

**СБОРНИК ТРУДОВ  
XIV ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ  
ШКОЛЫ-СЕМИНАРА**

**«АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ  
ДЕКАДА»**

**2021**

Симферополь  
ИТ «АРИАЛ»  
2021

УДК 629.78

ББК 22.317

С 23

**С 23 Сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической студенческой школы-семинара «Аэрокосмическая декада».** – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2021. – 212 с.  
ISBN 978-5-907506-12-1

Аэрокосмическая декада проводится ежегодно с 2008 года на базе ОУЦ «Алушта» МАИ. 2021 год является особенным для аэрокосмической отрасли.

В 2021 году исполняется ровно 60 лет со дня первого в мире полёта человека в космос. 12 апреля 1961 года с космодрома Байконур стартовал космический корабль «Восток-1» с первым человеком на борту – Юрием Алексеевичем Гагариным. Юбилею именно этого события посвящена 14 Аэрокосмическая декада в этом году.

Участниками школы-семинара стали студенты из ведущих вузов страны, осуществляющих подготовку кадров для авиационной и ракетно-космической отраслей: Московского авиационного института, Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова.

Из года в год повышается уровень представляемых научно-исследовательских работ в рамках секций конференции, что позволяет надеяться на дальнейшее развитие отечественной науки в области авиации и космонавтики.

УДК 629.78

ББК 22.317

ISBN 978-5-907506-12-1

© Авторы, 2021

© ИТ «АРИАЛ»,

макет, оформление, 2021

## **Оглавление**

<i>Выступление перед аудиторией – это талант, искусство или навык, необходимый современному профессионалу?</i> <i>Афонин Пётр Андреевич .....</i>	<i>8</i>
<i>Улучшение ЛТХ путем непосредственного управления подъемной силой крыла Бикинеева Александра Павловна.....</i>	<i>11</i>
<i>Социальная реклама и толерантность Богатков Иван Сергеевич.....</i>	<i>17</i>
<i>Методика технологического проектирования процессов аддитивного производства методом выборочной лазерной плавки металлопорошковых композиций Брыкин Вениамин Андреевич, Добрянский Василий Николаевич .....</i>	<i>21</i>
<i>Совершенствование геометрии инструмента и пути повышения его износостойкости Волков Кирилл Александрович.....</i>	<i>25</i>
<i>Новое поколение средств отображения полетной информации как средства подавления негативных эффектов попадания самолета в зону интенсивной атмосферной турбулентности на этапе посадки Воронка Татьяна Владимировна, Щербаков Александр Викторович, Тяглик Михаил Сергеевич.....</i>	<i>29</i>
<i>Технологические аспекты получения УККМ_Горохов Артемий Сергеевич, Диденко Анна Александровна, Сукманов Игорь Владимирович .....</i>	<i>33</i>
<i>Улучшение летно-пилотажных характеристик путем непосредственного управления подъемной силой крыла Гришина Алена Юрьевна .....</i>	<i>36</i>
<i>Разработка мониторингово-спасательной змееподобной робототехнической системы Должанский Михаил Павлович .....</i>	<i>41</i>

<i>Анализ трудовых показателей на промышленном предприятии аэрокосмической отрасли Ефремченков Игорь Сергеевич.....</i>	<i>44</i>
<i>Разработка автоматизированной системы для управления и администрирования работы электронных устройств Зуев Дмитрий Алексеевич, Коробков Максим Андреевич, Павлов Олег Владимирович.....</i>	<i>49</i>
<i>Разработка индивидуального водного средства передвижения «Скат» Иванов Данила Андреевич, Григорьев Михаил Сергеевич, Костиков Андрей Константинович.....</i>	<i>51</i>
<i>Технология отработки аппаратуры объектов космической техники с помощью стратосферных зондов Кададова Анастасия Владимировна, Уткин Владислав Витальевич, ...</i>	<i>54</i>
<i>Изменение российского рынка труда под влиянием коронавирусной инфекции: массовый переход на удаленный формат работы Казанцева Алина Акберовна .....</i>	<i>59</i>
<i>Социальное моделирование малоизученных и вымышленных объектов с использованием гиперграфов Кирсанов Григорий Романович.....</i>	<i>64</i>
<i>Оперативная диагностика источников нефтяных загрязнений прибрежной зоны на основе анализа спутниковых снимков из облачной веб-платформы на примере загрязнения береговой полосы у порта Туапсе Коваль Глеб Ярославович, Чайка Антон Анатольевич.....</i>	<i>68</i>
<i>Снижение энергоемкости российской экономики. Потенциал аэрокосмической отрасли Козловцев Сергей Андреевич .....</i>	<i>73</i>
<i>Влияние дефицита кадров на космическую промышленность в России Колинько Ульяна Олеговна.....</i>	<i>75</i>

<i>Итерационная обработка изделий авиационной отрасли методами обратного проектирования Коробов Константин Сергеевич.....</i>	<i>80</i>
<i>Анализ возможности применения сверхзвукового полета в гражданской и деловой сферах Липатова Софья Витальевна, Широков Александр Игоревич .....</i>	<i>85</i>
<i>Решение задачи стабилизации спутника мини пакетным адаптивным методом случайного поиска (МАСП) Лобанов Александр Владимирович.....</i>	<i>89</i>
<i>Эксплуатация беспилотных летательных аппаратов при экстремально низких температурах Макарова Лариса Владимировна, Сатарова Валерия Игоревна .....</i>	<i>92</i>
<i>Оптимизация аэродинамических характеристик с использованием программного обеспечения Мухай Максим Александрович, Ситников Виталий Андреевич.....</i>	<i>99</i>
<i>Взгляд будущих инженеров на события Великой Отечественной войны Новосельцев Максим Леонидович ..</i>	<i>103</i>
<i>Разработка технологии беспроводной передачи данных между модулями кубсатов Предеин Клим Владимирович, Сухарев Денис Александрович.....</i>	<i>107</i>
<i>Разработка опытного пульта дистанционного управления БПЛА Прохоров Дмитрий Львович, Сертаков Вадим Владимирович .....</i>	<i>109</i>
<i>Исследование оценки пористости изделий, получаемых методом выборочной лазерной плавки металлов из металлопорошковых композиций Радыгина Дарья Петровна .....</i>	<i>114</i>
<i>Способ применения DTMF-сигналов в задачах дистанционного управления устройствами приёма Руденко Евгений Витальевич.....</i>	<i>117</i>

<i>Исследование лунного грунта с помощью реактивного пенетратора Рыкалин Андрей Владимирович, Языков Михаил Дмитриевич.....</i>	<i>123</i>
<i>Разработка прибора для формирования сигналов, необходимых для оценки уровня мышечной активности биоимпедансным методом Сазонов Олег Игоревич .....</i>	<i>127</i>
<i>Программный комплекс для обучения языку Matlab Самодина Кристина Марковна.....</i>	<i>129</i>
<i>Оценка структурных изменений УУКМ путем определения интегрального радиуса пор Сандин Антон Сергеевич, Матуляк Алиса Ивановна .....</i>	<i>132</i>
<i>Практическая разработка квадрокоптера и его программного обеспечения Сертаков Вадим Владимирович, Прохоров Дмитрий Львович.....</i>	<i>135</i>
<i>Применение беспилотных летательных аппаратов в целях ликвидации и предотвращения лесных пожаров Ситников Виталий Андреевич, Мухай Максим Александрович.....</i>	<i>138</i>
<i>Обоснования использования метода потенциалов для управления группой дронов Смирнов Иван Александрович..</i>	<i>144</i>
<i>Устройство подавления малогабаритных беспилотных летательных аппаратов Созинов Максим Олегович.....</i>	<i>148</i>
<i>Лингвистические аспекты патентного поиска Спасскова Софья Александровна.....</i>	<i>152</i>
<i>Форсирование двигателя ТРДДФ впрыском воды в форсажную камеру сгорания Спиринов Иван Викторович ....</i>	<i>158</i>
<i>Возможности метода гель-проникающей хроматографии для оценки молекулярно-массовых характеристик полистирола, используемого при изготовлении чувствительных микро- и наноустройств Старостина</i>	

<i>Екатерина Анатольевна, Дерен Екатерина Андреевна, Коновал Дарина Викторовна .....</i>	<i>163</i>
<i>Вибрационная защита пилотов винтокрылых летательных аппаратов Фёдорова Наталья Александровна .....</i>	<i>168</i>
<i>Создание командной радиолинии с использованием стандартных микросхем бытовых FM-радиоприемников Хохлова Анна Вадимовна .....</i>	<i>172</i>
<i>Стелс покрытия Хохлова Анна Юрьевна .....</i>	<i>177</i>
<i>Изучение влияния пандемии на объем авиaperевозок в России и сравнение этих показателей с общемировыми тенденциями Чайка Антон Анатольевич, Коваль Глеб Ярославович, Козлова Дарья Сергеевна.....</i>	<i>183</i>
<i>Улучшение аэродинамического качества самолета малой авиации путём применения аэродинамического акульего профиля Черкунов Максим Алексеевич .....</i>	<i>188</i>
<i>Беспилотный пожарный самолёт «GA Aircraft 70» Широков Александр Игоревич .....</i>	<i>196</i>
<i>Разработка измерительного комплекса основных параметров беспилотного летательного аппарата Юденков Вениамин Эдуардович, Лебитков Владимир Константинович Балакишина Дарья Вячеславовна.....</i>	<i>201</i>
<i>Анализ эффективности РКК «Морской старт» Языков Михаил Дмитриевич, Рыкалин Андрей Владимирович .....</i>	<i>205</i>

**Выступление перед аудиторией – это талант,  
искусство или навык, необходимый  
современному профессионалу?**

**Афонин Пётр Андреевич**

Научный руководитель – к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

[thekingofhopes@gmail.com](mailto:thekingofhopes@gmail.com)

Данная статья посвящена рассмотрению актуальной проблемы качества владения устной публичной речью, риторическим мастерством на современном этапе в молодёжной среде. В частности, речь идёт о молодёжных профессиях, востребованных на рынке труда. В статье приведен анализ публикаций по проблемам ораторского мастерства. Также было проведено исследование среди студентов 1-го курса по востребованности навыков качественной публичной речи.

*Актуальность* данной темы определяется участвовавшими примерами низкого качества речевого мастерства публичных людей - журналистов, политиков, а также блогеров в стремительно развивающейся среде Интернет-ресурсов.

*Цель:* Доказать, что мастерство публичного выступления является важным компонентом взаимодействия людей в социальной и профессиональной сфере современного общества

В труде Зубановой С. Г. «Риторика» [1], а также в трудах Маликовой А. М. и Борисовой К. Н. предоставлена базовая информация об ораторском мастерстве, его истории и классификации. Исследователи Шмелева Ж. Н. [3], Головченко П. П. и Бунтовский С. Ю. [2] проанализировали использование ораторского искусства в молодёжной среде.

Рассматриваемая в данной работе тема представляет собой освещение нового, неисследованного аспекта применения навыков ораторского искусства.

Риторика является неотъемлемой частью профессиональных компетенций любого квалифицированного специалиста и молодёжь (в РФ молодёжь до 35 лет) в данном случае не является исключением. Без практических навыков хорошей речи современный деловой преуспевающий человек немислим. Стремительные процессы глобального характера внесли большие изменения в условия функционирования языка. Процесс вхождения России в Болонскую систему образования требует сегодня перехода от простого «натаскивания на языки» к привитию обучаемым навыков аналитического мышления и развитию кругозора с помощью «усиления» социальной направленности задач обучения языку и культуре речи. Из стен современного университета должен выходить специалист, хорошо владеющий коммуникативными навыками, а также навыками деловой письменной речи, способный свободно владеть хотя бы одним иностранным языком [4; 109]. Из этого следует, что в наше время возросла необходимость развития навыков коммуникации (включая иноязычную коммуникацию) и ораторского мастерства у молодых специалистов.

Вместе с тем, в наше время значительно изменились условия социальной и профессиональной деятельности, это – в свою очередь - повлияло и на речевую культуру народа и возможности реализации риторического мастерства. Прежде всего, развитие интернета в значительной степени повлияло на риторику. Благодаря развитому медиа-пространству у людей появилось множество возможностей на

«площадках» (к примеру, Twitch, YouTube, VK, Instagram, Twitter и т.п.) реализовывать свои навыки ораторского искусства. Эта форма современного ораторства получила название «блогерство» и, на самом деле, является новым форматом журналистики. Блогерство настолько популярно, что с 2004 года в мире присуждается премия The Best of the Blogs, а в России с 2009 года - Блог Рунета. Пока в системе образования ни в колледжах, ни в вузах не учат блогингу. Блогер, то есть тот, кто ведёт свой блог, выступает по какой-либо тематике на публику.

Однако, не имея специальной речевой подготовки, навыков построения речи, работы над голосом и мелодическим рисунком, блогеры зачастую не понимают важности риторических навыков в воздействии на аудиторию, в удерживании её внимания и заинтересованности. В связи с этим их выступления становятся скучными и неинтересными. Из-за этого новой аудитории, только что пришедшей в интернет, прививаются неправильные вкусы и навыки.

