связующего.

Создание дистанционной лаборатории на базе лабораторного комплекса Labkit-812

Блощицина К.А., Батеев Е.А.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В современных условиях обучения реализация многих аспектов процесса обучения активно переходит в электронный формат. Этот переход, в большей степени, связан с изменением режима образовательного процесса, который в 2020 году частично проходил дистанционно. С начала 2020 года появилось большое количество инструментов для проведения исследовательских работ с использованием персональных электронно-вычислительных машин. Большая часть таких исследовательских работ, связанных с электроникой и электротехникой, проводится в виртуальных лабораториях. Такого рода лаборатории позволяет обучающемуся, находясь на домашнем обучении (карантине), выполнить лабораторную работу в удобное для себя время; также в виртуальных лабораториях техника безопасности на порядок выше, чем в обычных условиях. При всех достоинствах проведения экспериментов в виртуальных лабораториях их применение не развивает практических навыков работы с реальными установками и не дает полного о них представления.

Альтернативным направлением выполнения лабораторных исследований является использование дистанционных лабораторий, которые реализуют плюсы и нивелирует минусы виртуальных лабораторий, предоставляя доступ к реальному лабораторному оборудованию в удаленном режиме посредством информационных технологий.

Вследствие этого, актуальным является вопрос интеграции дистанционных лабораторий в процесс обучения.

Целью работы является создание дистанционной лаборатории и демонстрация возможностей ее применения в учебном процессе на примере лабораторного комплекса

Labkit-812, используемого для проведения занятий по дисциплине «Микропроцессорные системы».

Из проведенных исследований становится ясно, что применение дистанционных лабораторий позволяет проводить лабораторные работы дистанционно, кроме того, углубляет и дополняет знания о реальных устройствах, так как дает полную информацию об объекте исследования.

Список использованных источников:

1. Баран Е.Д., Захаров П.М., Любенко А.Ю. Web-лаборатория «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» // Современные технологии автоматизации. — 2005. №1.

2. Зинчик А.А., Колесников Ю.Л., Михновец В.Я., Стафеев С.К., Смирнов А.В., Федотов Д.Н. Создание программных и аппаратных средств автоматизации лабораторных практикумов удаленного доступа// Физическое образование в вузах — Т.6. — 2000. — №1. — С.103-113

3. Лаборатория по цифровой схемотехнике с удаленным доступом на ПЛИС FPGA| Лаборатория Электронных Средств Обучения (ЛЭСО) СибГУТИ — URL <http://labfor.ru/online/fpga>

Усовершенствование процесса заправки ракеты-носителя «Союз» на космодроме Байконур

Виницкая А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Заправочный процесс содержит сложные операции, которые предусматривают наличие сложного технического оборудования, ёмкости для хранения топлива и рабочих компонентов, а технологический процесс заправки должен обладать высокой надежностью и безопасностью.

Предлагается рассмотреть вариант более современной заправки, которую можно адаптировать под условия эксплуатации для космодрома «Байконур» ракеты-носителя «Союз».

Прежде чем проводить заправочные операции необходимо соблюдать условия, что ракета-носитель установлена в стартовую систему и прошла полный цикл испытаний, компоненты топлива подготовлены к заправке, комплекс наземно-технического оборудования стартового комплекса подготовлен к проведению работ и резервуары системы заполнены.

Существующая система заправки на космодроме «Байконур» является подвижной, в этом случае могут происходить утечки топлива, которые вызывают создание аварийных ситуаций. В качестве горючего для заправки ракеты-носитель «Союз» используется керосин, добыча которого через несколько лет станет значительно меньше, что приведет к росту цен на топливо. График выполнения работ по заправке ракеты-носителя компонентами топлива включает в себя операцию по заправке ракеты-носителя высококонцентрированным пероксидом водорода, которая начинается после того, как прошла операция заправки ракеты-носителя жидким кислородом.

На современных космодромах используют стационарные хранилища топлив, которые более надежны и безопасны по сравнению с подвижными агрегатами заправки на космодроме «Байконур». Запуск ракеты-носителя «Союз» на современных космодромах будет происходить с применением нового синтетического горючего — нафтил. График выполнения работ по заправке ракеты-носителя компонентами топлива наиболее безопасен и надежен, так как операции по заправке ракеты-носителя высококонцентрированным пероксидом водорода начинается перед заправкой ракеты-носителя жидким кислородом.

В данной работе представлен вариант замены горючего компонента топлива керосина на заправочных подвижных агрегатах на нафтил, который включает в себя зачистку емкостей, промывку трубопроводов и замену насосов. По составленным сетевым графикам произведен

расчет времени заправки до и после её замены, а также расчет безопасности и надежности системы с внесенными изменениями.

Актуальность работы состоит в том, что тенденция замены натуральных углеводородов на синтетические позволяет сохранить природные богатства страны. Для сокращения времени заправочного цикла возможен вариант изменения порядка операций и рассмотрение возможности замены подвижных заправочных агрегатов на стационарные, что тем самым повысит надежность и безопасность выполнения работ по заправке ракеты-носителя компонентами топлива на стартовом комплексе.

Дистанционное зондирование Земли малыми космическими аппаратами

Досболов Р.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) предполагает исследование поверхности Земли и объектов находящихся на ней. А в частности ДЗЗ применяется в таких областях, как сельское хозяйство (исследование растительности, почвы, классификация типа культур, оценка урожайности и др.), мониторинг лесных слоёв (определение видов, данные о межсезонных преобразованиях всевозможных видов), мониторинг поверхности (обновление карт растительного покрова и рационализация использования природных ресурсов), геодезия, защита окружающей среды, мониторинг чрезвычайных ситуации. Дистанционное зондирование может быть проведено путём использования не только авиационными, но и аэрокосмическими системами. В данной работе предлагается использование малых космических аппаратов (МКА) для выполнения дистанционного зондирования Земли.

В связи с развитием новых технологий и производством наноматериалов существует тенденция изготовления космических аппаратов (КА) сверхмалого класса. Также немаловажным является фактор выведения таких аппаратов, вследствие чего встает вопрос производства ракеты-носителя (РН) сверхлёгкого типа. В работе проведены исследования малых космических аппаратов таких, как Аист-2Д, Канопус-В, ДЕКАРТ, Норби, Ярило №1 и Ярило №2, БелКА, CubeBel-1, GaoJing-1, DMC-3, Jilin-1GXA, WorldView Legion, Deimos-2, KazEOSat-1 и KazEOSat-2, Asnaro-2, SPOT-6 и SPOT-7, а также коммерческие SkySat и ОРБИКРАФТ-ЗОРКИЙ.

Проводился анализ, а также сравнение существующих ракетно-космических систем, предназначенных для выведения малых космических аппаратов в различных космических державах таких, как Соединённые Штаты Америки, Китайская Народная Республика, Япония. Предполагается использование солнечно-синхронной орбиты (ССО), следовательно, для размещения МКА потребуется орбита высотой от 500 км до 800 км. Возможность доставки на необходимую орбиту могут предоставить такие РН лёгкого и сверхлёгкого класса, как Таймыр, Стрела, Falcon 9, Electron, SS-520-4, Chongqing Liangjiang Star. Совершено исследование по критерию минимальной массы полезного груза и выбран космический аппарат типа ОРБИКРАФТ-ЗОРКИЙ для ССО, выводимый ракетой-носителем Falcon 9. Поэтому сделан вывод, что для обеспечения максимальной эффективности выведения космического аппарата и проведения дистанционного зондирования Земли необходимо международное сотрудничество за счёт совместных программ по освоению космоса.

Список использованных источников:

1. Малинников В.А., Стеценко А.Ф., Алтынов А.Е., Попов С.М. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. Учебное пособие для студентов вузов. — М.: Изд. МИИГАиК. 2008 г., 145 с.
2. Доросинский Л.Г. Оптимальная обработка радиолокационных изображений, формируемых в РСА: монография. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. — 212 с.
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, 2019, № 5, с. 82–88

Лунные программы космических держав мира

Исмаилов Д., Сапкалов В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Исследования поверхности Луны, поиск полезных ископаемых и водных ресурсов является актуальной задачей. Эти задачи обуславливаются невозможностью изучения дальнего космоса без освоения Луны. В работе рассматриваются программы ведущих стран мира, таких как Россия, США и Китай, которые занимаются разработкой программ по этой тематике.

Первый успешный запуск состоялся у России, которая начала свою программу с конца 50х годов до наших дней. Вторым после России стала США, произведя успешный запуск в 1962 году и крайний запуск которого планировался к февралю 2022 года. Позже всех эту программу начал Китай — в 1991 году. На данный момент у Китая приостановлена программа после «Чаньэ-5», запуск которого был в ноябре 2020 года, но планируются пилотируемые полеты в 2030-е годы. Были рассмотрены несколько вариантов КА этих держав, таких как: у России — «Луна», у США — «Артемида», у Китая — «Чаньэ-5».

Рассмотрены характеристики различных систем, проведено сравнение по доставляемой массе полезного груза, по количеству членов экипажа, по применяемому топливу.

Так же, как и в любых других отраслях, этим работам сопутствуют соответствующие проблемы. Одной из актуальных проблем является стоимость всей программы в целом. А в наше время, в век современных технологий, затраты будут куда больше.

Эта проблема обуславливалась тем, что программа велась единолично. Причиной этому была холодная война между СССР и США, где страны старались обогнать друг друга в новых открытиях и достижениях. В современном мире для каждой отдельной страны такие расходы приведут к тому, что эта программа затянется на долгие годы. Соответственно ее решением является объединение усилий всех ведущих стран, учитывая цели каждой страны, путем компромисса, но из-за политической ситуации в нынешнее время между Россией и США это будет проблематично, но при этом Китай готов сотрудничать с Россией и включает их в свои планы на будущие запуски.

Автоматизированная информационная система группы производства, хранения и заправки сжатых газов

Коннов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Группа производства, хранения и заправки сжатых газов отдела заправки ракеты-носителя (РН) компонентами ракетного топлива и сжатыми газами занимается содержанием и эксплуатацией систем производства сжатых газов и газоснабжения стартового комплекса (СК). Заправка РН компонентами топлива является одной из наиболее сложных и опасных операций в процессе подготовки к пуску. Специалисты должны знать о состоянии сжатых газов на СК, и на основании этой информации проводить расчеты по текущему, уходящему и приходящему объему газов. Этот процесс занимает много времени в силу большого количества оборудования и обслуживаемых секций. К сожалению, бывают случаи, что специалисты не всегда успевают в отведенное время выполнять свои задачи по подготовке и проведению пусковых работ, так как на них ложатся сложные расчеты, отнимающие немалое количество времени. Эту проблему способна решить автоматизированная информационная система, которая способна сэкономить время, затрачиваемое на расчеты и на поиск конкретной документации. Специалисту предоставляется доступ к системе, в которую он может загружать документы, вводить данные для расчетов. Информационная система предоставит возможность специалисту получить доступ к журналам, заключениям, анализу систем, проводить расчеты в реальном времени по введенным данным о газах в сооружении на СК. Информационная система позволит значительно сэкономить время и повысить точность расчетов, исключив человеческий фактор, который может значительно повлиять как на результат подготовительных работ, так и пусковых.