Вместе с тем, в последнее время всё больше молодёжи приходит к пониманию важности и значимости владения мастерством устной публичной речи. Проведенный нами опрос среди студентов ИИЯ МАИ (более 100 респондентов) показал, что более 50 % опрошенных признают необходимость специального обучения современным формам и методам риторического мастерства.

В заключении подчеркнём: ораторское мастерство XXI века не стало менее актуальным в сравнении с предыдущими столетиями; оно развивается, обретает новые формы, помогая реализоваться людям в социальной и профессиональной сферах. Современные условия дали новый путь развития риторики при

условии изучения и использования опыта величайших ораторов античности и других предшествующих эпох.

Список использованных источников:

1. Зубанова С. Г. Риторика. М.: Полиграф-Информ. 2010. –132 с.
2. Головченко П. П., Бунтовский С. Ю. Важность ораторского искусства при работе с молодёжью и подбор кадров. Современные научные исследования и разработки. 2017. №3(11). С.98-101
3. Шмелёва Ж. Н. Развитие у студентов неязыковых специальностей навыков ораторского искусства на иностранном языке (из опыта красноярского ГАУ). Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. 2020. С.235-239
4. Зубанова С. Г. Коммуникативная компетенция в формировании профессиональной культуры студентов гуманитарного профиля. Проблемы филологии: язык и литература. 2010. № 2. С. 109-114

**Улучшение ЛТХ путем непосредственного  
управления подъемной силой крыла**

**Бикинеева Александра Павловна**

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

[nancydrew201098@gmail.com](mailto:nancydrew201098@gmail.com)

Усложнение поставленных задач, решаемых самолетами боевой авиации, влечет за собой необходимость постоянно улучшать их летно-технические характеристики, особенно устойчивость и управляемость на различных скоростях и высотах полета.

На разработки аэродинамического облика перспективных самолетов существенное влияние оказывают требования к тактике применения ЛА в ходе военных действий, а также достижения в области компьютерных технологий и программного обеспечения, создание авиационных средств поражения нового поколения. В связи с этим специалистами различных стран уже на протяжении нескольких лет предпринимаются попытки создания ЛА, имеющие высокие ЛТХ.

Инженеры всех стран уже долгие годы пытаются исправить недостатки традиционного «моментного» управления. Еще в СССР были созданы летающие лаборатории, которые использовали метод непосредственного управления аэродинамическими силами именно на сверхзвуковых маневренных самолетах. Однако из-за распада союза и нехватки финансирования программы были свернуты и не нашли практического применения.

На настоящий момент в Российской Федерации отсутствует маневренные сверхзвуковые самолеты, в которых используют НУПС для решения задач, связанных с маневрированием.

В данной работе рассматривается возможность улучшения ЛТХ на сверхзвуковом тяжелом истребителе, путем использования непосредственного управления подъемной силой при решении задач боевого маневрирования, а также задачи огибания рельефа местности, что особенно актуально в эпоху «гонки вооружений».

Данное исследование было проведено в комплексе с задачей улучшения ЛПХ путем использования непосредственного управления подъемной силой.

Цель исследования. Управление продольным движением с помощью руля высоты имеет ряд недостатков. Мы имеем большое время запаздывания в системах управления, потери в аэродинамике, а как следствие, и потери в ЛТХ.

Целью данного исследования является проблема применения системы НУПС на самолетах боевой маневренной авиации, с целью улучшения ЛТХ. В ходе работы был проведен сравнительный анализ традиционного управления и управления с использованием органов НУПС. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны введения данного вида управления в системы современной сверхзвуковой авиации.

Объектом исследования в данной работе является самолет-прототип - советский и российский многоцелевой сверхзвуковой тяжёлый истребитель четвёртого поколения Су-27, на котором никогда не применялось непосредственное управление подъемной силой при выполнении задач маневрирования.

Методологию исследования. Что же такое непосредственное управление подъемной силой и как оно реализуется?

Непосредственное управление подъемной силой (НУПС) - создание подъёмной силы за счёт дополнительных органов управления без изменения угла атаки и угла скольжения или изменение ориентации летательного аппарата без изменения аэродинамических нагрузок (перегрузки  $n$ ).

В качестве органов управления могут использоваться зависящие элероны, флаппероны, координированные отклонения переднего и хвостового горизонтального оперения, отклонения вектора тяги. Увеличение числа элементов органа управления позволяет создать новые формы движения самолета.

В ходе выполнения данного исследования был проведен ряд экспериментов по влиянию НУПС крыла на ЛТХ. Опыты выполнялись на летных стендах МАИ, а также на «рабочей станции» кафедры 106, с использованием приближительной математической модели самолета Су-27, с введением в нее автомата НУПС.

Эксперименты проводились с целью показать влияние НУПС на улучшение летных характеристик, в ходе выполнения задач маневрирования и задачи огибания рельефа местности. Также большую часть времени, потраченного на исследование, заняла работа по поиску в закрытых читальных залах и прочей узкой литературе материалов по нетрадиционным системам управления.

Результаты исследования. Для проведения данного исследования была взята модель самолета Су-27, где в систему управления были введены фильтры для организации непосредственного управления подъемной силой. Также были выведены передаточные функции входящие в данную СУ. Структурная схема системы, организованной в данной работе представлена на рисунке ниже.

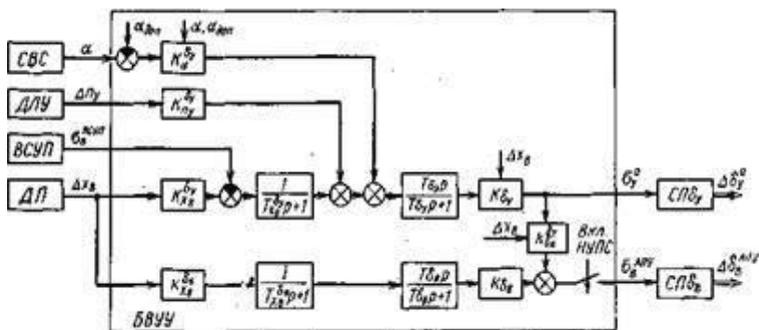


Рис.1. Структурная схема АНУПС

Эксперименты, которые были выполнены непосредственно на летном стенде лаборатории «НИЛ ПССЛ МАИ» показали, что, совместное отклонение традиционных и новых поверхностей управления позволяет изменить угловое положение самолета в пространстве без изменения траектории или изменить траекторию без изменения углового положения самолета, т. е. независимо изменять положение самолета по трем угловым и трем линейным координатам. Что прежде всего улучшает летные характеристики путем искусственного обеспечения устойчивости неустойчивого ЛА, что позволяет более полно использовать несущие свойства планера, исключить потери стабилизатора на балансировку, уменьшить потребный запас топлива. Кроме того, появляется возможность демпфирования упругих колебаний планера, активного подавления флаттера.

О существенном уменьшении времени запаздывания в системе управления и снижении перегрузок, а как следствие улучшения характеристик маневренности можно судить по переходным процессам, полученным на рабочей станции (см. рис.2).

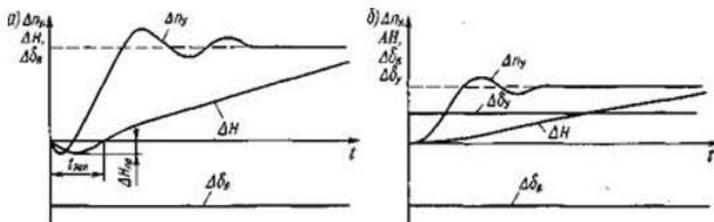


Рис.2. Переходные процессы по избыточной нормальной перегрузке и приращению высоты при ступенчатом отклонении руля высоты. (а-при традиционном управлении; б-при управлении с помощью НУПС)

Выводы. Наши зарубежные конкуренты давно применяют системы НУПС на сверхзвуковых самолетах, а все исследования в данной области в России давно были свернуты.

Данная исследовательская работа еще не закончена. Эксперименты еще ведутся, взвешиваются все минусы и плюсы систем управления с использованием непосредственного управления подъемной силой. Однако уже можно точно сказать, что использование таких систем существенно улучшает ЛТХ, а также сильно снижает время запаздывания и облегчает пилотирование в целом.

Список использованных источников:

1. Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др.; под ред. Г.С. Бюшгенса. —М.: Машиностроение, 2011.

2. Система самолет-летчик. Закономерности и математические модели поведения летчика. – М.: Изд-во МАИ, 2017.

3. Белгородский С.Л Автоматизация управления посадкой самолета. -М.: Транспорт, 1972.

4. Гуськов Ю.П., Загайнов Г.И. Управление полетом самолета. -М.: Машиностроение, 1991.

## **Социальная реклама и толерантность**

**Богатков Иван Сергеевич**

Научный руководитель - к.фил.наук, Тараненко А.В.

МАИ, Москва

[ivanbogatkov@gmail.com](mailto:ivanbogatkov@gmail.com)

Данная работа посвящена исследованию влияния социальной рекламы на толерантность в современном обществе. В частности, речь идет об определениях социальной рекламы и толерантности, а также исследовании среди студентов Московского авиационного института.

*Актуальность* данной темы определяется большим влиянием рекламы и социальной, в частности, на толерантность в обществе в условиях глобализации и повышенным интересом молодежи к этой теме.

*Цель:* доказать, что социальная реклама может сделать многое для повышения уровня толерантности в современном обществе.

В работе Земскова С. Б. «Социальная реклама как коммуникационный процесс управления» объяснены особенности социальной рекламы. Исследователь Киуру К. В. в своем исследовании «Фотография в социальной рекламе толерантности как инструмент визуализации проблемы» дает определение понятию «толерантность» и определяет ее типы. В трудах Дедкова И. В., Машанов А.А. и Виниченко В. А. речь идет о важности толерантности в сегодняшнем обществе, а также прогнозируется развитие этой темы в России.

Социальная реклама – это вид коммуникации, суть которого заключается в информировании общества о социальных проблемах. Такая реклама направлена на общественность с целью усиления ее вовлеченности в социально полезную активность, которая действует в пределах привычных для данного общества духовных и моральных ценностей, благодаря чему обеспечивается способность общества к саморегуляции. [1, с. 76]. Если коммерческая реклама нацелена на прибыль, то социальная реклама ставит перед собой цель поднять в обществе важные вопросы и принести тем самым пользу. Обычной темой для социальной рекламы является курение, наркотики, алкоголизм, здоровый образ жизни, патриотизм, вегетарианство, забота об экологии и т. д. В последнее время одной из тем социальной рекламы стала толерантность. Это связано с тем, что социальная реклама играет важную роль в формировании определённых психологических и поведенческих стереотипов, мировоззрения, эстетических вкусов, социальных ценностей, стиля жизни, нравственных ценностей и т. д.

Сегодня под термином «толерантность» понимается как терпимость к иной культуре, иному мировоззрению, иной вере, доверительность, соответствующее понимание и т.д., так и сосуществование в рамках определенных отношений, в том числе и в процессах взаимодействия [5], Например, такой исследователь, как Киуру К. В. делит толерантность на три типа: социальная, этническая и личностная. [4, с. 314]

Особенно актуально в последнее время стоит вопрос, связанный с этической толерантностью как в России, так и во всем мире. Так, в 2016 году в России была проведена Программа гармонизации

межнациональных и межконфессиональных отношений в Ленинградской области [6]. Для стимулирования толерантности в обществе французское креативное агентство Publicis Conseil провело рекламную кампанию для Международной лиги против расизма и антисемитизма (LICRA).

Вместе с тем, в последнее время всё больше молодёжи приходит к пониманию важности и значимости толерантности в современном мире. Проведенный нами опрос среди студентов МАИ (более 50 респондентов) в начале сентября 2021 года показал, что студенты считают проблему толерантности важной для сегодняшней России. Более 85% опрошенных считают, что социальная реклама способна повлиять на толерантность в обществе. Опрос показал, что именно благодаря интернету респонденты (более 80%) узнали о толерантности в социальных сетях и Интернет-СМИ. В ходе исследования было выявлено, что только 30% студентов обращают внимание на социальную рекламу. Вместе с тем 75% респондентов уверены в том, что социальная реклама должна быть обращена на молодежную аудиторию. 58,7% считают, что ее надо размещать в образовательных учреждениях. 84,7% уверены в том, что подобная тематика в социальной рекламе важна и она может повлиять на повышение уровня толерантности в обществе в целом.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что тема толерантности в социальной рекламе еще довольно молода относительно других тем, укоренившихся в сознании людей. Социальная реклама должна доносить идею толерантности до каждого, искать отклик у максимального количества людей, особенно молодых. Уже сегодня тема толерантности является одной из важных тем для российской молодёжи. Хочется верить

в то, что в скором времени в социальной рекламе станут больше затрагивать подобные вопросы, тем самым повышая уровень взаимоуважения среди населения и уменьшая количество конфликтов в современном многонациональном обществе.

Список использованных источников:

1. Виниченко В. А. Социальная реклама как средство формирования толерантности общества в современных условиях//Мир науки. Социология, филология, культурология. - 2017. - №3. – С.1-5.
2. Дедкова И. В. Социальная реклама. Тенденции развития социальной рекламы. //Известия института систем управления СГЭУ. - 2021. - №1 (23). - С.42-45.
3. Земсков С. Б. Социальная реклама как коммуникационный процесс управления.// Власть. - 2009. - № 10. - С.41-44.
4. Киуру К. В. Фотография в социальной рекламе толерантности как инструмент визуализации проблемы. // Материалы конференции «Мультимедийная журналистика 01-02 марта 2018 года». Минск, 2018, С.313-316.
5. Машанов А. А. Толерантность и межэтническая толерантность. //Современные вызовы и психологические ресурсы. - 2021. - С.132-161
6. Распоряжение Администрации муниципального образования Подпорожского муниципального района Ленинградской области от 09 сентября 2016 г. №580 «Гармонизация межнациональных и межконфессиональных отношений в Подпорожском муниципальном районе на 2016-2020 годы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://podadm.ru/ekonomika/munitsipalnye-programmy/Files\\_PMR/MP\\_Harmony\\_izm.pdf](http://podadm.ru/ekonomika/munitsipalnye-programmy/Files_PMR/MP_Harmony_izm.pdf). Дата обращения: 31.08.2021.

**Методика технологического проектирования  
процессов аддитивного производства методом**

**выборочной лазерной плавки  
металлопорошковых композиций**

**Брыкин Вениамин Андреевич,  
Добрянский Василий Николаевич**

Научный руководитель – к.т.н. Рипецкий А.В.

МАИ, Москва

[benbrykin@gmail.com](mailto:benbrykin@gmail.com)

Аддитивное производство изделий из металлопорошковых композиций (МПК) позволяет получить изделия, обладающие значительными конкурентными преимуществами, в сравнении с изделиями, полученными традиционными методами производства. В данный момент, это направление активно развивается, позволяя добиваться новых свойств и технических характеристик наукоемкой продукции. Одним из драйверов этого направления является печать из металлопорошковых композиций методом выборочной лазерной наплавки. Такая печать – комплексный процесс, результат которого, как и качество конечного изделия, завязан на множестве факторов: геометрических характеристик изделия, свойств материала, технологических параметров процесса плавки. Подбор последних – комплексная задача, возникающая перед инженером-технологом. С развитием технологий и появлением новых перспективных материалов для выращивания изделий методом выборочной лазерной плавки оперативное решение технологических задач и быстрый переход от этапа изготовления опытных образцов к изготовлению функциональных деталей становится особенно важным.

Целью данной работы стала разработка методики проведения экспериментальных исследований по подбору технологических параметров, которая бы позволила максимально сократить период отработки процесса выборочной плавки МПК и быстро переходить от исследования механических свойств к непосредственному изготовлению наукоемких изделий.

В данной работе предложена программа экспериментов по подбору технологических параметров процесса аддитивного производства методом выборочной лазерной плавки металлопорошковых композиций. Разработаны критерии для оценки сварного шва, образующегося в процессе печати. Этими критериями стали непрерывность и постоянная ширина трека, а также геометрическое соответствие сварного шва цилиндрической формы. В качестве дополнительных критериев для оценки трека предложены скорость сканирования – высокая скорость сканирования, при условии обеспечения стабильного сварного шва, удовлетворяющего основным критериям оценки, позволяет сократить время печати и добиться экономии инертного газа (аргона), необходимого для обеспечения процесса выборочной лазерной плавки.

В исследовании представлена процедура технологического проектирования, технологической подготовки и мониторинга экспериментов по поиску сварного шва для процесса лазерной плавки порошковых материалов (single track test). Показана зависимость между комплексом технологических параметров процесса лазерной плавки и конечными свойствами образцов из алюминиевого сплава AlSi10Mg. Программа экспериментов выполнена на установке выборочной лазерной плавки AddSol D250 (Additive Solutions). Для технологической подготовки

экспериментов использовалось отечественное программное обеспечение «Программный компонент технологической подготовки производства» (ПКТПП), разработанное в лаборатории кафедры 904 «Инженерная графика» МАИ.

Для процедуры исследования сварного шва в работе представлен рабочий процесс технологической подготовки запуска экспозиции. С помощью разработанной методики возможно определить значение энергетического вклада для экспозиции единичного трека за один эксперимент с точностью до 25 Вт для параметра мощности прожига и до 100 мм/с для параметра скорости сканирования. Это позволяет сократить этап отработки паттерна экспонирования единичного слоя нового порошкового сплава до 1 дня, затратив на это не более 15 грамм МПК.

В результате проведенного исследования:

1. Предложена методика нахождения оптимального коридора технологических параметров процесса выборочной лазерной плавки с точностью значения энергетического вклада до 4 Джоуль/мм<sup>3</sup>.
2. Сформирован алгоритм проведения экспериментов, включающий технологическую подготовку эксперимента, пуско-наладочные работы на отечественной установке выборочной лазерной плавки, проведение исследования сварных швов методом электронной микроскопии, а также дальнейшую настройку параметров технологического процесса.
3. Цикл экспериментов, проведенный по предложенной в работе методике, показал снижение затрат МПК на эксперимент на 20%, а также оптимизация времени технологического проектирования программы экспериментов на 40%.

Полученные результаты исследования и предлагаемая методика могут быть использованы для технологического проектирования 3D-печати по технологии DMLS/LPBF и управления механическими и микроструктурными свойствами изделий, полученных этим методом.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, номер темы FSFF-2020-0017.

Список использованных источников:

1. Hyer H. et al. Understanding the laser powder bed fusion of AlSi10Mg alloy //Metallography, Microstructure, and Analysis. – 2020. – Т. 9. – №. 4. – С. 484-502.
2. Yadroitsev I. et al. Single track formation in selective laser melting of metal powders //Journal of Materials Processing Technology. – 2010. – Т. 210. – №. 12. – С. 1624-1631.
3. Makoana N. W. et al. Characterization of 17-4PH single tracks produced at different parametric conditions towards increased productivity of LPBF systems—the effect of laser power and spot size upscaling //Metals. – 2018. – Т. 8. – №. 7. – С. 475.
4. Xing W. et al. Recognition and classification of single melt tracks using deep neural network: A fast and effective method to determine process windows in selective laser melting //Journal of Manufacturing Processes. – 2021. – Т. 68. – С. 1746-1757.
5. Di W. et al. Study on energy input and its influences on single-track, multi-track, and multi-layer in SLM //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2012. – Т. 58. – №. 9. – С. 1189-1199.

## **Совершенствование геометрии инструмента и пути повышения его износостойкости**

**Волков Кирилл Александрович**

Научный руководитель – Денисов Л.В.

МАИ, Москва

[kirill.v99@list.ru](mailto:kirill.v99@list.ru)

Целью данной работы является снижение трудоемкости и повышение качества изготовления детали путем совершенствования геометрии инструмента, работающего на прогрессивных режимах резания, обеспечивающего как производительность, так и требуемую шероховатость поверхности. Исключена операция шлифования, предложены чистовые режимы резания, а также комплексная геометрия инструмента, обеспечивающая необходимую форму детали.

На сегодняшний день стремительными темпами развивается отечественная авиационная промышленность. Использование электроэрозии позволяет достичь высокой точности обработки деталей, низкой шероховатости обработанной поверхности и малой зависимости производительности от механических свойств обрабатываемых материалов. Именно поэтому вопрос оптимизации инструмента, использование более технологичных материалов при изготовлении инструмента является наиболее актуальным в современном авиастроении.

Деталь – конус препарации - установлена на двигатель под названием «Изделие 67». Он создан на базе авиационного двухконтурного турбореактивного двигателя АИ-222-25 и на данный момент является экспериментальным, так как производится его модернизация: отработка конструкции, технологии и снятие технических характеристик. Деталь

располагается на валу двигателя и крепится к корпусу при помощи болтов. Деталь является элементом конструкции крепления системы взаимодействия с тензодатчиком для снятия определенных рабочих характеристик: нагрев, скорость вращения и т.д. Конус препарации работает в условиях высокой температуры, контактного напряжения и интенсивного трения скольжения. Через некоторые отверстия проходят провода, поэтому острые кромки необходимо полировать, что исключено в предлагаемом техпроцессе. Микротвердость рабочих поверхностей конуса должна быть достаточно высокой, чтобы уменьшить их износ при работе на высоких скоростях и температуре. Поэтому для изготовления применяется сталь марки 12X18H9T с последующей объемной закалкой. Проведен расчет технологической оснастки на прочность. Анализ заключался в определении запаса прочности при закреплении детали в приспособлении. По итогу компьютерного моделирования был построен график, определяющий силу, при которой деталь имеет оптимальный запас прочности; определен момент затяжки гаек, предотвращающий смещение детали в процессе обработки.

Выбрана естественная схема прокачки жидкости, за счет быстрых возвратно-поступательных движений электрода-инструмента в зоне обработки. Для осуществления таких движений предлагается применять систему линейных сервоприводов. В электроэрозионных прошивных станках с инертными и тихоходными шарико-винтовыми приводами струйная прокачка – всегда опасность брака вследствие неполной эвакуации шлама! Организация прокачки в каждом случае зависит от формы электрода, глубины и направления обработки и не поддается стандартизации. Когда форма электрода

сложная, струйная прокачка не решает проблемы. Если оператор не виртуоз и не останавливает процесс, чтобы перенацелить сопла – брак неизбежен! Принцип работы линейных сервоприводов заключается в том, что электрод работает как поршень насоса, динамично и быстро перемещаясь вверх-вниз, эвакуируя продукты эрозии несравнимо эффективнее струйной прокачки.

Обычно, для формирования поверхности детали применяют серию инструментов. В начале процесса обработки снимают основной объем материала заготовки, при котором происходит наибольший износ инструмента. Следующим этапом, электродом той же формы, доводят грани, а при помощи последнего уже калибруют геометрию детали. В нашем случае форма инструмента достаточно сложная, её целесообразно фрезеровать на станке с числовым программным управлением. Следовательно, необходимо сократить количество инструментов до минимума (для черновой обработки и для чистовой обработки). Вследствие этого становится актуальным рассмотрение вопроса о снижении скорости износа инструмента при электроэрозионной обработке.

Разрушение инструмента - явление крайне нежелательное, так как на это бесполезно затрачивается энергия, снижается точность обработки детали и сам процесс становится неэкономичным. Уменьшить износ инструмента можно несколькими способами. Одним из них является осаждение графита на электрод. В процессе обработки детали, создаются условия, при которых износ инструмента компенсируется осаждением слоя углерода на его рабочей поверхности в результате разложения углеродсодержащих жидкостей. Чтобы износ полностью прекратился, нужно добиться равновесия между удаляемым материалом за счет эрозии и материалом,

осаждающимся на инструмент. Этого, в свою очередь, можно достичь благодаря так называемому импульсу «гребенка».

Другим решением проблемы износа электрода из графита и меди может быть использование iQ-технологии, при которой уменьшается число импульсов при обработке, тем самым уменьшая разрушение инструмента. При iQ-генераторе один и тот же участок материала не разрушается повторно, так как разрушенный материал быстро удаляется из зазора, благодаря чему эффективность каждого импульса повышается. Что касается скорости обработки, то в ряде некоторых случаев она даже увеличивается, не говоря уже о противоположном эффекте. Боковой искровой зазор уменьшается, так как боковые грани контролируются отдельно со своими наложенными ограничениями.

Список использованных источников:

1. Технология электроэрозионной обработки/ Фотеев Н.К. - Москва, М.: Машиностроение, 1980, 184 с. ил. — (Б-ка технолога).
2. Справочник по электроэрозионной обработке материалов/ Немилев Е.Ф. —Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.— 164 с: ил.
3. Чернышёв К.А. Пути снижения износа электрода-инструмента при электроэрозионной обработке // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 233-233;
4. Журнал «Снижение затрат на прошивку» [http://galika.ru/wp-content/uploads/2013/03/Statya\\_Snizhenie\\_zatrat\\_na\\_proshivku.pdf](http://galika.ru/wp-content/uploads/2013/03/Statya_Snizhenie_zatrat_na_proshivku.pdf)

**Новое поколение средств отображения полетной информации как средства подавления негативных эффектов попадания самолета в зону интенсивной атмосферной турбулентности на этапе посадки**

**Воронка Татьяна Владимировна,**

**Щербаков Александр Игоревич,**

**Тяглик Михаил Сергеевич**

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

МАИ, Москва

tatyana.voronka8@mail.ru

Безопасность полета является одним из основных вызовов, сформулированных как в отечественной программе развития авиационной техники, так и международной. Анализ статистики авиационных происшествий за последние 30 лет показывает, что на 6% летного времени приходится 75% авиационных происшествий, при этом на долю ошибок пилотов отводится 66% всех катастроф.