Влияние предполетных ритуалов и традиций на психологический настрой космонавтов

Литвинова М.И.

Научный руководитель — Какорина Р.А.

ГБ ПОУ «БЭРТТ», Байконур, Казахстан

Успешность полета космонавта зависит от многих причин: от его знаний и подготовки, надежности аэрокосмической техники, работы конструкторов, сборщиков и пусковой команды, погоды на земле, солнечной активности в космосе, но и от не менее важного обстоятельства — психологической подготовки к полету. Удивительно, что космонавтика, являясь областью самых сложных и новейших технологий, является также и сферой, связанной с массой традиций и даже суеверий. Космонавты, соблюдая всевозможные ритуалы, используя талисманы и обереги, чувствуют себя спокойней и психологически комфортней.

В данной работе расскажем о ритуалах и традициях, сложившихся в истории российской космонавтики, и об их роли в создании нужного психологического настроя космонавтов перед полетом.

В отечественной космонавтике существуют самые интересные традиции. Традиции и приметы сопровождали и продолжают сопровождать людей повсюду. Они есть в воинских коллективах, среди летчиков и, конечно, не могли не появиться в первом космодроме планеты — Байконур. Особенность психики человека такова, что она находит связи между событиями, в результате чего человек чувствует себя спокойнее, повторяя какие-то действия, которые предшествовали удачному исходу события. Поэтому неудивительно, что среди космонавтов, астронавтов и окружающих их людей возникло множество суеверий и выросших из них ритуалов и традиций.

Каждый, отправляющийся в космос, обязан выполнить массу ритуалов, которые укрепляют внутреннюю сплоченность команды, подчеркивая уникальность профессии космонавта. Обереги, песни и поклонение духу Юрия Гагарина — все это входит в неперемный набор действий, которые должен выполнить космонавт.

Профессия космонавта очень интересна, но в то же время невероятно ответственна. Она включает в себя опасную работу, совершение открытий, изучение неизведанных космических пространств. Для такой работы нужен тот, кто имеет отличное здоровье, превосходную физическую подготовку, а также силу воли, упорство, умение идти к цели.

Космонавты относятся к элитной закрытой профессиональной группе и психологически нуждаются в знаках и символах, которые отделяли бы их от других профессий. Такую функцию частично и берет на себя совместное выполнение различных ритуалов. Часть из них относятся уже к нашим дням, часть берет начало из советской эры и первых пилотируемых полетов в космос, а часть даже базируется на совсем уж старинных православных воззрениях.

Взяв за основу все вышеизложенное, можно сделать следующий вывод, что ритуалы помогают космонавтам снять колоссальное напряжение перед полетом. Психологическая подготовка сильно влияет на профессиональную деятельность космонавтов и повышает эффективность их работы во время полета. Постепенно какие-то приметы отмирают, появляются новые традиции, и этот процесс будет продолжаться, пока существует космодром и есть опасная, но очень интересная профессия □ космонавт.

Система поддержки деятельности специалиста административно-хозяйственного отдела предприятия космической отрасли

Мендибаев И.К.

Научный руководитель — Кулепетова Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Роль административно-хозяйственного отдела принципиально важна для своевременного и качественного выполнения задач, решаемых предприятием.

Административно-хозяйственный отдел (АХО) является важной составляющей предприятия, так как обеспечивает его жизнеспособность, создавая условия для работы всей

организации. Отдел занимается обеспечением подразделений предприятия различными видами продукции, необходимыми для бесперебойного функционирования предприятия. Объем выполняемых работ значительный, в том числе, и по ведению входной, текущей и отчетной документации. Штат сотрудников ограниченный.

На сегодняшний день в административно-хозяйственном отделе работа с документами ведется частично вручную, часть документов представлены в виде Excel-файлов. Отсутствие целостной системы ведения документации отдела, которую должен формировать и рассылать специалист отдела, и ее обработки снижает эффективность его работы и затрудняет его взаимодействие с подразделениями.

В связи с чем необходимо разработать и внедрить автоматизированную информационную систему поддержки деятельности специалиста АХО, позволяющую устранить имеющиеся проблемы в его работе.

Объектом автоматизации является деятельность специалиста административно-хозяйственного отдела предприятия космической отрасли, занимающегося приемом, хранением и выдачей различных материальных ценностей со склада, обеспечивающего ведение учета перемещения товара, контроль за правильностью оформления заявок на ввоз и вывоз продукции, выявление дефектов и списание такой продукции и оборудования.

Внедрение автоматизированной информационной системы позволит увеличить производительность труда сотрудников, обеспечит быстрое и качественное обслуживание заявок, облегчит работу с документацией и снизит количество ошибок, возникающих в результате человеческого фактора или невнимательности.

Разработанное программное обеспечение будет решать следующие задачи:

- Автоматизированный учет товаров на складе;
- Формирование/обработка заявок;
- Обновление данных;
- Печать документов по заданным шаблонам;
- Формирование отчетов по складу за заданный период;
- Уведомление пользователя об окончании срока годности товара;
- Формирование статистики по частоте распределения товара;
- Обеспечение взаимодействия с подразделениями;
- Ведение архива документов с указанием периода хранения.

Перспективные разработки «родоначальника летающих крепостей»

Мырзалиева Д.

Научный руководитель — Абильдаева К.Ж.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Глава советской авиационной школы А.Н. Туполев создал более сотни самолётов разных типов.

Ученик Н.Е. Жуковского, его помощник и начальник авиационного отдела Туполев А.Н. проектирует свой дебютный самолет АНТ-1 — маленький моноплан смешанной конструкции.

Дальнейшие его разработки связаны с составлением самолетов стратегической миссии это АНТ-4, АНТ-5, АНТ-6. Принимал участие в боевых схватках и на ранних этапах ВОВ АНТ-6. Создавались и гидросамолеты, самолеты-истребители, поступавшие на вооружение Черноморского флота. Было также производство многоместных самолетов, самолетов, перевозившие оружия. Некоторые летательные аппараты Туполева А.Н. собирались в честь каких-либо событий — «Страна советов», «Максим Горький», «Моя Родина» и др.

В 1937 году А.Н. Туполева и его коллег арестовывают, и даже там, находясь в заточении и трудясь, создают фронтовой бомбардировщик «103». В системе ОТБ НКВД родился тот костяк авиастроителей, чьи труды и по сей день приносят достижения в область тяжелого реактивного самолетостроения, фирмы «Ту». После окончания войны создаются самолеты Ту-4, 12, 14 и др.

А последующие проекты в авиастроении связаны с производством сверхзвуковых пассажирских лайнеров, авиалайнеров. Пиком творчества и гордостью авиастроителя стал Ту-144, обогнавший проект «Конкорд».

Продолжением рода Туполевских самолетов является Казанский авиазавод им. С.П. Горбунова (филиал ПАО «Туполев»). Этот завод — единственное предприятие, которое издает стратегические ракетоносцы-бомбардировщики. Отдельное достоинство авиазавода — один из внушительных боевых самолетов в истории авиации и самый значительный в мире сверхзвуковой стратегический ракетоносец-бомбардировщик Ту-160, как летчики его прозвали «Белая лебедь». На сегодняшний день идет капитальный ремонт предприятия и усовершенствование проекта «Белая лебедь». В перспективе авиазавода — модернизация Ту-22М3 — дальнего ракетоносца-бомбардировщика. Сейчас самолет проходит этапы испытаний.

Объединение с 2011 года нескольких авиастроительных корпораций и дальнейшая их совместная работа должна обеспечить более эффективное взаимодействие предприятий в области стратегической и специальной авиации.

Список использованных источников:

1. Даффи П., Кандалов А.П «А.Н. Туполев — человек и его самолеты», Издательство «Московский рабочий», 1999;
2. [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Туполев_\(конструкторское_бюро\)](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Туполев_(конструкторское_бюро));
3. <https://sdelanounas.ru/blogs/123269/>;
4. Мерников Андрей Геннадьевич «Самые известные самолеты мира», Издательство АСТ, 2021 г

Прогнозирование физического износа инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства

Набатов Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Инженерная система жилищно-коммунального хозяйства (ИС ЖКХ) является непременным атрибутом любого сооружения жилого или промышленного назначения. Инженерная система (ИС) также является важной частью инфраструктуры, которая влияет на качество жизни граждан и деятельность промышленных организаций.

Типичная проблема данной сферы — высокая степень износа ИС, которая зачастую вызывает аварийные ситуации. Под аварийной ситуацией понимается повреждение или выход из строя инженерной системы водоснабжения, водоотведения, электроснабжения и теплоснабжения.

Устранением аварийных ситуаций и осуществлением текущего контроля за инженерными системами занимается аварийно-диспетчерская служба (АДС).

Таким образом, объектом исследования является аварийно-диспетчерская служба (АДС) жилищно-коммунального хозяйства.

Целью исследование является прогнозирование физического износа ИС жилищного фонда на основе данных мониторинга ИС.

Оценка физического износа ИС осуществляется согласно ведомственным строительным нормам ВСН 53-86 р «Правила оценки физического износа жилых зданий».

Для определения зависимости показателей физического износа ИС от параметров технического состояния объектов используется статистический метод регрессионного анализа.

Предлагается разработка программного обеспечения на основе выбранного математического аппарата, что позволит реализовать задачу, поставленную в цели исследования.

Таким образом, использование статистических методов позволяет решить задачу прогнозирования и вычисления физического износа ИС, что позволит оперативно принять решение по аварийно-ремонтным работам на инженерных сетях жилищного фонда.

Перспективная ракета-носитель на водородной ступени

Нагмадинов М.С.

Научный руководитель — доцент, Сизов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В научной статье рассматриваются тактико-технические характеристики и конструктивно-компоновочные схемы тяжелых ракет-носителей с параллельным соединением боковых блоков, а также проведен анализ их энергетических возможностей.

Известно, что двигатели на кислородно-водородном топливе обладают наивысшим удельным импульсом по сравнению с существующими на сегодняшний момент двигателями на керосине или гептале. Однако, двигатели на водороде обычно применяются на третьей ступени из-за низкой плотности водорода. Данную проблему можно решить, увеличив центральный блок, тем самым обеспечивая оптимальное распределение топлива по ступеням и компенсируя основной недостаток водорода.

Применение водорода в качестве топлива предполагает использование особой конструкции топливных баков, которая увеличит стартовую массу ракеты-носителя в разы. Это с избытком компенсируется благодаря высокому удельному импульсу водородного двигателя.

Список литературы

1. Охочинский М.Н. Системы разделения в ракетной технике. Часть 1. Системы разделения ступеней составных ракет: учебное пособие. Балтийский гос. тех. университет. — СПб., 2009. — 61 с.

2. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов: учебное пособие для вузов. — М.: Машиностроение, 2009. — 504 с.

3. Ковалев Б. К. Развитие ракетно-космических систем выведения: учебное пособие / Б. К. Ковалев. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 398 с.

4. Кислородно-водородные жидкостные ракетные двигатели. URL: <http://wmpnt.narod.ru/zz6.htm>

Автоматизированное рабочее место специалиста группы эксплуатации единой компрессорной станции отдела газоснабжения

Нурадин Н.А.

Научный руководитель — Дарибасва Н.Т.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Информационные технологии затрагивают практически все сферы деятельности человека. Все больше возникает необходимость введения информационных систем в те области, где они не применяются или слабо развиты и которые помогут уменьшить затраты, время на обработку данных, и увеличить производительность труда.

Актуальность внедрения автоматизированной информационной системы на предприятии для отдела газоснабжения объясняется следующим. В последнее время наблюдается повышение спроса на производимые ресурсы (сжатые газы) сторонними предприятиями (организациями). В этих условиях необходимо обеспечивать постоянную готовность оборудования, работающих под избыточным давлением. В связи с чем, весь процесс проведения технического обслуживания (ТО) оборудования единой компрессорной станции требуется выполнить эффективно в кратчайшие сроки.

В деятельности отдела газоснабжения недостатками существующей системы, в которой преобладает ручной труд, являются, в первую очередь, хранение данных в бумажном варианте.

В связи с тем, что бумажный носитель постоянно находится в эксплуатации, он подвержен разнообразным физическим воздействиям, быстро изнашивается. Следовательно, можно сделать вывод, что создание программы поможет решить проблему, связанную с потерей рабочего времени.

Информационная система управления процессом технического обслуживания оборудования единой компрессорной станции (ЕКС) предназначена для автоматизации процесса сбора информации и составления учётно-отчетной документации.

В рамках проекта автоматизируются следующие процессы:

- 1) планирование (ТО) на основании нормативных сроков;
- 2) контроль выдачи сжатых газов;
- 3) заказ расходных материалов;
- 4) составление годовой потребности расходных материалов для проведения ТО оборудования;
- 5) учёт расходных материалов;
- 6) ежемесячный отчет по списанию расходных материалов;
- 7) учет времени работы персонала во вредных условиях;
- 8) составление Актов полугодового и годового (плановых) технического обслуживания оборудования ЕКС.

Вместе с тем, необходимо отметить, что в вышеуказанном отделе предприятия на сегодняшний день отсутствуют автоматизированные системы. Подразделение предприятия использует только бумажные документы. Информация в виде документов поступает из других подразделений, происходит обработка информации в соответствии с функциями подразделения, при этом порождая новые документы, которые являются входными для других служб.

Для отдела газоснабжения является важным располагать актуальной информацией о выполнении технического обслуживания того или иного оборудования ЕКС, но это не представляется возможным без автоматизированной системы.

Таким образом, внедряемая система позволит уменьшить материальные и временные затраты, повысить эффективность и скорость работы предприятия.

Разработка программного обеспечения для проверки оформления документов на соответствие с нормативными документами

Орынбаев Р.К.

Научный руководитель — Спандияр С.М.

ГБ ПОУ «БЭРТТ» им. М.И. Неделина, Байконур, Казахстан

В настоящее время мы живем в современном мире, где почти у каждого человека есть собственный компьютер. Вследствие чего почти каждая документация сейчас ведется в электронном виде и в данный момент к каждому документу есть свои критерии.

Во многих государственных и не государственных организациях применяются особые эталоны по оформлению документа.

Эти специальные стандарты нужны для установки формы и правила оформления. Обычно — это стандарты ГОСТ.

ГОСТ — это государственный стандарт, который формулирует требования государства к качеству продукции, работ и услуг, имеющих межотраслевое значение. ГОСТы устанавливаются с помощью использования новейших достижений науки, технологий и фактического навыка с учетом последних редакций интернациональных эталонов либо их программ.

Обычно документы на соответствие стандарту проверяют люди, что занимает очень много времени у работников. К тому же при проверке документа нужна придельная внимательность.

Что бы облегчить работу сотрудников можно создать программное обеспечение, которое автоматизирует проверку документов на соответствие данному стандарту.

Программное обеспечение — это совокупность программ, позволяющая организовать решение задач на ЭВМ

Программное обеспечение должна выявлять и выводить, где и в какой строке ошибка, что существенно облегчит проверку документа, вследствие чего будет больше времени на видоизменение документа.

Так как нормативные документы некоторых организаций различаются, есть возможность реализовать ПО таким образом, чтобы работник сам выбирал необходимые параметры для проверки.

Применение моделей деловой карьеры персонала в IT-компаниях

Раисов Р.Р.

Научный руководитель — Альмухаметова

ГБОУ СШ №4 имени В.П. Глушко, Байконур, Казахстан

Практически каждый сотрудник любой российской компании старается достичь наибольшего признания, осуществляя свою профессиональную деятельность, так как от этого в первую очередь зависит его жизненный уровень, а значит и социальное положение в социуме. Выбирая ту или иную деятельность, каждый работник стремится достичь наибольшего карьерного роста, в связи с этим, в любой компании важно грамотно управлять деловой карьерой персонала, которая очень влияет на благоприятное и перспективное развитие, а значит и процветание любой фирмы. Только при совместном участии руководящего состава и самих работников может осуществляться продвижение персонала по иерархической лестнице.

Целью исследования является рассмотрение и применение моделей деловой карьеры персонала в IT-компаниях.

Актуальность исследования заключается в том, что карьера — это этапы развития человека в компании: его продвижение по службе, достижение человеком его признания в обществе. В IT-компаниях применяют различные модели деловой карьеры персонала. Руководящий состав IT-компаний при планировании карьеры при помощи системы оценки персонала учитывает такие главные составляющие как результативность труда, профессиональное развитие и карьерный рост.

Анализируя должностные требования к работнику в области IT-технологий, специалисты отдела кадров разрабатывают на базе оценки персонала соответствующую программу продвижения работника по служебной лестнице. Данная программа учитывает главные ключевые потребности предприятия в человеческих ресурсах на краткосрочную и долгосрочную перспективы.

Список использованных источников:

1. Галимова, А.Ш. Особенности построения деловой карьеры персонала в условиях удаленной (дистанционной) работы / А.Ш. Галимова // Экономика и управление: научно-практический журнал. — 2021. — №4. — С.129-132.

2. Дивак, К.С. Технологии карьерного развития персонала организации / К.С. Дивак // Экономика и общество. — 2020. — №2 (16). — С.5-11.

Машинное обучение в прогнозировании лесных пожаров

Сарбасов Б.Т., Джарасов Н.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Лесные пожары, будь то природные или вызванные деятельностью человека, до сих пор являются одними из опасных бедствий во всем мире. Их опасность заключается в том, что их трудно предсказать, погасить и они приводят к финансовым потерям. Также пожары в местах, отдаленных от населенных пунктов, где находятся достаточные силы и средства для обнаружения и подавления очагов возгорания, представляют особую опасность из-за невозможности своевременного принятия мер по их устранению.

Для решения этой проблемы проведено множество исследований по мониторингу, прогнозированию и предотвращению лесных пожаров с использованием методов машинного обучения в совокупности с дистанционным зондированием.

Дистанционное зондирование предлагает источник спутниковых изображений, из которых можно извлечь большое количество данных, которые можно использовать для мониторинга лесных пожаров. Набор данных с дистанционного зондирования включает в себя: нормализованный разностный индекс растительности (NDVI), температура поверхности земли (LST), а также индикатор возникновения пожара (тепловые аномалии). Эти данные получены с помощью «MODIS» (спектрорадиометра среднего разрешения) — ключевого прибора на борту спутников Terra и Aqua.

Прогнозирование лесных пожаров должно включать в себя следующие этапы:

- Загрузка изображений, полученных со спутников.
- Анализ изображений, заключающийся в извлечении полезной информации из неструктурированных данных.
- Машинное обучение, которое на основе извлечённых данных формирует новые записи на выходе.

Разработанное приложение позволяет прогнозировать возникновение лесных пожаров на основе информации, полученной в результате анализа снимков со спутника.

Преимуществами данной системы являются:

- Возможность мониторинга на больших территориях;
- Своевременное принятие действий по предотвращению пожаров;
- Минимизация нанесённого пожарами ущерба.

Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)

Искусственный спутник земли — основа спутниковой связи

Челак А.Д.

Научный руководитель — Окунева Е.С.

МБОУ СО №6, Ахтубинск

Цель исследования — изучение истории развития современных спутников связи. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: 1. исследована специальная литература, информация из Интернета по выбранной теме; 2. изучены данные по развитию современных спутников связи, представленные в научных исследовательских материалах ученых; 3. рассмотрены материалы учебной литературы; 4. сделаны выводы и намечены цели дальнейших исследований на основе полученной информации.

Искусственные спутники применяют для научных исследований и прикладных задач в различных областях, одной из которых является обеспечение спутниковой связи.

Спутник связи — это аппарат, который принимает спектр частот с сигналами наземных станций, направленных на него и ретранслирует обратно на Землю. В соответствии с международной договорённостью космический аппарат называется спутником, если он совершил не менее одного оборота вокруг Земли.

Спутниковая связь — космическая радиосвязь, основанная на использовании искусственных спутников Земли в качестве ретрансляторов. Она применяется для передачи сигналов между пунктами, расположенными вне зоны прямой видимости.

Искусственный спутник Земли (далее — ИСЗ) — это космический летательный аппарат, вращающийся вокруг планеты по геоцентрической орбите [1]. Под спутником также подразумевают и автоматические грузовые корабли, и околоземные пилотируемые космические аппараты, и орбитальные станции.

Первое понятие «спутник» употребил Иоганн Кеплер в своей работе, изданной в 1611 году. Сама идея искусственного спутника появилась в 1687 году в работе Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии». В качестве примера к своим рассуждениям английский учёный приводил мысленный эксперимент с огромной пушкой, которая расположена на горе, пик которой находится за пределами атмосферы. Пушка стреляет горизонтально и от мощности её заряда зависит расстояние, на которое улетает ядро. При достижении некоторой мощности заряда ядро разовьёт достаточную скорость, чтобы не падать на Землю и вращаться вокруг планеты. Такую скорость в наше время называют первой космической, для орбиты, расположенной вблизи поверхности Земли, она составляет 7,91 км/с. Таким образом, Исаак Ньютон был первым, кто теоретически сформулировал задачу о создании искусственного спутника Земли.