Как правило, аварии являются следствием ряда факторов таких, как отказ системы управления, резко изменяющий динамику объекта управления, а также атмосферные возмущения: турбулентность, постоянные сильные ветры, сдвиг ветра, вихри, в том числе и от впереди летящего самолета. Попадание в вихри или сдвиг ветра значительно усложняет процесс пилотирования, так как это приводит к резкому и существенному изменению углового положения самолета, скорости и высоты полета и, как следствие, к увеличению вероятности выхода на критические режимы. При этом летчик должен действовать быстро и координировано в нескольких каналах управления, что существенно увеличивает его нагрузку.

Одним из перспективных средств повышения точности и безопасности пилотирования является создание перспективных средств отображения информации, которые также, как и система управления, должны разрабатываться исходя из знания закономерностей системы «Самолет-летчик». Работа посвящена изучению эффективности и принципов построения таких систем, основанных на методах моделирования применительно к выполнению задачи посадки в условиях сдвига ветра, микровзрыва, а также вихревого следа от пролетевшего ранее самолета.

Поставленные задачи:

1. Проведение экспериментальных исследований по оценке эффективности системы отображения информации при попадании в вихревой след.

При проведении исследований рассматривались следующие варианты:

- влияние массы пролетевшего ранее самолета на последствия попадания в вихревой след;
- влияние дальности расположения вихря от ВПП;
- минимизация последствий попадания в вихревой след при наличии информации о нем от наземных служб.

Вихревой след моделировался эмпирически с применением инженерной модели двух-вихревой системы [1], рассчитанной на основе базы данных вихревых следов NASA.

2. Проведение экспериментальных исследований по оценке эффективности системы отображения информации при попадании в микровзрыв.

Необходимо было реализовать на пилотажном стенде модель микровзрыва, предложенную V. Ivan в работе [2]. Эта модель представляет собой трехмерное

вихревое поле, симметричное относительно оси, в которой выделяется тороидальная область – «ядро».

Для оценки точности выполнения задачи посадки вычислялись среднеарифметические значения СКО параметров, усредненные по трем летчикам-операторам.

Проведение экспериментальных исследований по оценке эффективности системы отображения информации при попадании в сдвиг ветра.

Исследования проводились для семи различных условий посадки:

–без влияния ветра;

–посадки с предельными профилями сдвига ветра (двумя вариантами продольного, двумя вариантами вертикального и двумя вариантами бокового сдвигов ветра).

Моделирование сдвига ветра было осуществлено на основе данных, полученных в работе И.В. Стрельца [3].

Для учета влияния турбулентности на динамику движения самолёта в лаборатории МАИ была разработана и реализована математическая модель взаимодействия самолета и ветровых возмущений.

Анализ полученных результатов:

Для минимизации негативных последствий от попадания в ветровые возмущения предложено использовать систему отображения прогнозной информации, параметры которой выбирались путем проведения математического моделирования системы самолет-летчик. Все эксперименты были выполнены на пилотажном стенде.

Экспериментальные исследования по оценке эффективности использования разработанной системы отображения прогнозной информации при попадании самолета в вихревой след показали, что использование индикации позволяет сохранить разбросы относительно

глиссады в пределах 1.5-2 метров для различной интенсивности и местоположения вихря относительно взлетной полосы и в среднем позволяет в 1.5-2.5 раза увеличить вероятность выполнения летчиком посадки.

Использования штатных средств захода на посадку для парирования ветровых возмущений, вызванных микровзрывом, также недостаточно, поэтому необходимо применение средств отображения дополнительной информации. Экспериментальные исследования, проведенные в МАИ, показали высокую эффективность использования такой индикации. При ее использовании отклонения от глиссады не превышают 2-х метров даже при попадании в ветровое возмущение, вызванное микровзрывом.

При исследовании в условиях сдвига ветра было показано, что использование индикации при движении по глиссаде позволило уменьшить разбросы координат на 80-90%, уменьшить разбросы по скорости до 20%. При этом разбросы по координатам при использовании предложенной индикации не превышают 1.5-2 метров для всех исследовавшихся вариантов.

Уменьшение разбросов параметров движения на этапе посадки, которое произошло при использовании системы отображения прогнозной индикации, свидетельствует об улучшении точности и повторяемости результатов, что говорит о повышении безопасности выполнения посадки даже в неблагоприятных условиях.

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).

Список использованных источников:

1. Shen, S. Numerical modeling studies of wake vortices: real case simulations / S. Shen, F. Ding, J. Han et al. // AIAA Paper. — 19 99. — № 0755.

2. Ivan M., A ring-vortex downburst model for real-time flight simulation of severe wind-shear. AIAA Flight Simulation Technologies Conf., July 22–24, 1985, St.Louis, Miss., pp.57–61

3. Стрелец И.В., Моделирование захода на посадку и посадки воздушных судов в условиях предельных профилей сдвига ветра, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва 2000 г. Стрелец И.В., Моделирование захода на посадку и посадки воздушных судов в условиях предельных профилей сдвига ветра, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва 2000 г.

## **Технологические аспекты получения УККМ**

**Горохов Артемий Сергеевич,**

**Диденко Анна Александровна,**

**Сукманов Игорь Владимирович**

Научный руководитель – к.т.н. Астапов А.Н.

[gorohov.artemiy@yandex.ru](mailto:gorohov.artemiy@yandex.ru)

В настоящее время получение сверхвысокотемпературных (СВТ) материалов является актуальной задачей. Модификация жаропрочных углеродсодержащих композитов тугоплавкими соединениями позволяет повысить их окислительную стойкость и таким образом увеличить рабочий ресурс при эксплуатации в кислородсодержащих средах, в том числе в скоростных высокоэнтальпийных потоках газов [1, 2]. В отличие от СВТ керамик технология производства углеродсодержащих композитов позволяет получать крупногабаритные изделия сложного профиля. Однако в технологии СВТ углерод-керамических композиционных материалов (УККМ) необходимо решение ряда задач: разупрочнение

углеродных волокон, обеспечение кинетической и термодинамической совместимости между компонентами матрицы и армирующего наполнителя, повышение стойкости к окислению, эрозии и абляции. Целью настоящей работы было обоснование технологического процесса получения СВТ УККМ в условиях сосуществования керамической и пироуглеродной составляющих матрицы.

Предложена схема технологического процесса изготовления опытных образцов из СВТ УККМ. Она включает следующие этапы:

- получение препрега путем пропитки углеродной ткани связующим, содержащим суспендированный полидисперсный порошок тугоплавких соединений;
- формование заготовок и отверждение смолы при температуре 220-230°C и удельном давлении 600 кг/см<sup>2</sup>;
- карбонизацию в среде инертного газа при атмосферном давлении и температуре 800-900°C;
- термообработку заготовок при 1900-2200°C и давлении разрежения в восстановительной среде (например, в аргоне) для реакционного спекания и формирования керамической матрицы;
- пироуплотнение заготовок в среде метана при температуре 900-1000°C и давлении 30-40 мм рт. ст.

Проведена апробация предложенной схемы технологического процесса. В качестве армирующего компонента использовали ткань марки Урал (ОАО «Светлогорскхимволокно»), полученную саржевым плетением углеродных волокон на основе гидратцеллюлозы. В качестве связующего применяли разработанный сополимер, полученный соконденсацией смолы 143-115 (раствор полидиметилфенилсилазана в толуоле) и эпоксидной смолы ЭД-20 при мольном соотношении исходных полимеров (ЭД-20/143-115)

0,31. В качестве наполнителя использовали порошковую композицию в системе Hf-Nb-TiC-TiB<sub>2</sub>-V<sub>4</sub>C. Получены данные, отражающие динамику изменения плотности, открытой пористости, удельной поверхности и интегрального размера пор образцов на всех стадиях технологического передела – вплоть до стадии пироуплотнения включительно. Представленные данные подтверждают практическую реализацию разработанного технологического процесса.

В соответствие с указанной последовательностью были получены опытные образцы СВТ УККМ. Образцы характеризуются пористостью 7-18 %. По данным растровой электронной микроскопии углеродные волокна наравне с пироуглеродом препятствуют массопереносу в твердофазных реакциях взаимодействия тугоплавких компонентов. Порошковый наполнитель, консолидированный в пространстве между углеродными волокнами, не вступает в процесс реакционного спекания. Следует обратить внимание, что формирование керамической матрицы должно предшествовать пироуплотнению несмотря на то обстоятельство, что матрица отчасти препятствует объемному осаждению пироуглерода. При обратной последовательности (пироуплотнение, а затем высокотемпературная термообработка) затрудняется синтез керамической матрицы, так как пироуглерод осаждается на поверхности тугоплавких соединений, что препятствует процессам реакционного синтеза.

В целом следует отметить, что уровень технологии не позволяет получать изотропные материалы, поэтому эти формальные «недостатки» необходимо компенсировать в процессе доработки изделий путем дополнительной пропитки, нанесения защитного покрытия и пр. Таким образом, чтобы получать

беспористые изделия требуется контролировать свойства на каждом этапе технологического передела.

Работа выполнена в рамках гранта РФФ по мероприятию «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» Президентской программы исследовательских проектов (Соглашение № 19-79-10258 от 08.08.2019 г.).

Список использованных источников:

1. Jin X., Fan X., Lu C., Wang T. Advances in oxidation and ablation resistance of high and ultra-high temperature ceramics modified or coated carbon/carbon composites // Journal of the European Ceramic Society. – 2018. – Vol. 38, No. 1. – P. 1–28. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2017.08.013.

2. 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.

## **Улучшение летно-пилотажных характеристик путем непосредственного управления подъемной силой крыла**

**Гришина Алена Юрьевна**

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

МАИ, Москва

[alegrish@icloud.com](mailto:alegrish@icloud.com)

Условия настоящего времени изменяют взгляды на боевое применение авиации и ставят перед ВВС новые задачи. Война «моторов» становится войной информационной, в которой вероятность победы будет

в большей степени зависеть не от характеристик в самом бою, а от возможности занять предпочтительную позицию для атаки, вовремя уклониться или успешно выйти из боя.

Многие задачи пилотирования требуют от летчика высокой точности их выполнения. К ним относятся задача прицеливания, задача дозаправки топливом в полете, полет строем, посадка на палубу авианосца и др. Во всех этих задачах летчик с повышенным вниманием воспринимает перемещения самолета (по тангажу, высоте и т.д.), сравнивает их текущие значения с требуемыми и в случае ошибки отклоняет рычаг управления таким образом, чтобы свести ошибку пилотирования до заданного уровня или к нулю.

В данной работе рассмотрена проблема применения системы НУПС на самолетах боевой маневренной авиации, с целью улучшения ЛПХ. Проведен сравнительный анализ переходных процессов при традиционном управлении и управления с использованием НУПС. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны введения данного вида управления в системы современной сверхзвуковой авиации.

В качестве объекта исследования выбран самолет-прототип Су-35, российский многоцелевой сверхманевренный истребитель с управляемым вектором тяги поколения 4++, на котором никогда не применялось непосредственное управление подъемной силой при выполнении задач точного пилотирования.

Методология исследования. Непосредственное управление подъемной силой (НУПС) — это создание подъемной силы за счёт дополнительных органов управления без изменения угла атаки и угла скольжения или изменение ориентации летательного аппарата без

изменения аэродинамических нагрузок (перегрузки  $n$ ). Увеличение числа элементов органа управления позволяет создать новые формы движения самолета.

В ходе выполнения данного исследования был проведен ряд экспериментов по влиянию НУПС крыла на ЛТХ. Опыты выполнялись на летных стендах МАИ, а также на «рабочей станции» кафедры 106, с использованием приближительной математической модели самолета Су-35, с введением в нее автомата НУПС.

Результаты исследования и выводы.

После решения математической составляющей задачи, а также выведения всех передаточных функций, полученной системы управления, было проведено математическое моделирование на рабочей станции лаборатории «НИЛ ПССЛ МАИ», которое показало следующее.

Из частотных характеристик видно, что использование непосредственного управления аэродинамическими силами расширяет возможности применения летательного аппарата, повышает его эффективность в 2 раза. Две формы движения — III и IV (см.) — придают летательному аппарату новые динамические свойства при стабилизации угловых и линейных координат, приближая их к интегрирующему звену по регулируемому параметру. За счёт этого существенно упрощается ручное управление летательным аппаратом, повышается точность стабилизации и управления угловыми и линейными координатами.

Эти формы движения могут быть полезными лётчику при дозаправке в воздухе, полёте строем, заходе на посадку и при посадке, для точной стабилизации угла тангажа и курса, компенсации сноса

самолёта боковым ветром, а также в ряде других более сложных задач, требующих точного управления комбинациями линейных и угловых координат. При построении систем автоматического управления летательного аппарата введение непосредственного управления аэродинамическими силами в III и IV (см. рис.2) формах движения облегчает построение контура стабилизации полёта, упрощает решение задачи обеспечения устойчивости замкнутой системы «лётчик — самолёт».