Артур Кларк — английский ученый, писатель и изобретатель в 1945 году предложил идею глобальной системы связи путем выведения спутников на геостационарные орбиты.

Циолковский К.Э. — один из первых разработал теорию реактивного движения. Он писал о появлении ракет на жидком топливе, искусственных спутниках Земли и орбитальных станциях, предлагал запустить на круговую орбиту ракету с экипажем на ней для освоения космоса человеком. Проектированием первого ИСЗ занимался М.К. Тихонравов с группой студентов МАИ под руководством основоположника практической космонавтики С.П. Королева.

Первый искусственный спутник Земли «Спутник-1» был запущен на ракете-носителе «Спутник» на орбиту 4 октября 1957 года в СССР [2]. Эта дата стала началом космической эры для человечества.

В СССР работа над спутником не держалась в секрете, за полгода до запуска была опубликована статья В. Вахнина, в которой сообщались параметры орбит будущих советских спутников и частоты, на которых радиолюбителям следует ловить сигнал.

За неделю до запуска спутника, С. Полосков на научной конференции в Вашингтоне прочитал доклад о планах СССР в космонавтике и впервые произнес название нового ИСЗ. Позднее все печатные издания в мире стали повторять слово «Спутник».

В 1960 году США был запущен космический аппарат «Эхо-1», выполнявший функцию пассивного ретранслятора, т.е. он являлся лишь пассивным отражателем радиоволн. В 1962 году США на орбиту был выпущен спутник «Телстар», обеспечивающий двустороннюю телефонную связь по 60 каналам или трансляцию одной телевизионной программы. После этого разные страны запускали свои спутники, были как удачные, так и неудачные попытки запуска

Изучив информацию о создании и развитии искусственных спутников земли, сделаны следующие выводы:

1. Создание искусственных спутников земли направлено на комфортную жизнь людей
2. Искусственные спутники земли имеют различное сложное строение, что в первую очередь связано с тем, что они предназначены для работы в разных условиях;
3. Искусственные спутники способствовали изобретению новых технологий: интернет, телевидение, навигация.

На данный момент не существует аналогов способных заменить спутники связи, поэтому эти спутники будут актуальны еще много лет.

Список использованных источников:

1. Рынза Л.А., Морозова О.Ф. Космология К. Э. Циолковского и современная наука // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2012. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kosmologiya-k-e-tsiolkovskogo-i-sovremennaya-nauka> (дата обращения: 05.03.2022).
2. Спирин, В. А. История спутниковой связи / В. А. Спирин, В. И. Пономарев // Форум молодых ученых. — 2017. — № 11(15). — С. 921-925. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32397786&>

Пропущенные работы (техническая ошибка)

Секция 5.1. Проектирование, производство и эксплуатация ракетно-космических комплексов

Анализ организации работ по проведению испытаний Starship

Нагаева Е.А., Селуянова О.В.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

Развитие многоразовой ракетно-космической системы и космического ракетного комплекса сверхтяжёлого класса на данный момент является одним из самых значимых направлений в международном масштабе.

Целью работы является анализ опыта проведения экспериментальных исследований в космической отрасли США для оптимизации в области организации испытаний ракет сверхтяжёлого класса, проводимых в отечественной космической индустрии.

Задачей исследования является рассмотрение организации проведения испытаний на примере разработки компании SpaceX – полностью многоразовой сверхтяжёлой ракеты-носителя Starship/Super Heavy.

Разработка Starship позволит увеличить эксплуатационные возможности и экономическую эффективность программ космических полётов.

Компания проводит наземные и лёгкие испытания на частном космодроме SpaceX в Бока-Чика, Техас, подразделяющиеся на этапы согласно определённым критериям. Для испытаний используются не готовые конструкции РН, а упрощённые версии Starship, что даёт возможность финансово выгодно проводить большее количество испытаний систем с целью выявления недоработок конструкции или организации работ по проведению испытаний, а также определения необходимости проведения дальнейших испытаний для опытных образцов данного типа.

На данный момент испытания проходят согласно установленному графику (исключение – неблагоприятные погодные условия). Для проведения первого орбитального запуска Starship/Super Heavy компания заинтересована в получении положительных результатов экологической экспертизы, допускающей проведение испытаний на указанной территории.

Список использованных источников:

1. Лисейкин В.А., Моисеев Н.Ф., Сайдов Г.Г., Фролов О.П. Основы теории испытаний. Экспериментальная отработка ракетно-космической техники / В.К. Чванова. — М.: Машиностроение-Полет / Виарт Плюс, 2015. — 264 с.

2. Starship // SpaceX: [электронный ресурс] 2021. URL: <https://www.spacex.com/vehicles/starship/>

3. Starship/Super Heavy // Federal Aviation Administration: [электронный ресурс] 21.12.2020. URL: https://www.faa.gov/space/stakeholder_engagement/spacex_starship/starship_super_heavy/

Алфавитный указатель

- A**
Агаев Р.Н. 60, 68
Агапов И.Г. 545
Агафонов А.Е. 529
Агафонов Д.М. 158, 166
Агафонова Д.В. 470
Агеев А.Г. 26, 593, 630
Агульник А.Б. 111, 131
Адамян К.И. 19
Адилов М.Р. 809
Адрианова Н.Н. 486
Азангу Донгмо Павел Эрик 373
Акентьев А.С. 178
Акилин В.И. 68, 170, 222, 232
Аксёнов Е.В. 104
Алавердян Ю.А. 778
Александров А.А. 313
Алексеев А.А. 304
Алексеев А.О. 292
Алексеев Е.А. 334
Алексеева П.А. 620
Алендарь А.Д. 85
Алехина О.А. 736, 745, 756, 773, 774
Алешинский Е.В. 779
Алимкина Д.А. 780
Альмов М.А. 638
Альмухаметова 819
Аляутдинов К.А. 293
Амелина М.И. 233
Амирова Л.М. 529
Ананьев Р.В. 234
Андреев М.В. 434
Андреев П.С. 19
Андросенко В.Н. 519
Андрюкеева А.А. 235
Аникоев Е.Д. 183
Аникин Г.С. 314
Анисимов В.М. 207
Антипина В.Э. 781
Антипов А.А. 673
Антонов И.М. 223, 239
Антонов К.А. 158
Анурова О.М. 705
Анциферов И.С. 317
Арнст Е.А. 86
Арсёнов А.В. 674
Арсеньева Н.В. 565, 571, 594
Артамонов Б.Л. 73
- Артёмова М.А. 701
Артюшина Г.Г. 787
Архипов Д.И. 236
Асеева В.А. 565
Асланян И.Р. 92
Астапов А.Н. 535, 547
Астафьева С.Н. 390
Атабаева В.Б. 736
Аунг Чан Ньейн 160
Афанасьев В.А. 602
Афонин А.А. 807
Ахметова А.В. 520
Ахметова Е.А. 598
Ахрамович А.А. 599
- Б**
Бабаева В.В. 737
Бабенков И.А. 471
Багатов А.А. 697
Бадаева Н.Н. 593
Базанова Е.С. 213
Базыльникова Е.Р. 457
Баимова Ю.А. 562
Байкова Е.И. 521
Баймагамбетова Л.Т. 332
Балакирев Н.Е. 274, 275, 278, 281
Балакшина Д.В. 148
Балмасов А.С. 477
Балык В.М. 336
Банников А.А. 373
Барабанов А.В. 21
Барабанов И.С. 236
Баранов А.В. 224, 434
Баранов О.А. 335, 348
Баранов П.Н. 374, 482
Баранова Д.Л. 87, 89, 119
Барашков А.С. 710
Барбасов Н.В. 237
Бардин Б.С. 460
Баричев Ю.С. 302
Барке Н.В. 239
Барменков Е.Ю. 609
Барсеган Л.Б. 621
Барсова Т.Н. 585
Барциц А.А. 159, 181, 213
Баскаков С.А. 223, 239
Батаев А.Д. 674
- Ashutosh Ramola** 803
- C**
Chaturvedi P.I. 799
- D**
Dhiman Gaurav 805
- G**
Gore S.D. 800
Gueresh Djahid 800
Guo Ziang 800
- H**
Han Wei 801
- I**
Ibrahim Tarek 802
- K**
Kalutskiy N.S. 803
Kong Zhao 803
Korsun O.N. 805
- P**
Paul Arnab 803
- Q**
Quispe Mendoza 805
- S**
Shapovalov N.A. 807
Sharma Joshita 804
Sharma Shivam 805
- A**
Абалаев М.М. 468
Абгарян К.К. 453
Абдикадыров Д.Н. 809
Абеляшева В.А. 778
Абильдаева К.Ж. 815
Аболенцев А.С. 553
Абрамов А.А. 312
Абрамова О.В. 674, 681, 684, 686, 695
Авакян В.С. 469, 491
Аверкин А.Н. 186

- Батеев Е.А. 810
 Батищев В.Ю. 315
 Батраченко А.В. 783
 Батув А.С. 435
 Бахвалов Ю.О. 111
 Башилов А.М. 166
 Башкиров А.А. 566
 Башлыкова М.Н. 183
 Бекиров Р.Б. 22
 Бекназарова А.Т. 567
 Беличенко М.В. 459
 Белов Е.А. 241
 Белов Р.Д. 472
 Белова С.Е. 98
 Белозерова И.Н. 402
 Белоус Н.А. 728, 729
 Белоусов Н.А. 241
 Белоцерковский И.В.
 600
 Белявский А.Е. 394,
 404
 Беляева О.В. 738
 Беляева Ю.А. 302
 Беляков А.А. 436
 Беляшкин А.С. 184
 Береговой В.Г. 132,
 337, 364, 366, 373,
 375, 378, 380, 381,
 382, 384, 391
 Бережной Д.В. 509
 Берендакова А.В. 424
 Бермагамбетов А.Б. 68
 Бернацкий М.С. 711
 Беседа М.А. 374
 Беспутина Е.В. 87
 Бесчетникова К.И. 472,
 498
 Бикинеева А.П. 8
 Биндиман А.П. 87, 89,
 119
 Бирдибекова А.В. 546
 Блабба Ю.М. 676
 Блохин Г.М. 294
 Блощицына К.А. 810
 Бобарика И.О. 11
 Бобров Д.А. 159, 181,
 213
 Боброва О.М. 586, 649
 Богданова С.Б. 61
 Богдановский Г.В. 712
 Богомоллов В.И. 185
 Бодров Н.М. 568
 Боев А.Ф. 11
- Бойко А.Ю. 160
 Боранов А.А. 90
 Береговой В.Г. 386
 Борзенко Е.И. 423, 531
 Борисов А.И. 639
 Борисов В.Д. 375
 Борисова Е.В. 599,
 600, 602, 607, 618
 Боровик И.Н. 87, 89,
 119, 125, 147
 Боровиков Д.А. 121
 Бородин И.Д. 336
 Бородкин Н.М. 91
 Бортаковский А.С. 433
 Бояренко Э.С. 316
 Брусникин П.М. 412
 Бруханский А.В. 315,
 319
 Брысов А.Д. 457
 Бубнов А.А. 186
 Бубнов В.В. 737, 738,
 741, 742, 747, 748,
 754, 764, 769, 772
 Бугаец Д.А. 337
 Буглова А.А. 740
 Бугров Д.В. 390
 Букреев В.Г. 306
 Буловятов А.М. 677,
 679, 692
 Бульнко Т.А. 473
 Бульбович Р.В. 144
 Бурдин Д.В. 522
 Бурлаков М.А. 391
 Бурова А.Д. 656
 Бурова А.Ю. 606
 Бусурин В.И. 160
 Бут А.Б. 339, 386
 Бутко А.О. 183, 205,
 269
 Бутрина А.А. 678
 Бухаров С.В. 542
 Буянов С.В. 225
- В**
- Валиев С.Э. 23, 490
 Валиуллин В.В. 150
 Вальков В.В. 242
 Ванесян О.Г. 782
 Варфоломеев М.С.
 473, 510
 Васецкий С.О. 160
 Васильев В.С. 640
 Васильев М.А. 25, 782
- Васильев О.В. 316
 Васильева А.В. 439
 Васильева А.С. 523
 Васильева Т.В. 480,
 540
 Васин Ю.А. 398
 Васькова В.С. 458
 Вахтерова Я.А. 440
 Велиев Т.И. 91
 Веремеенко К.К. 169
 Веретенников С.В. 110
 Верзилин С.С. 5
 Веницкая А.В. 811
 Виноградов М.С. 317
 Виноградов Р.Е. 522
 Вишняков Б.В. 195
 Власенко Е.А. 346, 447
 Власова С.В. 687, 688,
 708, 714, 744
 Власова Ю.Е. 214
 Вовк М.Ю. 136
 Войнов С.М. 570
 Волгин В.М. 474, 497,
 502, 526, 558, 560
 Волков А.А. 177, 194
 Волков А.И. 25
 Волков Д.А. 163
 Волков К.А. 92, 376
 Волков М.И. 602
 Волкова В.В. 571
 Волкова Е.Б. 682, 704,
 706
 Волобуев Р.А. 6, 7, 13
 Волоотов Д.А. 673
 Волошин А.И. 607, 641
 Воробьева А.С. 437
 Воробьева Е.В. 602,
 641
 Воронин С.А. 377
 Воронин С.В. 515, 556
 Воронина Н.Ф. 579
 Воронка Т.В. 7
 Воронцов В.А. 343,
 356, 371
 Ворошилов А.П. 424
 Вятков В.В. 91
- Г**
- Гаврилина Е.А. 586
 Гаврилов Д.В. 474
 Гаврилук В.А. 175
 Гайфутдинов С.А. 295,
 793

- Галанова А.П. 26, 630
 Галиев А.Г. 552
 Галиновский А.Л. 548
 Галичкина А.Д. 783
 Галкин М.Ю. 6, 7, 13
 Гамов П.А. 438
 Ганжин А.Г. 68
 Гасанова П.М. 622
 Гацук К.А. 93
 Гвинджилия М.Р. 241
 Гвоздарев Р.С. 237
 Герасимова К.В. 642
 Гилев В.Н. 28
 Гинзбург И.Б. 234, 244, 263
 Гирн А.В. 560
 Гладкая К.В. 623
 Глухов В.П. 430
 Гнатюк А.А. 337, 358
 Гневушев А.А. 459
 Гогаев Г.П. 117
 Голанов И.А. 644
 Головкина О.В. 603
 Голубева В.Д. 784
 Гондаренко Ю.А. 14
 Гончар А.Г. 103, 368
 Гончаров А.Р. 69
 Гончаров Т.М. 94
 Горбовский Д.И. 159, 175, 181, 194, 213, 230
 Горбунов А.А. 90, 147
 Гордеев И.С. 558
 Гордеев С.В. 151
 Горо Секу 805
 Городилов Е.Р. 243
 Горожеев М.Ю. 471
 Горончко В.А. 524
 Горохов А.С. 525
 Горшков А.Л. 147
 Горячкин Е.С. 113, 120
 Гостев А.П. 215
 Грабовский И.И. 152
 Грагерт В.Д. 160
 Гребенщикова О.А. 350
 Гречанников К.В. 71
 Григорьев А.В. 644, 647, 661
 Григорьев В.Г. 440
 Гриценко С.М. 318
 Гришина А.Ю. 8
 Гришина Л.А. 45
 Громаков А.А. 392
 Громовой М.А. 244
 Грубенко М.Д. 677, 679, 692
 Грумондз В.Т. 14
 Грунин А.Н. 95
 Грущенко П.С. 245
 Грязнев А.А. 71
 Грязцова М.П. 572, 635
 Губанова С.Е. 586
 Гугина С.Ю. 809
 Гулидов Г.Г. 741
 Гуляев А.С. 479
 Гуляев В.В. 750, 762, 763, 766
 Гумерова Р.Х. 295, 303, 308, 310, 793
 Гуров Г.А. 370, 376
 Гурьянов А.И. 107, 127, 152
 Гусев Д.Е. 522
 Гусев Ф.П. 645
 Гусейнов А.Б. 54
 Гучко А.А. 742
Д
 Давыдов А.А. 439
 Даниелян А.С. 604
 Данилина А.Н. 293, 299, 300
 Данилочкина Н.Г. 584
 Данилушкин В.С. 515, 556
 Дарибаева Н.Т. 817
 Даушев А.А. 417
 Двойченко А.В. 246
 Дворяк П.А. 96
 Дежин Д.С. 262
 Дейкина А.А. 28, 48
 Демахин Р.А. 96
 Демина Т.С. 541, 546, 555
 Демокидов А.Р. 295
 Демченко А.Г. 60
 Демченко Д.С. 153
 Денисов Н.Д. 393
 Денисова В.Я. 606
 Денисова О.И. 727
 Деньгуб Т.Ю. 161
 Деткин А.В. 97
 Дехьян Р.Р. 98
 Дешковец В.В. 717
 Джарасов Н.О. 819
 Джичоная В.Л. 319
 Дзуцев С.С. 163
 Диденко Е.Д. 680
 Дмитриев В.И. 681
 Дмитриева М.О. 475
 Добычина Е.М. 329
 Долгин М.А. 164
 Долгов О.С. 51
 Должанский М.П. 409
 Донченко И.В. 165
 Доронин О.А. 682
 Доронин П.А. 219
 Доронина П.Д. 160
 Дорофеев С.В. 459
 Дорофеева Л.О. 187
 Дорошкевич С.О. 744
 Досболов Р.Д. 812
 Доценко А.Ю. 99
 Дронин А.С. 782
 Дронов А.А. 810
 Дружинин А.А. 60
 Дружинин Д.С. 785
 Дубинина Н.М. 760, 771, 776
 Дубинина С.Д. 361
 Дубникова А.И. 745
 Дубровин Д.К. 683
 Дудунов А.А. 155
 Дуров Д.С. 28
 Дынченкова Т.В. 540
 Дьяченко А.И. 390
 Дьюсекеев А.Е. 188
Е
 Евграфов С.О. 792
 Евдокимова П.В. 189
 Евченко И.В. 476
 Егоров В.В. 217, 307, 308, 314, 452
 Егоров И.А. 338
 Егорова Е.К. 268
 Егорова Е.О. 526
 Егорова Н.А. 217
 Едкова К.А. 734
 Ежовкина У.С. 712
 Езжев Д.А. 477
 Елизаров П.В. 60
 Елинсон В.М. 553
 Елисейкин Е.И. 479
 Елькин А.В. 99
 Ельников Р.В. 342
 Емельянов А.В. 421
 Еремеева Д.А. 337

Еременская Л.И. 635
Еремичев А.А. 504
Еремкина М.С. 101,
125
Ермаков В.В. 102
Ермаков И.С. 440
Ермакова А.С. 747
Ермилов Д.А. 158, 166
Ерохин Е.М. 650
Ерошенко А.Ю. 701
Ертаев Н.К. 246
Еськина А.А. 684
Ефанов В.В. 417
Ефремов А.В. 8, 9, 12,
17
Ефремов Е.В. 9
Ефремчикова Д.С. 686

Ж

Жарков Д.А. 646
Жигалова М.В. 606
Жиженкова А.В. 624
Жильцова В.Н. 788
Жиров А.В. 216
Жуков А.А. 523
Жуков С.В. 590
Жуков С.Г. 313, 328
Жукова С.А. 537, 547
Жукович-Гордеева А.А.
527
Жульева А.Д. 573
Жуматаева Ж.Е. 247,
282, 819
Журбенко Н.Л. 781,
782, 796, 797
Жусупова А.Н. 247

З

Заварзина Е.А. 10
Завьялова М.И. 103
Зажарнов К.А. 104
Заиров А.В. 505
Зайченко А.А. 713,
716, 732
Зарубин Д.С. 335
Захаренкова А.В. 723
Захарова А.Н. 725
Захарова Л.Ф. 568
Захарьева Т.А. 574
Заяц Е.Е. 248
Зверев Н.А. 557
Зверяев Е.М. 465
Зеленина А.И. 558

Зеленкевич А.Д. 105
Зеленов М.Д. 687
Земсков А.В. 557
Земсков В.А. 647, 688
Зимица А.И. 712
Зинина А.И. 30
Зиньковский А.О. 704
Золотарева Н.С. 248
Зоммер С.А. 410
Зорин А.И. 676
Зотикова П.В. 105
Зубанов В.М. 96, 141,
146
Зубарев П.В. 60
Зубеева Е.В. 575
Зубрилин И.А. 114,
143, 455
Зуева Е.А. 648
Зыков А.В. 280

И

Ибрагимов Д.Н. 424,
428
Ибрагимов М.Р. 528
Иванов А.А. 250
Иванов А.Е. 505
Иванов Д.А. 10
Иванов М.А. 646, 654
Иванова И.В. 603, 606,
611, 616
Иванова П.И. 167
Иванова У.И. 338
Ивлев А.Д. 297
Игнатенко С.В. 190
Игнатов А.И. 461
Игнатов Ю.В. 394
Идрисов Д.В. 106
Изотов В.А. 479
Изотов Н.С. 649
Ильинская О.И. 499
Инютин С.А. 248, 264
Ипатов А.А. 748
Ирбитский И.С. 251,
252
Исаев В.В. 202, 228
Искандарова К.Р. 265
Исмаилов Д. 813
Истратий А.Ю. 621