Форма движения	Продольное движение	
	Задача управления	Характерные параметры*
I	Управление скоростью	$V \neq \text{const}$ $n_y \neq \text{const}$ $\alpha = \text{const}$
II	Управление тангажом	$\vartheta \neq \text{const}$ $\alpha \neq \text{const}$ $n_y \neq \text{const}$ $V \neq \text{const}$
III	Управление изолированными тангажом	$\vartheta \neq \text{const}$ $\alpha = \text{const}$ $n_y \neq \text{const}$ $V = \text{const}$
IV	Управление вертикальным перемещением	$n_y \neq \text{const}$ $\alpha \neq \text{const}$ $\vartheta = \text{const}$ $V = \text{const}$
V	Управление поворотом фюзеляжа	$\vartheta \neq \text{const}$ $\alpha \neq \text{const}$ $n_y = \text{const}$ $V = \text{const}$

Рис.1. Таблица форм продольного движения

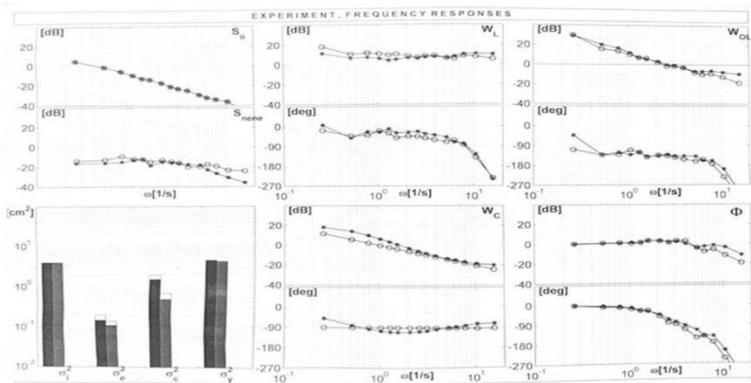


Рис 2. Частотные характеристики самолета с НУПС и без (\*- с применением НУПС)

V форма движения обеспечивает изменение угловой ориентации летательного аппарата при неизменной траектории движения. Это свойство летательного аппарата с непосредственным управлением аэродинамическими силами может быть полезным, в частности при решении некоторых задач управления при полётах на малых высотах и во всех случаях, когда при обычном управлении движением летательным аппаратом по траектории возникает нежелательное изменение его угловой ориентации. Прямой эффект от V формы — расширение зон обзора.

Также применение НУПС значительно снижает перегрузки, действующие на летчика в процессе выполнения задач сложного пилотирования, существенно снижается шум от летчика, повышается устойчивость по скорости, что дает летчику, например при заходе на посадку на палубу авианосца дополнительно не работать сектором газа. Однако, на современных маневренных ЛА она не используется, а обширные испытания в данной сфере завершили еще при СССР.

Основным минусом, выявленным в опытах с использованием НУПС является то, что в широком диапазоне режимов полёта необходимы высокая степень автоматизации и применение цифровой вычислительной техники. Организация НУПС на летательном аппарате оказывает влияние на его облик и может привести к некоторому ухудшению его лётных данных. Однако, в наше время возможно изготовить мощные привода, без существенных потерь в ЛТХ, а наоборот и с улучшением, что доказывает работа «Улучшение ЛТХ путем непосредственного управления подъемной силой крыла».

Список использованных источников:

1. Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко и др.; под ред. Г.С. Бюшгенса. —М.: Машиностроение, 2011.

2. Система самолет-летчик. Закономерности и математические модели поведения летчика. – М.: Изд-во МАИ, 2017.

3. Белгородский С.Л Автоматизация управления посадкой самолета. -М.: Транспорт, 1972.

4. Гуськов Ю.П., Загайнов Г.И. Управление полетом самолета. -М.: Машиностроение, 1991.

### **Разработка мониторингово-спасательной змееподобной робототехнической системы**

**Должанский Михаил Павлович**

МАИ, Москва

Научный руководитель – Качалин А.М.

[misha\\_dolzhanskii@mail.ru](mailto:misha_dolzhanskii@mail.ru)

Рассматривается вопрос по созданию змееподобной робототехнической системы для ее

реализации и последующего использования в определенных чрезвычайных ситуациях, таких как:

- террористические акты;
- землетрясения;
- иные виды природных катаклизмов (цунами, «оползни» и др.)

В работе решается задача по проектированию мониторингово-спасательной змееподобной робототехнической системы (МСЗРС). Решение включает в себя разбор ситуаций, в которых существующим современным робототехническим системам (РС) из-за их габаритных составляющих или иных конструктивных особенностей (способа передвижения РС) разрушенные части конструкций или сооружений не позволят получить всей необходимой информации о состоянии внутри объекта, а также о состоянии людей, которые пострадали от разрушения.

Небезызвестное Спитакское землетрясение (Ленинканское), произошедшее в Армянской ССР в 1988 году, разрушило практически весь север республики, затронуло 21 город, а также 350 сел, из которых 58 были полностью разрушены. Эпицентром являлся город Спитак, где сила толчков оценивалась в 10 баллов из 12. Землетрясение затронуло не только северную часть республики, но и часть Турции с Грузией. Около 25 тысяч человек погибли, 140 тысяч стали инвалидами, 514 тысяч человек осталось без крыши над головой.

В подобных катастрофических ситуациях спасательным бригадам очень сложно ориентироваться из-за недоступности проникновения во внутрь объекта. Для сокращения времени поисков пострадавших, которые могли оказаться под завалами разрушенных зданий, но не способных выбраться самостоятельно, а

также для понимания, какую часть развалин стоит ликвидировать в первую очередь, чтобы вытащить пострадавших, использование МСЗРС является перспективным направлением в решении данной проблемы.

При работе над проектом были изучены аналоги и иные РС, способные обеспечивать необходимые мониторингово-спасательные задачи, выявлены проблемы и недостатки при их использовании. Были также изучены проблемы использования самих РС в чрезвычайных ситуациях. Существующие в настоящее время РС для спасательных работ имеют следующие недостатки:

1. Габариты РС не позволяют проникнуть в некоторые части завалов, в связи с чем могут возникнуть проблемы с поиском пострадавших.

2. Способы передвижения. Колесный способ и гусеничный способ передвижения РС может не оправдать себя при преодолении таких препятствий, как камни или более габаритные обломки конструкций, не говоря уже о подъеме на определенную высоту (вертикальная лестница, если та не разрушена).

3. Автономность. Многие аналоги имеют проводное подключение к системе управления РС, что может помешать дальности проходимости или управлению РС при очередном обвале на аналоговое подключение во время поиска.

Проект МСЗРС лишен данных недостатков ввиду своей конструктивной особенностью: внешне и по характеру движения он похож на обыкновенную змею, которая благодаря своей гибкости, особенностям строения и габаритам способна проникать в самые узкие места, при этом преодолевая некоторой высоты препятствия. В качестве аналога «тела» змеи

предлагается использовать модули, в которых располагаются датчики управления сервоприводами, аккумуляторы для каждого модуля, а также сами сервопривода для поворота частей «тела» относительно друг друга. В конструкции МСЗРС используются видеокамеры для передачи телеметрии на приемник-передатчик видеосигнала, акустическая аппаратура для связи оператор/пострадавший. Корпус МСЗРС и все его составляющие герметично закрыты, что позволит системе также погружаться под воду и выполнять задачи.

В работе представлен образец МСЗРС, способ управления системой, а также математическое и программное описание работы модулей «тела», их отклика на команды оператора.

**Анализ трудовых показателей на промышленном  
предприятии аэрокосмической отрасли**

**Ефремченков Игорь Сергеевич**

Научный руководитель – профессор, д.б.н. Надежкина Е.В.

МАИ, Москва

[efrem.200018@mail.ru](mailto:efrem.200018@mail.ru)

В настоящее время изучение трудовых показателей на предприятии является одним из важных этапов построения органичного и слаженно действующего механизма, от состояния которого зависит успешность выполнения поставленных задач. Сам же анализ трудовых показателей на предприятии направлен на совершенствование процесса управления трудом. В него входят основные показатели: численность и состав рабочей силы, организация труда, эффективность использования рабочей силы, использование рабочего времени, производительность

труда, условия труда на предприятии, влияние трудовых показателей на эффективность работы предприятия.

При анализе и моделировании трудовых показателей на промышленном предприятии аэрокосмической отрасли применяют несколько методов изучения: сравнительный, сопоставительный, дедуктивный и индуктивный методы.

Сравнительный метод направлен на сравнение фактических данных с плановыми или, так называемыми, базисными, которые позволяют выявить их отклонения от фактических данных. Сопоставительный метод направлен на сравнение фактических данных, достигнутых на предприятии, с наилучшими трудовыми показателями других предприятий этой же отрасли. Дедуктивный метод состоит из двух этапов: 1) изучение трудовых показателей в масштабе всего предприятия; 2) непосредственное изучение по цехам, участкам и рабочим местам. Индуктивный метод основан на изучении трудовых показателей по отдельным рабочим местам, а затем – по предприятию в целом.

Для анализа трудовых показателей задействуются нормативные статистические протоколы, основные из них: 1-п «Отчет предприятия по продукции», 1-ПВ «Отчет о состоянии условий труда, льготы и компенсации за работу с вредными условиями труда», 2-ПВ «Отчет по труду», 3-ПВ квартальный «Отчет об использовании рабочего времени (за квартал, полугодие, 9 месяцев, год), 4-ПВ «Отчет об использовании норм выработки и состоянии нормирования труда», 5-ПВ «Отчет о ежегодных отпусках», 6-ПВ «Отчет о численности работников, их качественный состав и профессиональное обучение», 7-тнв «Отчет о травматизме на производстве», 10-1

«Отчет о занятости инвалидов», 3-ПН «Отчет о наличии свободных рабочих мест (вакантных должностей) и потребность в работниках», ПН-1 «Сведения о приеме работников», 4-ПН «Отчет об увольнении работников», 5-ПН «Отчет по принятым работникам», а также данные планово-нормативной, учетной и оперативной информации, отчетов подразделений предприятия, данные выборочных наблюдений и другие данные.

Согласно статистическим данным, полученным в ходе анализа трудовых показателей на промышленном предприятии аэрокосмической отрасли, можно сделать вывод, что большая часть персонала испытывает на себе негативное воздействие со стороны различных факторов: вибрация, шум. Чаще всего сотрудники испытывают умственную и физическую усталость, стресс, головные боли. Большинство людей, работающих на промышленном предприятии аэрокосмической отрасли, не удовлетворены условиями труда, основными причинами стали: стресс, продолжительное и при этом постоянное негативное воздействие среды, ниже ожидаемого материальные поощрения и застойное карьерное продвижение.

На данный момент уже существующая система анализа трудовых показателей не показывает реальную картину происходящего на предприятиях. Основные причины:

1. Она рассматривает человека как ресурс, который производит выработку определенного объема продукции.

2. Несмотря на ее оценку организационной составляющей на предприятии, модель поведения организаций направлена на сокращение штата за счет увеличения нагрузки на одного рабочего и, таким образом, «роста» производительности.

3. Она изучает средний показатель производительности на предприятии, но не рассматривает индивидуальные желания рабочего, его возможности и способности.

4. Ее математическая модель точна и эффективна до того момента, пока не начинается большая текучесть молодых кадров из-за различных факторов, которые она не может предугадать.

К вопросу анализа трудовых показателей необходимо подойти не только со стороны математической модели поведения кадровой составляющей, но и с психологической точки зрения. Оценка эффективности работы кадров на предприятии должна складываться как минимум из трёх нормативов, которые могут рассмотреть человека не просто как ресурс, а как полноценный субъект: трудоспособность человека, его волеизъявления и желания в плане рабочего и культурно-просветительского характера, а также стоит учесть идеологическую составляющую в коллективе на предприятии.

Необходимо пересмотреть оценку условий труда, т.е. подробно разобраться с влиянием негативных факторов, оказывающих воздействие на состояние и здоровье рабочих. Подход к этому вопросу имеет очень большое значение, так как длительное воздействие негативных факторов влияет на текучесть молодых кадров, которые помимо большой умственной и физической усталости от самого процесса работы, испытывают ещё и внешнее воздействие среды. И также следует производить оценку желаний, возможностей и способностей молодого специалиста до принятия на работу и во время самой работы на протяжении 1 года в более усиленной форме в целях предотвращения

«выгорания» человека и в итоге текучести кадров и финансовым издержкам.

В работе была предложена модель реализации новой дополнительной системы анализа трудовых показателей, основные пункты которой:

1. При приеме на работу на предприятие предоставить потенциальному рабочему анкету, целью которой заключается выявление его психосоматических характеристик, то есть в первую очередь необходимо характеризовать человека как личность.

2. На основании полученных данных на собеседовании + анкетировании, если кандидат подтверждает свою профпригодность для данной работы, составить его портрет и в дальнейшем использовать для выявления потребностей рабочего в карьерном продвижении и реализации своих умственных и творческих желаний.

3. Во время процесса работы на протяжении года усиленно отслеживать динамику производительности труда молодого состава. Раз в полгода производить анонимное анкетирование среди всех сотрудников предприятия на вопросы, связанные с условиями труда, заработной платой, культурной и нравственной составляющей и т.д. Это необходимо для того, чтобы можно было оценить риски возникновения текучести кадров из-за каких-либо разногласий с действующей политикой на предприятии.

4. Произвести «слияние» с математическим моделированием анализа трудовых факторов на предприятии и в большей мере выявлять потребности рабочих для повышения их мотивации к работе и увеличению производительности труда.

Новая модель позволит улучшить условия труда на промышленном предприятии аэрокосмической

отрасли за счёт полноценного анализа трудовых показателей, который не просто рассматривает средние показатели эффективности работы кадров путем математического моделирования, но и изучает состояние рабочих внутри коллектива, объективные проблемы, возникшие в ходе реализации той или иной продукции.

Список использованных источников:

1. Щесняк К. Е. Кадровый потенциал и стратегия предприятия / К. Е. Щесняк. — М.: Российский ун-т дружбы народов, 2010. 162 С.
2. Егорова, М. С. Трудовые ресурсы предприятия: оценка потребности и эффективности использования / М. С. Егорова, И. Г. Пищальников. — М.: Молодой ученый, 2015. — № 9 (89). — С. 586-589.

**Разработка автоматизированной системы  
для управления и администрирования работы  
электронных устройств**

**Зуев Дмитрий Алексеевич,  
Коробков Максим Андреевич,  
Павлов Олег Владимирович**  
Научный руководитель - Исаев В.В.  
МАИ, Москва  
[dimazuev11@gmail.com](mailto:dimazuev11@gmail.com)

В современном мире, во время активного роста количества вакансий с возможностью удаленной работы, и в тоже время недостатка живого общения между людьми, появляется все больше мест, в которых организуют пространства для комфортной работы, именуемые коворкингами. Работая в них, людям часто

необходимо пользоваться различным вспомогательным оборудованием (принтеры, проекторы и т.д.), предоставляемым организаторами, что приводит к проблеме обеспечения возможности совместного их использования, а также доступа посетителей к устройствам и централизованного ведения статистики их использования. Решение поставленной проблемы позволит оптимизировать затраты на обслуживание коворкинга, что повлечет снижение конечной стоимости для посетителей.

В ходе работы создана система со следующими функциональными возможностями:

- Предоставление пользователям доступа к оборудованию, находящемуся в коворкинге, с возможностью управления выделением ресурсов для каждого клиента;

- Разграничение прав доступа к ней на уровни «Клиент» и «Администратор»;

- Установление приоритета задач пользователей при их совместном использовании одного оборудования.

В качестве пилотного оборудования, подвергнутого автоматизации, выбран принтер, как наиболее используемая орг. техника. Для реализации системы разработан сервер с веб-интерфейсом на базе микрокомпьютера Raspberry Pi 4. Сервер предоставляет возможности:

- Авторизации в системе.

- Хранения присланных файлов на сервере в течение двух суток.

- Отправки на печать новых или уже хранящиеся на сервере файлов.

- Удаления своих файлов из очереди на печать.

Пользователям, обладающим ролью «Администратор», сервер дополнительно позволяет:

- Контролировать доступный пользователям объем напечатанных страниц, и объем файлового хранилища.

- Лишить какого-либо пользователя права отправлять файлы на печать.

Из преимуществ разработанного решения можно отметить возможность удаленного управления принтером и сбора статистики печати для дальнейшей оптимизации затрат на его обслуживание. В будущем планируется работа над расширением списка обслуживаемых устройств, а также работа над выводом разработанной системы на общий рынок.

### **Разработка индивидуального водного средства передвижения «Скат»**

**Иванов Данила Андреевич**

**Григорьев Михаил Сергеевич**

**Костиков Андрей Константинович**

**Научный руководитель – Чириков С.А.**

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

[divanov2001@yandex.ru](mailto:divanov2001@yandex.ru)

На сегодняшний день проблема самостабилизации экраноплана не решена. Экраноплан неустойчив по причине изменения воздушного потока под крылом при волнении, а также особых условий, поэтому для нормального полёта экраноплану необходимо наличие технически сложной системы автоматического управления. Данный проект нацелен на решение этой проблемы, результаты работ по которому будут применены в проекте перспективного малого экраноплана «Грифон», разрабатываемого на базе

студенческого конструкторского бюро «Военмех», для которого необходимо решить проблему стабильного полёта.

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» (Рис.1) относится как классу судов на подводном крыле, так и к летательному аппарату, использующему экранный эффект, предназначенный для быстрого перемещения человека из одного места в другое на короткие расстояния в водной среде. Состоит из корпуса в форме крыла, передней стойки, «силового блока», передних подводных крыльев и двух задних крыльев. Предназначен для решения проблемы самостабилизации судов, использующие экранный эффект.

«Скат» уникален. При одинаковой скорости и мощности с любым другим аппаратом на рынке развлечений будет потреблять меньшее количество энергии, а также намного проще в управлении, за счёт самостабилизации. Корпус-крыло за счет своей аэродинамической формы также обеспечивает повышение грузоподъемности аппарата и снижает нагрузку на подводное крыло.

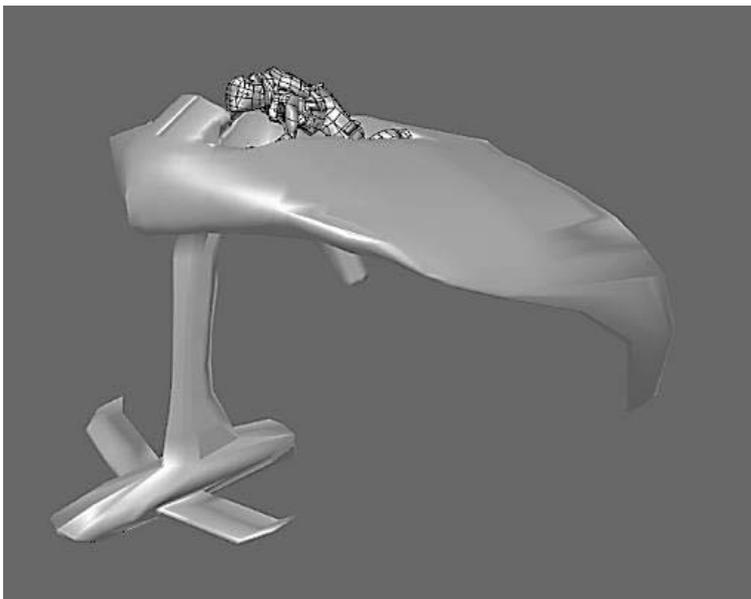


Рис. 1 - ИВСП "Скат"

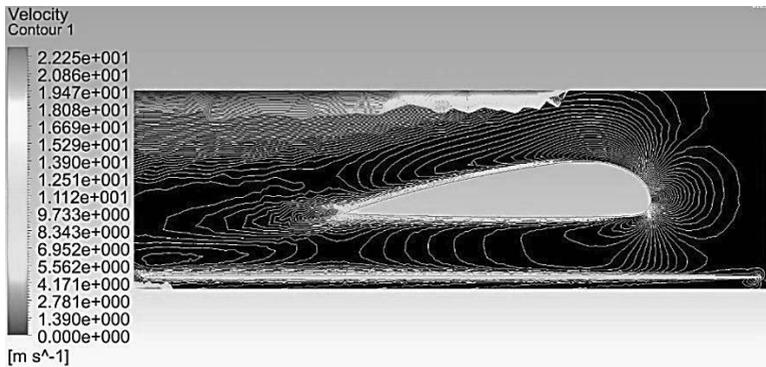


Рис. 2 - возникновение экранного эффекта под крылом

Список использованных источников:

1. Что такое фойлборд [Электронный ресурс ] // Вода-Берег - яхты, страны, путешествия, lifestyle: [сайт].

URL: <https://vodabereg.ru/lifestyle/chto-takoe-foilbord/>  
(дата обращения: 29.01.2021).

2. 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).

**Технология обработки аппаратуры объектов  
космической техники с помощью  
стратосферных зондов**

**Кададова Анастасия Владимировна,  
Уткин Владислав Витальевич,  
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,  
Санкт-Петербург  
[akadadova@gmail.com](mailto:akadadova@gmail.com)**

В данной работе поднимаются проблемы, связанные с недостаточной наземной обработкой малых космических аппаратов (КА), засорением низкой околоземной орбиты. Предложена концепция тестирования в околокосмическом пространстве, позволяющая увеличить процент успешных отработанных миссий и уменьшить количество космического мусора в будущем.

Сейчас растет популярность запусков малых КА в формате «CubeSat». На 20 августа из 1760 запущенных наноспутников более 92% представляют спутники в формате «CubeSat». По прогнозам за будущие 6 лет будет запущено ещё около 2500 наноспутников [1].

Среднее время работы спутника «CubeSat» составляет один год, при себестоимости проекта порядка миллиона долларов. Подобные наноспутники

используются для мониторинга Земли, проведения различных научных исследований, а также для тестирования отдельных систем будущих КА. Малая стоимость и доступность для небольших частных организаций, школьников и студентов, легли в основу популярности формата «CubeSat».

Из ранее проведенного анализа открытых баз данных по формату «CubeSat», только 25, 2% спутников успешно отработали поставленные перед ними задачи [2]. Наиболее частыми причинами неработоспособности стали: неудачное раскрытие антенн и других подвижных частей, ошибки в системе управления, поломки радиолинии. Возникновение подобных проблем связывалось в первую очередь с недостаточной наземной обработкой [3].

Тенденция запуска множества малых КА порождает большое количество космического мусора. Наноспутники запускают на низкую околоземную орбиту. Большинство аппаратов рассчитанных на гарантийный срок службы меньше одного года находятся на высоте ниже 400 км. На данный момент более 75% спутников на высоте 400 км не работают. Сейчас большое количество спутников запускаются на высоту от 500 до 600 км.

Увеличить вероятность успешной отработки миссии в космосе может проведение испытаний в околокосмическом пространстве при помощи стратосферных запусков.

Стратосферный запуск высотного метеозонда представляет собой подъем шара из резиновой или пластиковой оболочки, наполненной водородом или гелием. Максимальная высота подъема может достигать 50-55 км над Землей, в среднем - около 30 км. При подъеме и спуске шар-зонд проходит температуры от

30°С до -60 °С градусов в среднем в летнее время. Время полета стратосферного зонда составляет порядка 1,5 – 2 часов. Давление на высотах 30 км становится незначительным - около 1,5 – 2 кПа. По прямой метеозонд может удалиться на расстояние в среднем на 50-100 км.

Любому малому КА, чтобы соответствовать требованиям, необходимо успешно пройти ряд испытаний – термовакуумное тестирование; испытание обезвоживанием; тестирование на вибростенде; проверка на ударные нагрузки, проверка на электромагнитную совместимость, магнитная калибровка [4].

Во время стратосферных запусков можно провести большинство испытаний из необходимого списка. Главное достоинство в том, что все тестирования представляют собой не отдельные испытания, а совокупность условий, приближенных к космическим. На данный момент нет ни одной наземной установки, в которой можно было бы производить комплексные тестирования. Термовакуумное тестирование в стратосфере происходит в меньшем диапазоне значений температуры и давления, чем можно было бы достичь в современных термовакуумных камерах, но избавляет от необходимости покупки дорогого оборудования больших размеров.

Наиболее примечательным является возможность проведения испытания обезвоживанием для отработки и анализа динамики раскрытия подвижных узлов КА. При разрыве стратосферного шара-зонда в высшей точке полёта при падении возникает значительный отрезок невесомости. На земле, чтобы достичь невесомость, строятся и рассчитываются сложные механизмы, рассчитанные на определенные нагрузки и моменты,

поэтому для проведения испытаний на земле под каждый аппарат необходимо создавать свой универсальный стенд.

Электромагнитная совместимость предназначена для проверки эффективности экранирования и ослабления электрических помех. На земле для подобных испытаний используют безэховую камеру, которая поглощает все отражения звуковых или электромагнитных волн от внутренних и наружных источников. В стратосфере на больших высотах разряжена атмосфера и менее зашумлен канал связи, это дает возможность проверить на электромагнитную совместимость. Подобные стратосферные запуски могут заменить дорогие и сложные стенды для имитации космических воздействий на КА.

Стратосферные запуски могут увеличить процент успешно выполненных миссий малых космических аппаратов за счет комплексного тестирования в околокосмическом пространстве. При запусках можно также тестировать радиопередачу на большие расстояния, есть возможность проанализировать все ошибки после спуска и нахождения аппарата.