К

Каадзе А.А. 251
Кабардова А.Р. 395

Кабдыжалелов А.Е.
690
Кададова А.В. 168
Кадочников А.А. 221
Казакова Е.С. 749
Казначевский В.С. 192,
201
Кайбелева В.Р. 575
Какорина Р.А. 814
Калачев О.Н. 477, 485
Калиев Н.Б. 785
Калинина Е.О. 378
Калиш П.Э. 558
Калугина Г.А. 567, 573,
574, 577, 579, 596
Калюжный В.А. 342
Калягин М.Ю. 19
Камалетдинов М.А.
529
Камалов Т.В. 480
Каменев А.Р. 251, 252
Каменский И.В. 322
Канадззе С.С. 210
Каралюнец К.С. 713
Караман А.Ф. 750
Карасев Б.С. 346
Карасев Д.С. 302
Карева Е.М. 396
Карецкий Н.В. 361
Карнаков Н.Д. 691
Карпенко В.А. 297
Карпов И.В. 11
Карпович Е.А. 801
Карташова М.В. 217
Картузова А.А. 576
Картушина Н.В. 722,
734
Касатиков Н.Н. 206
Кассич Г.В. 787
Катанов М.А. 107
Качалин А.М. 411
Качанов Д.К. 787
Кашин Д.Д. 411
Кашфутдинов Б.Д. 5
Квашнин В.М. 284
Кейно П.П. 255, 265,
276, 286, 305
Керобян М.С. 523
Кизима В.А. 650
Ким А.А. 577
Ким В.В. 625
Кирдяшкин В.В. 323
Кириакиди С.К. 55

Кириллин А.В. 65
 Кириченко Д.И. 332
 Кирсанов А.Р. 140
 Кирсанов Г.Р. 677, 679, 692
 Клислинский В.Г. 449
 Кичук А.В. 788
 Кладенцова В.Н. 327
 Клизубова Л.А. 214
 Климина И.С. 320
 Климкин Ю.О. 506
 Климова Е.А. 629
 Клишин А.Н. 418
 Клюев А.Ю. 107
 Клюхин А.С. 169
 Кнутова Н.С. 399
 Кныш О.Д. 693
 Княжев Н.В. 578
 Кобзева И.А. 217
 Ковалёв А.И. 108
 Ковалев К.Л. 310
 Ковалевич М.В. 443, 492
 Коваленко Е.В. 507
 Коваленко И.А. 553
 Ковалкина Н.Г. 317
 Ковальчук Ю.А. 795
 Кован Ю.И. 311
 Ковкин И.В. 298
 Ковтунов С.С. 529
 Коган Е.А. 639, 648, 670
 Кожевников Д.А. 170
 Кожемяко А.С. 109
 Козинер Ю.Д. 102
 Козлов И.П. 440
 Козлов Н.А. 534
 Козлова Д.С. 379
 Козловский А.М. 253
 Козловцев С.А. 790
 Козулин Н.Д. 253
 Козырев Н.А. 255
 Козырева У.Р. 607
 Кокутина А.С. 714
 Коларов В.С. 339
 Колаян Ю.М. 531
 Колганов С.В. 641
 Колесник Е.С. 481
 Колесников Т.И. 532
 Колесникова Д.С. 418
 Колесова А.А. 110
 Колянко У.О. 340
 Колодяжная И.Н. 809, 811, 812, 813
 Колосова Е.Б. 72
 Колотова Л.Н. 558
 Колпаков В.И. 563
 Комарова Н.В. 581
 Комов А.А. 115, 138
 Комягин М.А. 441
 Кондратюк А.С. 751
 Конкина В.А. 625
 Коннов В.С. 813
 Коновалов К.А. 183, 211
 Коновалов К.С. 791
 Коновалова Е.Д. 193
 Коновалова О.В. 622
 Коновалова С.В. 700
 Коновалюк М.А. 320
 Коновской А.С. 442
 Кононова Н.А. 81
 Коноплева П.С. 617
 Константинов И.А. 694
 Константинов М.С. 353
 Конюшок В.В. 533
 Коняхина Н.С. 111
 Колица В.А. 341
 Коптев А.Н. 23, 419
 Коптев К.В. 419
 Корендюхин Ф.А. 482
 Корж С.Е. 443
 Корзун Ф.А. 12
 Корнюшина А.С. 608
 Коробков М.А. 218
 Коробов К.С. 484, 697
 Коробовский А.В. 71, 348
 Короваев Д.С. 421
 Королев В.А. 158
 Королев Д.А. 256
 Королев П.С. 229, 295, 416
 Королева А.А. 792
 Король Д.Г. 321
 Коротков А.Д. 177, 194
 Коротун В.Л. 691, 702
 Коршунова Е.Р. 695
 Коряк Ю.А. 399
 Костин П.С. 64
 Костина Д.А. 579
 Кострицына А.И. 415
 Котов Л.С. 342
 Котов М.А. 551
 Котова Е.Р. 752
 Кочетков Ю.М. 124
 Кочураев И.М. 257
 Кошелев Д.М. 258
 Кошкин В.И. 489
 Краев В.М. 615, 620, 629
 Красоткин С.А. 696
 Кремзуков Ю.А. 298
 Кривун К.В. 652
 Крит Б.Л. 488
 Круглов А.В. 219, 230
 Крылов П.В. 342
 Крылова К.А. 517
 Крылова Ю.А. 94, 127
 Крымская А.С. 754
 Крюкова М.О. 5
 Ксензов И.А. 380
 Кубрин В.И. 583
 Куденко Д.А. 111
 Кудинов И.Д. 425
 Кудряшов В.А. 31
 Кудряшов И.А. 96, 113, 120
 Кузбасова Э.В. 579
 Кузин М.А. 343
 Кузнецов А.А. 532, 536
 Кузнецов А.В. 6, 13, 258
 Кузнецов А.С. 318, 626
 Кузнецов А.Ю. 114
 Кузнецов Д.С. 32
 Кузнецов И.М. 165, 174
 Кузнецов П.М. 241
 Кузнецова Д.А. 653
 Кузнецова М.Д. 581
 Кузнецова П.М. 716
 Кулагин К.М. 792
 Кулагина А.А. 649
 Кулакова Я.А. 723
 Кулепетова Н.Н. 814
 Куплинова А.Н. 534
 Купреева А.Ю. 153
 Куприков М.Ю. 19, 97
 Куприянов И.А. 202
 Куприянова Я.А. 344
 Курашова С.А. 572
 Курбакова С.Н. 718, 719
 Курицына В.В. 481
 Кучейко А.А. 379
 Кучмий А.Д. 322
 Кущев К.А. 114
 Кэлих А.Е. 717

Л

Лазарева А.П. 260
Ландер Л.Б. 81
Лапиков И.Ю. 658
Латипов Р.Х. 303, 793
Лашина Ю.С. 68
Лебедев С.Ю. 115
Лебитков В.К. 116, 148,
493

Левшонков Н.В. 82
Лёдова К.В. 444
Лежинский М.В. 260
Лельков К.С. 203
Лелюк С.В. 718
Лемтюзникова Д.В.
197, 201, 253, 425,
429
Леон К.С. 485
Леонтьев М.К. 133, 156
Лепешинский И.А. 105
Лепешкин А.Р. 496
Лесневский Л.Н. 101,
125

Лещева А.С. 582
Лизунова О.Е. 609
Лийн Е.А. 261
Липатов А.А. 195
Лисина А.Ю. 627
Лисина М.В. 33
Литвинова М.И. 814
Литвинович Н.В. 345
Литвинюк Р.В. 117
Литовченко А.А. 683
Логвиненко А.С. 610
Логонова Д.Д. 262
Лопаткин Д.В. 179
Лукин А.В. 172
Лукошин И.В. 299
Лунева С.Ю. 199, 251,
426

Луханин В.О. 73
Луценко Е.А. 463
Лушпа Е.Ю. 361
Ляков А.А. 719
Ляпустина Н.Г. 795

М

Маамо МШико 807
Мадиярова Г.М. 528
Мазен Осман 44
Мазилин А.А. 460
Мазилина М.А. 507

Мазуркевич Р.О. 196
Мазуров К.А. 697
Майоров Д.И. 508
Макаров В.А. 73
Макаров К.Д. 460
Макарова А.Е. 445
Макарова В.А. 731
Макарьянц Г.М. 130
Макатров Н.В. 486
Максаковская А.В. 300
Максимов А.Н. 185,
415

Максимова И.Д. 397,
400
Малахова Т.А. 706
Малинин В.И. 99, 122
Малинина Д.Д. 77
Малофеев Л.П. 118
Малых Е.А. 220, 221
Малыш И.И. 202
Мальшев А.Д. 397,
400

Мальцева О.А. 346,
369
Малюжонок Я.Р. 654
Малюта А.И. 499
Мамаева Д.Г. 509
Манакова О.А. 139
Мананникова А.Г. 300
Мананникова Н.Г. 300
Маносьева Е.А. 379
Мануйлова Н.Б. 407
Марков И.В. 35
Маркова Е.Ю. 171, 180
Мартыненко Е.В.
461

Мартынишин И.Е. 629
Мартынов З.В. 398
Марунов Ю.Е. 75
Марчуков Е.Ю. 91
Маслов Д.В. 119, 147
Маслова А.С. 367
Маслова Е.С. 611
Матвеев С.С. 106
Матвеева Т.Ю. 487
Матуляк А.И. 535
Матюхова А.А. 612
Матюшев Т.В. 397, 400
Маурина Т.С. 740
Махов А.Н. 347
Мачнева С.И. 755
Мбикайи Зое 17
Медвецкова В.М. 488

Меджидли Махмуд 699
Мезина Н.А. 576, 596
Мелконян Р.В. 36
Мельдианова А.В. 711,
712, 717, 720, 723,
730

Мельников А.А. 475
Мельников С.А. 96, 99,
120

Мельников С.В. 6, 7,
13
Мельничук В.Н. 337
Меманишвили Д.М. 55
Мендибаев И.К. 814
Меркулов М.Ю. 794
Мессинева Е.М. 582
Метечко Л.Б. 392, 395
Миллер А.А. 756
Минаева К.А. 629
Минасян В.Б. 220, 221,
228

Минин А.К. 121
Мирзагаламов Р.Р.
446

Миранов И.И. 411
Миранов П.Н. 283
Митрович П.А. 122
Митрохов Н.В. 87
Митькин М.А. 322
Михайлов В.Ю. 312
Михайлов М.М. 524
Михеев В.А. 470
Михеев Т.В. 758
Михрютин А.В. 489
Мищич А.Д. 197
Мишаков С.Ю. 489
Мишин Е.В. 348
Мишучков В.И. 782
Мкртчян М.К. 124
Можгова Н.В. 172
Мозгалева М.А. 222
Мокряков А.В. 248,
251, 252, 260

Мокшин И.Н. 639
Молибог Д.А. 323
Молчанов А.М. 94, 137
Молькова О.Ю. 583
Момот Е.Ю. 335, 348
Монахова З.Ю. 720
Моренко Р.В. 37
Морозкин И.А. 124
Морозов А.Ю. 270
Морозова А.Р. 435

Морозова М.И. 426
Морозова Ю.К. 263
Мосейчук А.Н. 197
Москалено С.С. 463
Мостовой Д.Н. 302
Мохначева А.А. 642
Мохов А.И. 446
Мукамбетов Р.Я. 87, 89, 125
Мулюков Р.Р. 517
Муминов А.А. 23, 490
Мусина Е.М. 680, 700
Мухина А.К. 472, 498
Мухина А.М. 584
Мушта Д.А. 759
Мыльников Р.И. 435
Мырзалиева Д. 815
Мякочин А.С. 134

Н

Набатов Н.Н. 816
Набиуллин Э.И. 295, 303
Нагаева Е.А. 823
Нагибин С.Я. 190, 197, 242
Нагмадинов М.С. 817
Надежкина Е.В. 360
Надирадза А.Б. 150, 155
Надоленко Л.В. 655
Нажжар Таммам 808
Назаров А.В. 78
Назарова И.Л. 264
Назарова П.С. 78, 350
Насонов Ф.А. 36, 500, 529, 533
Настас К.Г. 49, 76
Наумов А.В. 429
Наумов И.М. 469, 491
Наумченко В.П. 173
Нгуен Тхи Фьонг Ан 585
Неверов А.С. 93
Неверова Н.В. 734
Нейперт Т.А. 492
Некрасова И.М. 398
Нелин И.В. 317
Неретин Е.С. 413
Нестеренко В.Г. 143
Нестеренко Я.А. 586
Нестеров С.В. 442

Нетребская О.Н. 663, 710
Ниемисто В.А. 265
Никитин В.А. 86
Никитин П.В. 109
Никитина А.А. 760
Никитина Е.В. 513
Никитченко Ю.А. 15
Никифорова А.М. 656
Николаев В.А. 444
Николаев И.А. 101, 125
Николаев И.В. 156
Николаев С.А. 330
Николаева А.А. 39
Никонов Ю.Ю. 266
Никуйко С.А. 237
Никулин Д.С. 5
Новиков Б.Б. 236
Новиков Л.В. 267
Новикова Ю.Д. 99
Новичкова С.С. 106, 130, 455
Ногтев С.С. 223, 239
Норенко Н.А. 127
Носкова К.Р. 127
Нурадин Н.А. 817

О

Овакимян Д.Н. 79
Оверчук Н.В. 267
Овчинников А.В. 507
Овчинникова Е.В. 325, 802
Оделевский В.К. 385
Одинокоев С.А. 608, 612, 613, 614, 617
Окунева Е.С. 821
Олейников И.А. 427
Орестова П.М. 488
Орешина М.Н. 297
Орлов А.А. 511
Орлов А.Д. 540
Орлова А.М. 536
Орловская В.Д. 268
Орынбаев Р.К. 818
Осипов В.Ю. 40
Осипова В.А. 427
Остапчук М.А. 292, 304
Островская К.А. 721
Осьмина К.С. 677, 679, 683, 692, 696, 701, 704

П

Павленко А.А. 72
Павленко И.И. 269
Павлов В.Ю. 216, 233, 236, 257, 258
Павлов Д.А. 423
Павлов Д.Д. 700
Павлов О.В. 182, 215, 271, 305
Павлов П.В. 63
Палешкин А.В. 340
Палий М.А. 198
Палтиевич А.Р. 504
Панина Ю.М. 381
Панов В.А. 658
Пантелеев А.В. 446
Пантелеев К.А. 427
Панченко М.И. 42
Парамонов И.В. 10
Парафесь С.Г. 344
Парышева Е.Д. 537
Паскевич Г.Н. 72
Патрушев В.С. 734
Паутина Г.А. 722
Пациевский А.А. 334
Пашкова Д.В. 390
Пашковская Е.А. 251, 252
Пашова В.А. 762
Пейсахович О.Д. 153
Пенькова К.И. 199
Перимбаева Е.С. 382
Пермяков А.П. 555
Перчихин О.И. 207
Першина Л.А. 763
Петрин С.А. 270
Петров И.А. 508
Петров М.А. 324
Печенежский В.К. 167
Печенюк В.С. 43
Пещерова А.А. 659
Пикалов Р.С. 463
Пилипенко А.А. 510, 690
Пинегин А.А. 271
Пирожихин А.А. 660
Пичугин А.П. 306
Пичужкин П.В. 77, 367, 441
Платонов Е.Н. 188, 209
Платонов И.М. 127

- Плешков А.В. 200
Плискин М.В. 116, 493
Плотников А.Л. 550
Повалихин А.И. 77
Поветкин И.С. 128
Погодин В.А. 525, 544
Погорельцева Д.С. 717
Подгорная В.И. 447
Подгорная В.М. 428
Подлесная В.Р. 351
Подсвилов А.П. 201
Пожидаев Е.П. 527
Поздняков Д.С. 352
Покрепин Б.В. 353
Поландов А.Л. 325
Полетаев А.О. 127, 671
Полицын С.А. 253
Полицына Е.В. 235, 267, 272, 277
Полищук М.В. 14
Половков Н.А. 586
Полонцов С.М. 494
Полторах Д.С. 411
Поляков С.А. 495
Полянский В.В. 366
Пономарева А.Л. 511
Пономаренко А.Д. 539
Поперечный С.С. 496
Попов А.Д. 106
Попов В.В. 540
Попов Д.С. 271
Попов Ю.И. 43
Попова Ю.А. 390
Попырина Т.Н. 541
Поречный А.С. 272
Порохин В.А. 174
Последова А.Д. 764
Потапов А.А. 560
Потапов Д.Э. 412
Праслов Д.Ю. 135
Предеин К.В. 327
Преображенский Е.В. 421
Причина А.С. 129
Проворченко Н.И. 429
Проданик В.А. 12
Прозоров Д.Е. 566, 587
Пройденко В.В. 654
Прокопенко Д.А. 44
Прокофьев Д.А. 795
Пронин Д.В. 45
Пронина П.Ф. 345, 355, 823
Пронкин А.А. 661
Протасов В.И. 221
Прохорова И.С. 189
Прочий Р.Р. 399
Пская Е.К. 469, 491
Пугачёв Ю.Н. 48
Пунтус А.А. 459
Путятин Л.М. 591, 785
Пучиньян Р.П. 328
Пушкарев М.Д. 795
Пушкарева М.Б. 778, 780, 783, 788, 791, 792, 794
Пьянов З.М. 790
Пятов Н.А. 201
- Р**
- Рабинский Л.Н. 514
Радин Д.В. 130
Радюшкина А.А. 700
Разумова О.Д. 307
Раисов Р.Р. 819
Райлян В.С. 359
Рафиков Р.Х. 479
Резванов А.А. 224
Резвая С.О. 711
Резник А.А. 224, 434
Резникова М.И. 117
Ресулкулыева Г. 46
Ризоев Б.М. 274
Рипецкий А.В. 484, 697
Рогожин Д.А. 778
Род О.А. 47
Родин Ф.М. 202, 271
Родионов В.С. 274, 275
Родионова А.С. 542
Родников А.В. 458
Родченко В.В. 383, 398
Рожков Д.М. 47, 48
Рожкова В.С. 723
Рожкова М.В. 131
Рокотянский А.А. 132
Романадзе Е.Л. 449
Романенко А.В. 463
Романенков А.М. 256, 274, 289
Романов Н.Р. 71
Ромашко Р.В. 145
Рубан А.А. 274, 275
Рубанова А.И. 795
Рублёв Д.О. 701
Рубцов Е.А. 161, 324
Рудой И.А. 327, 357, 362
Рудько И.Д. 276
Румянцев П.А. 225
Рыбаков К.А. 437
Рыбакова Л.В. 724
Рыбина А.С. 397, 400
Рыженков В.М. 107
Рыжиков К.Г. 14
Рыжков В.В. 371
Рыкалин А.В. 383
Рыкунов А.Н. 277
Рысева П.В. 593, 630
Рябкова Г.В. 721
Рябов А.С. 328
Рябов С.М. 702
Рябыкин А.С. 464
Рязанцев А.Ю. 476
Ряховский А.П. 512
- С**
- Сабирзянов Р.Р. 543
Савельев А.С. 413
Савельев Д.О. 560
Савельев С.А. 49
Савельева В.С. 465
Савкин А.В. 158, 227
Савцов Е.С. 354
Савченко В.Н. 329
Садковская Н.Е. 187, 193, 196, 198
Саенко И.А. 704
Сазонов О.И. 308
Саламанов А.К. 724
Салиенко Н.В. 554
Сало А.П. 175, 230
Салова А.К. 15
Салтыков Н.В. 227
Сангинов А.Д. 796
Сандин А.С. 544
Сапкалов В.А. 813
Сапухина М.В. 133
Саранченкова Е.В. 176
Сарбасов Б.Т. 819
Сафина Л.Р. 562
Сафронова К.П. 402, 405
Сверчков Д.М. 663
Сводин П.А. 134
Сдобнов А.Г. 200, 204
Севастьянова Е.В. 228