С отработанной технологией стратосферного зонда можно дублировать состояния исследуемой аппаратуры для будущего КА в условиях стратосферного запуска. Данная технология поможет провести более точный анализ возникших при тестировании ошибок. Также она позволит тестировать модули будущего КА отдельно друг от друга, это может пригодиться при начальных этапах разработки, когда ещё нет успешно отработанных систем передачи и сохранения данных. Анализ своих ошибок можно провести за неимением данных, передающихся в реальном времени, но при возникновении аналогичной

ситуации после выхода в космическое пространство проведение достоверного анализа ошибок невозможно. Подобные стратосферные зонды были разработаны нашей командой в рамках Всероссийского чемпионата «Воздушно-инженерная школа». Аппараты проводили измерения параметров атмосферы: давления, температуры, влажности, состава воздуха и прочего. Была разработана система передачи данных, которая успешно отправляла данные на землю в течении всего полета, а также система резервного копирования данных на внешний носитель и система отправки данных через мобильную сеть. Во время полета велся активный мониторинг данных GPS спутника, что способствовало быстрому обнаружению спутника после приземления. Помимо основных задач аппараты выполняли ряд дополнительных задач, например, на борту одного аппарата была развернута нейронная сеть, которая успешно определила момент разрыва шара в высшей точке полета.

Успешная отработка спутников в стратосфере увеличила бы вероятность благополучной отработки всех миссий в космосе, что повлекло бы за собой изменение распределения статистики по успешным запускам, уменьшило бы необходимость выведения большего количества аппаратов и сократило бы количество будущего космического мусора.

Список использованных источников:

1. Nanosats Database [Электронный ресурс] // Электрон. дан. URL: <https://www.nanosats.eu> (дата обращения: 06.09.2021).

2. Кададова А.В., Уткин В.В. Анализ ошибок спутников CubeSat. Перспективы стратосферных запусков // Сборник тезисов работ международной

молодежной научной конференции XLVI Гагаринские чтения 2021. –М.: Издательство «Перо», 2021.С. 654-655

3. А. А. Петрукович, О. В. Никифоров Малые спутники для космических исследований // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы 2016, том 3, выпуск 4, с. 22-31

4. Кададова А.В., Уткин В.В. Тестирование спутников в формате CubeSat с помощью запуска высотного метеозонда // Молодежь. Техника. Космос: труды тринадцатой общерос. молодежн. науч.-техн. конф. В 2 т. Т. 1., Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2021 С. 36-39

**Изменение российского рынка труда под влиянием  
коронавирусной инфекции: массовый переход на  
удаленный формат работы**

**Казанцева Алина Акберовна**

Научный руководитель – Семина А.П.

МАИ, Москва

kazantseva\_aa@bk.ru

В 2020 году российская экономика испытала очередной кризис. Пандемия Covid-19 оказала сильное влияние на все отрасли промышленности, предприятия столкнулись с неожиданными вызовами, в том числе резкой необходимостью диджитализации всех процессов. Данная тенденция наблюдалась и ранее, но коронавирус и локдаун целых отраслей поспособствовали довольно резкому переходу на цифровые решения.

В этих условиях компании стремятся оптимизировать стратегии на будущее развитие и инвестировать свои ресурсы на цифровизацию

процессов, организацию и поддержку удаленного формата работы. По данным ВЭФ до пандемии только 22% мировых компаний были готовы к массовому переводу сотрудников на "удаленку". После неё более 20% штатных сотрудников будут работать удалённо, тогда как до коронавируса и локдаунов удалённо работали только 10% сотрудников компаний по всему миру [1].

Стоит отметить, что наблюдается сокращение числа офисного персонала и затрат на аренду помещений. Вынужденная смена рабочего формата позволяет работодателям расширять зону поиска кандидатов, в то же время талантливые сотрудники из регионов получают возможность конкурировать с соискателями из столицы и других крупных городов. По словам управляющего директора Альфа-Банка Владимира Верхошинского, до пандемии банк подбирал IT-специалистов только в пяти крупных городах присутствия. В 2020 году произошли изменения: две трети новых сотрудников были найдены за пределами этих городов, более того, многие кандидаты не имели личного контакта с HR отделом [2]. Не отстает от Альфа-Банка и крупнейший российский ретейлер X5 Retail Group. По данным Forbes, порядка 15% новых сотрудников - люди из регионов. Некоторые компании подбирали сотрудников за пределами столицы еще до пандемии. К примеру, Тинькофф Банк проводил поиски талантливых разработчиков по всей стране. Для этого были созданы виртуальные центры на юге России и в Сибири, преимущественно для IT-специалистов, предпочитающих работать удаленно [2].

Очевидно, что одним из самых неприятных последствий стало сокращение рынка труда. Согласно исследованию НИУ ВШЭ «Работа и трудоустройство в

условиях эпидемии», после введения режима самоизоляции работу потеряли почти 10% из тех, у кого она была в докарантинный период, а среди тех, кому удалось ее сохранить, свыше 30% сообщили о том, что после начала эпидемии кто-нибудь из семьи лишился занятости. Стоит учитывать, что одним из наиболее сильных страхов у россиян остается угроза безработицы. Более 40% опрошенных отмечали опасения о закрытии или банкротстве их предприятия. Сильнее всего эти опасения высказывали работники сферы торговли, сферы обслуживания, строительства и промышленности, где их разделяли свыше 50%.[3] По данным карьерных сайтов, существенно снизилось количество вакансий по сравнению с числом соискателей. При этом нельзя говорить о тотальной нехватке вакансий. Некоторые отрасли даже увеличили темпы набора персонала. В частности, IT-сектор и интернет, на долю которого пришлось 14% размещенных вакансий[4]. Как отмечает директор офиса ManpowerGroup в Петербурге Наталья Белашова, в первую волну пандемии наблюдался активный массовый набор персонала лишь у части компаний, в основном связанных с производством товаров народного потребления (FMCG), остальные компании либо приостановили подбор, либо снизили потребность [4].

Последствия пандемии оказали значительное влияние на работу специалистов по управлению персоналом [5]. По данным аудиторской компании KPMG, 40 % компаний проводят собеседования только в удаленном формате. Больше половины работают в гибридном формате[6]. К примеру, компания МТС автоматизировала процесс подбора персонала с использованием собственных разработок в области AI и

BigData. При обычном режиме используется смешанный подход: дистанционное тестирование и очное собеседование. Но в самоизоляцию МТС пришлось максимально перевести все процессы рекрутинга в онлайн. Система адаптации персонала также активно функционирует в онлайн формате: разработана удаленная адаптация новичков, а также их оформление. Развивается направление стажировок, именно МТС первым запустил мультипрофильную программу оплачиваемых онлайн-стажировок [4].

Удаленная работа обострила проблему мотивации сотрудников. Границы личной жизни и работы стерлись. Многие люди столкнулись с синдромом эмоционального выгорания. Очевидно, что специалисты HR службы вынуждены модифицировать систему поддержки и мотивации, проводить тренинги и опросы для своевременного выявления случаев «перегорания».

Увеличилась скорость отбора и оценки кандидатов посредством использования инструментов автоматизации. Coca Cola HBC Россия разработала игру, где заданные алгоритмы оценивают поведенческие реакции человека. Разработанная игра включает в себя логические сюжеты, а для решения кейсов нужно применять образное мышление. Такая методика способствует лучшей оценке кандидата со всех сторон [7].

В следствие удаленной работы сотрудники начали испытывать информационный перегруз, что в дальнейшем находило отражение в продуктивности и вовлеченности. Рабочий день мог растягиваться на 10–12 часов. С другой стороны, участились случаи недобросовестного отношения к работе: сотрудники во время рабочего времени могли заниматься личными делами, из-за этого в начале пандемии перед HR-

менеджерами встала задача отслеживания времени, которое работник провел за выполнением трудовых функций.

Таким образом, нельзя не отметить, что пандемия Covid-19 оставила существенный отпечаток на функционировании российского рынка труда: снизилась востребованность некоторых профессий, изменился формат общения работников и работодателей, произошли преобразования в условиях труда. Активно распространяется тренд на удаленную форму занятости или гибридную (смешанную). Невозможно однозначно трактовать последствия пандемии, но компаниям следует систематизировать полученный опыт для дальнейших встреч с неожиданными вызовами.

Список использованных источников:

1. Главные последствия пандемии для рынка труда - безработица и спрос на новые компетенции [Электронный ресурс]. URL: <https://www.finam.ru/analysis/newsitem/glavnye-posledstviya-pandemii-dlya-rynka-truda-bezrabotica-i-spros-na-novye-kompetencii-20201115-13000/> (дата обращения: 06.09.2021).

2. Пятин А. «Совершенно новая реальность»: FT оценила влияние пандемии на рынок труда в России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/newsroom/biznes/410525-sovershenno-novaya-realnost-ft-ocenila-vliyanie-pandemii-na-rynok-truda-v/> (дата обращения: 06.09.2021).

3. Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И. Рынок труда под натиском коронавируса// Центр трудовых исследований ВШЭ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/369698959.pdf> (дата обращения: 06.09.2021).

4. Кадровое распределение: как пандемия меняет рынок труда [Электронный ресурс]. URL: <https://spb.plus.rbc.ru/news/5ee1e03b7a8aa940ee219dbe/> (дата обращения: 06.09.2021).

5. Михайлов А.А., Федулов В.И. Влияние пандемии COVID-19 на российский рынок труда// Московский экономический журнал. – 2020. – №10.

6. Удаленная работа: действия HR и планы на будущее [Электронный ресурс]. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2020/12/ru-ru-hr-actions-in-pandemic-part-3.pdf/> (дата обращения: 06.09.2021).

7. Авагян И. Итоги пандемии для компаний и сотрудников. Какие навыки стали более востребованными? [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/hr/191207-itogi-pandemii-dlya-kompaniy-i-sotrudnikov-kakie-navyki-stali-bolee-vostrebovannymi/> (дата обращения: 06.09.2021).

**Социальное моделирование малоизученных  
и вымышленных объектов  
с использованием гиперграфов  
Кирсанов Григорий Романович**

Научный руководитель – к.т.н. Мокряков А.В.  
МАИ, Москва  
[grkirsanov@mai.education](mailto:grkirsanov@mai.education)

Метод моделирования один из основных используемых в научном познании. Он применим для любых областей, включая такие как естественно-научная, гуманитарная, но не исключая другие. Появившись в социальных науках в начале XX века он, проходя сквозь годы, совершенствовался и улучшался. Одной из ключевых вех развития данного метода

является его перерождение в компьютерное моделирование, что согласно [1] происходит в 1960-х годах.

Немаловажной оставляющей компьютерного моделирования является социальное компьютерное моделирование.

Цель работы: разработать подход к социальному моделированию вымышленных объектов с использованием гиперграфов.

Объект исследования: социальное моделирование поведения вымышленных и малоизученных сообществ.

Предмет исследования: гиперграфовый подход к социальному моделированию поведения вымышленных и малоизученных сообществ

Обыкновенным графом называется пара  $G = (V, X)$ , где  $V$  — конечное множество,  $X$  — множество неупорядоченных пар различных элементов из  $V$ . Элементы множества  $V$  называются вершинами графа, элементы множества  $X$  — его ребрами [2].

Гиперграф — обобщение (чаще всего неориентированного) графа, когда ребрами могут служить произвольные, а не только двухвершинные и одновершинные, подмножества заданного множества вершин [3].

Социальное моделирование — это область исследований, которая применяет вычислительные методы для изучения проблем в социальных науках. Исследуемые вопросы включают в себя проблемы вычислительного права, психологии, организационного поведения, социологии, политологии, экономики, антропологии, географии, инженерии, археологии и лингвистики [4].

На данный момент есть 3 основных подхода к социальному моделированию: системное, в котором мы рассматриваем общество в целом и выделяем основные переменные, влияющие на события; агент-ориентированное, в котором мы выделяем агентов и помещаем их в определённую среду, анализируя их поведение; агентный подход, - мы моделируем поведение конкретного агента и правила его поведения при взаимодействии с другими агентами, соответственно помещая множество агентов вместе наблюдаем за процессом [5].

Так в работе рассматривается моделирование сообществ малоизученных и вымышленных объектов, то наиболее удобным в данном случае было выбрано социальное системное моделирование.

Однако, ввиду специфики моделируемых агентов возникает проблема получения значений различных параметров-констант, которые в большинстве случаев неизвестны. Решение данной проблемы можно реализовать через использование гиперграфов и проведения предварительной модуляции данных.

Таким образом можно выделить из исходных данных определенные параметры — характеристики. Они принимаются в качестве вершин гиперграфа. Исходя же из известных социологических фактов, выстроить их зависимость. Неизвестные характеристики так же заносятся в модель, зависимости распространяются и на них.

Можно установить общий вид модели: гиперграф, вершинами которого являются характеристики общества, а гиперребрами зависимости характеристик. Для обозначения силы и характера связи гиперграф является взвешенным. А каждому гиперребру  $e_i$

ставится в соответствие определенным вес  $w_i$ , такой что  $w_i \in [-1, 1]$ .

Одним из основных требований к проведению моделирования является наличие всех параметров.

Построенная гиперграфовая модель дает нам возможность задавать оставшиеся неизвестные характеристики случайно, но при этом все же ориентируясь на диапазон, заданный связью с другими параметрами.