- Седова Ю.К. 555
Селищев П.А. 135
Селуянова О.В. 823
Семашкин Н.М. 355
Семёнов Г.Е. 243
Семенова В.В. 402
Семенова О.К. 725
Семенюк М.Ю. 727
Семина А.П. 623, 632, 633
Семисорин Е.В. 356
Сенюшкин Н.С. 387
Сергеев И.С. 278
Сергеева Н.И. 7
Серебрянская Д.С. 694
Серебрянский С.А. 21, 22, 28, 32, 33, 37, 39, 42, 46, 49, 51, 56, 58, 73, 75, 76, 626
Серегин Н.А. 330
Серкова В.А. 728
Серогодский А.Е. 280
Сивоплясова С.Ю. 570
Сидорин К.А. 280
Сидоров В.Н. 474, 497, 502
Сидорова И.М. 629
Сизикова А.А. 633
Сизов А.А. 817
Силин Г.А. 203
Силин Н.Д. 413
Силуянова М.В. 52, 85, 95, 450
Симакова А.В. 587
Синявская Ю.А. 409
Ситнова Д.Д. 61
Скворцова С.В. 505, 511
Скорик А.В. 765
Скорохватова Е.М. 664
Скрынников А.А. 66, 434
Скуридин А.А. 429
Слепихин В.Л. 563
Слепнева Д.А. 729
Слитинская А.Ю. 16
Слободчиков В.Ю. 403
Слюсарев А.А. 545
Смагин А.А. 51
Смелов В.Ю. 598
Смерчинская С.О. 431
Смирнов В.Г. 779, 784, 790
Смирнов И.А. 175, 177, 194
Смирнов Я.А. 449
Смирнова А.В. 61
Смирнова Е.А. 613
Смирнова Т.В. 588
Смирнова Ю.М. 357
Смолин И.В. 78, 350
Снастин М.В. 329
Снегирёв А.О. 522
Снеговских М.А. 62
Снигиров А.А. 449
Снигур А.А. 384
Сокова Е.В. 498
Соколова А.К. 274, 281
Соколова И.А. 634
Соколовский Д.С. 730
Солдаткин М.Ю. 687
Солдатова Е.В. 430
Соловьев Г.А. 337, 358
Сологуб Г.Б. 446
Сопельник Д.О. 511
Сотникова С.Ю. 81
Спандияр С.М. 282, 818
Спирин И.В. 136
Стародубец М.О. 283
Старостина Е.А. 546
Старостина Т.В. 79
Старостина Я.П. 572, 635
Старчикова И.Ю. 664, 669
Стасюк Д.В. 204
Стебакова П.А. 588
Степанов А.Р. 63
Столбов А.Г. 499
Столярчук В.А. 266
Стоянов Н.Э. 636
Страхов Р.Д. 283
Стрелец Д.Ю. 30, 57, 694
Строгонова Л.Б. 402, 405
Струнин Р.А. 284
Ступеньков И.В. 547
Ступникова В.А. 590
Суворов А.Е. 137
Суворова М.С. 68
Судаков В.А. 427
Судуров А.А. 385
Сукачева А.Н. 665
Сукманов И.В. 547
Сурков Д.А. 217
Суркова Е.В. 578
Суров Д.Н. 627, 634
Суханов М.Е. 435
Сухинин А.М. 591
Сухно А.А. 640, 658
Сухов Е.А. 464
Сучков Р.В. 90
Сытник В.М. 665
Сычева М.Д. 731
Сычков А.А. 421
Т
Тамбовский И.В. 469, 472, 491, 498
Тараненко А.В. 749, 752, 755, 758, 759, 765, 768
Тараненко Е.И. 732
Тарасенко А.Н. 450
Тарасов Е.А. 138
Тарасова В.Н. 636
Тарасова М.А. 797
Татарский Б.Г. 808
Тевс М.Д. 511
Темных В.И. 506
Темченко В.С. 321
Теренин Р.А. 404
Терентьев М.Н. 351, 352
Терновских К.А. 548
Терпелюк В.А. 285
Тетереженков Д.А. 359
Тимошенко А.В. 415
Тисарев А.Ю. 128
Титов Д.А. 421
Титов Д.Е. 179
Тихомиров В.В. 114
Ткачев А.Е. 644
Ткаченко Е.Ю. 704
Ткачук М.О. 360
Томилин М.М. 309
Торпачев А.В. 341, 348, 354, 358, 377, 468
Торубаров И.С. 550
Торчик М.В. 551
Точилин Е.Д. 704
Тошаков А.М. 118, 124
Трахман Р.А. 705
Трембач Т.Г. 699
Тремкина О.В. 139
Тритенко Д.С. 361

Тришина С.А. 614
Трошин П.А. 304
Трубников П.М. 500
Трусевич Ю.В. 666
Тряшин А.С. 512
Туальбаева Э.В. 766
Тужилкин М.И. 706
Тулский И.Н. 214
Туразян Л.В. 286
Турбин Н.В. 47
Туркина И.И. 362
Турчина Е.В. 502
Тышкевич М.А. 768
Тютюнников М.С. 157
Тюшин А.В. 51
Тюшина М.А. 51
Тяглик М.С. 7
У

Угланов Д.А. 139
Углицких В.А. 205
Удовиченко Ю.Д. 593
Уклеин Р.В. 105
Уколова Л.Е. 751
Уланов А.М. 105
Уланова А.А. 451
Ульянкин А.И. 405
Улюшин Я.И. 81
Уркунов А.К. 229
Урманов И.Д. 140
Урубков В.С. 205
Усанин А.С. 286
Усанов В.А. 451
Устименко М.В. 16
Ухов П.А. 438

Ф

Фаворский К.Г. 171, 180
Фадеев А.А. 129
Фадеев Д.В. 615
Фадеева А.Д. 206
Файб С.В. 423
Файзуллаев Ш.Ф. 769
Фальке А.В. 423
Фаретдинов И.С. 308
Федерякин К.К. 667
Федоренко А.О. 207
Федоркевич И.А. 62
Федоров А.А. 487, 511, 515
Федоров А.С. 207
Фёдоров Н.Г. 229

Федотов А.А. 64
Федотов А.Ю. 513
Федотов Ю.А. 309
Федотова М.А. 632
Федюнин Д.А. 364
Фейзуллин К.М. 209, 434
Феник А.Д. 712
Фертиков А.О. 52
Филатов В.К. 64
Филимонов Е.Э. 331
Филипович П.В. 720
Филиппов Г.С. 444
Фирсюк С.О. 373
Фозилов Т.Т. 514
Фокина А.А. 178
Фомичев В.А. 184, 205
Франц В.Г. 310

Х

Хажакян В.О. 669
Хайрутдинова Р.Р. 515
Хакимов Д.А. 771
Хамзин Р.Р. 287
Хамидуллин О.Л. 528, 543, 552
Хамматов Э.И. 552
Харитонов А.А. 141, 146
Хартов С.А. 151
Хемарин С.И. 210
Хоа Ван Донг 465
Ходырев Т.В. 553
Хомутская О.В. 213, 218, 220, 261
Хопин П.Н. 388, 489
Хорев Т.С. 164
Хорошилов А.А. 445
Хорошко А.Л. 289
Хорошко Л.Л. 245, 246, 258, 289
Хоу Мэнь Хай 210
Хохлова А.Ю. 65
Христосов С.С. 219, 230
Хуан Чжэн 30
Худобина Е.А. 364
Хунузиди Е.И. 604, 610

Ц

Царьков С.С. 54
Цатурьян К.А. 415
Цатурян Д.А. 466

Цветков В.Э. 81
Цветкова Е.М. 407
Цуканов И.Р. 593
Цыгышева С.Н. 548
Цырков Г.А. 239, 271, 283

Ч

Чаплыгин К.К. 515, 556
Чариков А.В. 68
Чекина Е.А. 457, 460, 463, 465, 466, 467
Челак А.Д. 821
Челпанов А.В. 192, 201
Чемоданов В.Б. 223, 239
Чемпинский Л.А. 490
Ченцов А.В. 521
Червяков В.И. 676
Чересов П.А. 211
Черкай А.Д. 285, 286, 291
Черкунов М.А. 65, 81
Черненко О.С. 357
Чернищын А.Е. 568
Чернова О.Н. 467
Чернова Т.А. 280
Черных М.И. 366
Чернышов М.А. 179
Чернышук А.О. 392
Черняков А.С. 55
Честнов А.А. 366
Чеченин С.А. 772
Чечуля А.С. 56
Чигищев В.Д. 143
Чикирев Е.В. 176
Чириков С.А. 10, 219
Чугунов Д.В. 594
Чумадин А.С. 35
Чурилин Г.П. 65
Чэнь Лэй 57

Ш

Шабунина Е.В. 171, 180
Шаваева В.Б. 386
Шавелкин Д.С. 25, 65, 81
Шагиев Р.Р. 367
Шагинова Е.С. 66
Шакин А.Д. 596
Шакиров Ш.Т. 310
Шаламова Л.Ф. 396

- Шангин И.А. 403
 Шапагин А.В. 520, 539
 Шаповалов Р.В. 347
 Шарипов Т.Р. 368
 Шаталин А.А. 554
 Шатульский А.А. 495
 Шашкина А.А. 616
 Швалева А.А. 82
 Швед Д.М. 393
 Шевко А.В. 708
 Шевцов А.В. 638, 642,
 645, 650, 652, 653,
 655, 656, 659, 660,
 666, 667, 671
 Шевцов Д.А. 292, 300
 Шейпак О.А. 674, 678,
 690, 693, 778, 785,
 787
 Шелехова А.С. 670
 Шеметовец А.А. 143
 Шерстнева А.А. 555
 Шестакова К.И. 734
 Шестопалова О.Л. 241,
 246, 267, 287, 813
 Шилов М.С. 94, 671
 Шилова А.А. 144
 Шипилева А.Д. 617
 Ширяев А.В. 58
 Шишов Д.М. 304
 Шишов И.М. 292
- Шкарубо С.Н. 69, 624
 Шматок А.Н. 452
 Шойжилов Б.О. 386
 Шоронов С.В. 145
 Шпер В.Л. 598
 Шпилевой А.Д. 392
 Шулепов А.И. 436
 Шунина К.Д. 773
 Шурыгин С.А. 232
 Шустова О.А. 387
 Шушакова М.М. 734
- Ц**
- Щербаков А.И. 17
 Щербаков В.С. 453
 Щербакова Е.Ф. 653
 Щербань А.И. 113, 146
 Щербенева Н.В. 774
 Щуровский Ю.В. 311
- Э**
- Эзугбая Г.Д. 147
 Элешова В.М. 147
- Ю**
- Юденков В.Э. 116, 148,
 447
 Юдин М.Л. 618
 Юлдашев А.А. 289
- Юманов А.К. 159, 181,
 213
 Юнаков Г.Л. 369
 Юрченко М.И. 370
 Юсупов Т.М. 182
 Юсупова Н.Р. 517
- Я**
- Яблокова В.В. 596
 Ягфаров Т.И. 291
 Языков М.Д. 383
 Якимов М.Ю. 519
 Яковенко Н.Г. 177
 Яковлева С.А. 776
 Якупов З.Я. 451
 Якутов А.А. 388
 Якуш С.Е. 451
 Якушкин Д.В. 114, 455
 Яловнаров С.В. 416
 Яманаева Р.Р. 431
 Янкова А.Е. 787
 Ясенцев Д.А. 322, 331
 Ястребов В.В. 455
 Ясько Е.Ю. 433
 Яценко М.Ю. 343, 356,
 371
 Яшина Н.П. 250, 424
 Яшина Э.А. 83



**Сборник тезисов работ международной молодёжной
научной конференции XLVIII Гагаринские чтения 2022**

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 23.06.2022.
Объем 6,76 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 514.