Таким образом были рассмотрены основные определения теории графов. Рассмотрена проблематика социального моделирования и типы социального моделирования. Разобраны сферы применения различных типов и их особенности. В ходе анализа было выяснено, что для социального моделирования поведения сообществ вымышленных и малоизученных объектов наиболее подходит системное моделирование.

Выбран способ представления связей в качестве гиперребер в гиперграфе. Был разработан метод социального системного моделирования с использованием гиперграфов.

Ввиду общности данного подхода, он может быть использован в сфере авиационных технологий.

Список использованных источников:

1. Пономарева А.И., Суворова А.В. Моделирование как метод научного познания: содержание и типология // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. №12-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-kak-metod-nauchnogo-poznaniya-soderzhanie-i-tipologiya> (дата обращения: 20.03.2021).

2. Алексеев В. Е., Захарова Д. В. Теория графов // Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ им. Лобачевского. – 2012.

3. Egorova E. K., Mokryakov A. V., Vang L. Development of Hypergraph Theory // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2018. V. 57. P. 109-114.

4. Социальное моделирование [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. --- Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Социальное\\_моделирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/Социальное_моделирование) (дата обращения: 20.03.2021).

5. Кирсанов, Г. Р. Использование гиперграфов для социального моделирования малоизученных и вымышленных объектов / Г. Р. Кирсанов, Э. Р. Радченко, И. С. Ирбитский // XLVII Гагаринские чтения 2021 : Сборник тезисов работ XLVII Международной молодёжной научной конференции, Москва, 20–23 апреля 2021 года. – Москва: Издательство "Перо", 2021. – С. 395.

**Оперативная диагностика источников нефтяных загрязнений прибрежной зоны на основе анализа спутниковых снимков из облачной веб-платформы на примере загрязнения береговой полосы у порта Туапсе**

**Коваль Глеб Ярославович,**

**Чайка Антон Анатольевич**

Научный руководитель – к.т.н. Кучейко А.А.

МАИ, Москва

[miami1show@gmail.com](mailto:miami1show@gmail.com)

Сброс неочищенных промышленных и бытовых стоков в море является проблемой многих приморских городов с устаревшей инфраструктурой очистных сооружений. Применение технологии анализа временных рядов спутниковых изображений с помощью

современных облачных веб-платформ позволяет оперативно определять источники загрязнений и время возникновения аварийных протечек в подводных выпусках сточных вод. Приводится пример расследования, который может использоваться в качестве методики для анализа случаев загрязнений нефтепродуктами в прибрежной зоне моря.

Целью работы является анализ спутниковых снимков морской акватории у порта Туапсе для выявления источника загрязнения прибрежной зоны и разработки соответствующих методических подходов.

Для анализа ситуации были собраны все доступные радиолокационные изображения (РЛИ) из каталога веб-сервиса Sentinel Hub программы ESA Copernicus. Девять РЛИ спутников Sentinel-1 охватывали район порта Туапсе в период разлива 23.05.2021 - 3.06.2021 полностью (четыре РЛИ) или частично (только южную часть зоны загрязнения – пять РЛИ).

Туапсе – это крупный транспортный узел черноморского побережья РФ; основными промышленными предприятиями города являются перевалочные нефтебазы АК «Транснефть» и ПАО «НК «Роснефть», Туапсинский нефтеперерабатывающий завод ПАО «НК «Роснефть», Морской торговый порт с нефтеналивным терминалом. Морской порт Туапсе – многоцелевой, открыт для навигации круглый год, осуществляет работу круглосуточно и обеспечивает грузовые операции с грузами, включая опасные грузы 3–5, 9 классов опасности, внешнеторговые перевозки нефти и нефтепродуктов, а также навалочных - угля, руды, минеральных удобрений и сельскохозяйственной продукции. Рядом с портом имеется подводный

канализационный выпуск находящийся на расстоянии 2300 м от берега на глубине 24 м.

23 мая 2021 года в СМИ появилась информация о загрязнении нефтепродуктами акватории Черного моря между причалом №1А и городским пляжем Туапсе в створе подводного выпуска МУП «ЖКХ города Туапсе». 24 мая дрейфующие нефтепродукты достигли побережья в районе пляжа «Приморье», площадь загрязнения оценивалась в 1,1 км<sup>2</sup>. Нефтепродуктами оказался загрязнен берег не только в пределах порта, но и южнее и севернее города. В ходе подводных обследований обнаружены два места вытекания нефтепродуктов в районе залегания трубы коллектора, установлено, что в трубу коллектора, через которую произошел выброс нефтепродуктов, сделаны врезки следующих предприятий. Истечение нефтезагрязненных вод продолжалось до 03.06.2021. По результатам проведенных спутниковых исследований было установлено, что предельно допустимая концентрация нефтепродуктов в акватории Черного моря была превышена в среднем в 11-12 раз.

В ходе анализа спутниковых снимков было выявлено следующее. На РЛИ спутника Sentinel-1 от 28.05.2021 на морской поверхности в прибрежной зоне г. Туапсе обнаружены три группы пленочных загрязнений: длинный шлейф, исходящий из района порта общей длиной более 5 км; два других вытянутых пятна общей длиной 10 км мористее, в 6 км к югу от порта и дрейфовали в ЮВ направлении; плёночное образование в 13 км южнее порта Туапсе размером 2,4 км × 1,1 км. По снимку определено место выхода загрязнений на поверхность находится в точке с координатами 44.078° с.ш. и 39.074° в.д. (рис. 1). На РЛИ Sentinel-1 от 2.06.2021 обнаружено обширное

пленочное загрязнение длиной более 13 км, дрейфующее вдоль побережья от порта Туапсе в ЮВ направлении.

С целью определения характера и повторяемости выбросов в море из канализационной системы г. Туапсе был проведен анализ серии архивных космоснимков из открытых источников за последнее 10 лет. Признаки утечки загрязнений и нефтепродуктов из выявленного места повреждения трубы подводного выпуска обнаружены на снимках, начиная с 2017 года, что позволяет утверждать, что подобные несанкционированные сбросы нефтепродуктов производились неоднократно. Так, однозначно идентифицированные выбросы канализационной системы с нефтепродуктами на РЛИ спутников Sentinel-1 наблюдались в 2017 г. 7 раз, в 2018 г. – 4 раза, в 2019 г. – 6 раз, а в 2020 г. – 2 раза.

Таким образом, анализ оперативных и архивных спутниковых снимков 2017-2021 гг. показал, что случаи намеренных (несанкционированных) сбросов в канализационную систему нефтепродуктов (остаточные/шламовые нефтепродукты) или вод, сильно загрязненных нефтепродуктами, периодически отмечаются с 2017 года.

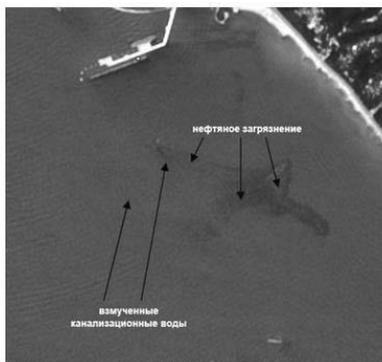
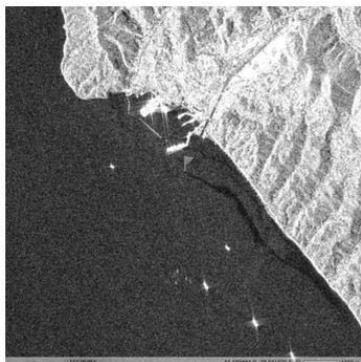


Рис. 1. Утечка нефтепродуктов из канализационного стока на радиолокационном изображении Sentinel-1 28.05.2021 (слева) и на мультиспектральном оптическом изображении Sentinel-2B 25.06.2019 (справа), видна переменная толщина пленки, что однозначно указывает на нефть/нефтепродукты.

Расследуемый случай загрязнения акватории порта Туапсе 23.05.2021-03.06.2021 в отличие от предшествующих характеризуется утечкой значительного объема нефтесодержащих вод через изношенный канализационный выпуск. Путем анализа данных ДЗЗ, полученных в оптическом и микроволновом диапазонах установлено место выхода загрязненных вод на поверхность моря (участок поврежденного трубопровода на дне), направление распространения (дрейфа) пленок нефти или нефтепродуктов, их размер и площадь. Выполненное расследование на основе открытых данных ДЗЗ служит методической основой для поиска источников загрязнений акватории, связанных с долговременными протечками подводных выпусков сточных вод.

Список использованных источников:

1. Кучейко А., Иванов А., Григорьев Н., Ушков Д., Терлеева Н. Канализационные выбросы в прибрежной зоне Черного моря: наблюдение и дистанционный контроль из космоса. Экология и промышленность России. 2019;23(12):54-60.

2. СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения», 2010.  
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=152639>

3. Бондур В.Г., Гребенюк Ю.В. Дистанционная индикация антропогенных воздействий на морскую

среду, вызванных заглубленными стоками: моделирование, эксперименты // Исслед. Земли из космоса. 2001. № 6. С. 49-67.

## **Снижение энергоемкости российской экономики.**

### **Потенциал аэрокосмической отрасли**

**Козловцев Сергей Андреевич**

Научный руководитель – к.т.н., Мишучков В.И.

МАИ, Москва

[kozlovtsevSA@mail.ru](mailto:kozlovtsevSA@mail.ru)

Одной из самых актуальных задач Российской экономики является снижение энергоемкости. Российская Федерация занимает 4 место по потреблению энергии (около 750 Mtoe - tonne of oil equivalent) [1] и 6 место по ВВП (4 021 млрд. долларов). При значительно меньших показателях относительно лидирующей экономики мира (потребление энергии Китая выше в 4,6 раза, а ВВП - в 6 раз), энергоемкость наоборот выше в 1,5 раза. Такое высокое значение объясняется несколькими причинами [2]:

1. Территориальная разрозненность объектов энергопотребления и источников топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Данный фактор приводит к большим транспортным расходам и потерям при производстве и реализации продукции.

2. Климат Российской Федерации вынуждает тратить дополнительные ресурсы на создание оптимальных условий труда и проживания.

3. Старение основных фондов и технологий увеличивает расход энергии. Неэнергоэффективное оборудование, преобладающее в России, требует большего количества ресурсов для функционирования.

4. Преобладание предприятий тяжелой промышленности. Они дают более 30% ВВП в нашей стране, но при этом гораздо более энергоемкие по сравнению с предприятиями торговли, сферой услуг.

Если на первые два пункта оказать влияние мы не в силах, то третий и четвертый скорее являются возможностями для развития энергосбережения, повышения энергоэффективности российских предприятий. Реализация накопленного потенциала позволит высвободить значительные дополнительные объемы ТЭР (реализация плана из распоряжения от 19 апреля 2018 г. № 703-р [3]), сократить выбросы в атмосферу (способствует реализации федерального закона от 2 июля 2021 г. N 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов" [4]), повысить качество жизни.

Аэрокосмическая отрасль относится к наиболее энергозатратным. Для достижения поставленных целей главными направлениями развития предприятий должны стать:

1. Внедрение системы энергетического менеджмента на каждом предприятии.

2. Использование энергосберегающих решений и мероприятий.

3. Внедрение энергоэффективного оборудования.

Нерациональное использование топливно-энергетических ресурсов приводит к колоссальным переплатам, которые могли быть направлены на развитие самого предприятия или НИОКР в аэрокосмической области. Себестоимость продукции также может быть уменьшена за счет снижения издержек на энергию, затрачиваемую на производство одной единицы.

Российская экономика обладает потенциалом, раскрытие которого возможно только общими усилиями. Уже известны частные случаи экономии ТЭР на предприятиях, которые намного превосходили среднее ожидание по отрасли [5]. Трудности достижения поставленных целей связаны с отсутствием мотивации вложения средств в развитие энергоэффективности предприятий.

Список использованных источников:

1. ENERDATA / Global Energy Statistical Yearbook 2021 [Электронный ресурс] // URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (дата обращения 07.09.2021);
2. Самарина В.П., Сравнительная оценка энергоемкости экономик стран мира, 2016;
3. Правительство Российской Федерации, распоряжение от 19 апреля 2018 г. № 703-р;
4. Федеральный закон от 2 июля 2021 г. N 296-ФЗ "Об ограничении выбросов парниковых газов";
5. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации, Москва, 2020 [Электронный ресурс] // URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7ee83f/Energyefficiency2020.pdf> (дата обращения 07.09.2021).

## **Влияние дефицита кадров на космическую промышленность в России**

**Колинько Ульяна Олеговна**

Научный руководитель – Черникова Е.А.

МАИ, Москва

[ulya125@yandex.ru](mailto:ulya125@yandex.ru)

В России существует проблема дефицита высококвалифицированного персонала в космической

промышленности. Молодежь выбирает инженерную специальность из-за легкости поступления в институт, не собираясь дальше работать по специальности из-за невысоких зарплат. В представленной статье рассматривается актуальное положение предприятий и то, к чему привела проблема с кадрами. Проведен опрос о трудоустройстве по специальности среди выпускников Московского вуза. Неутешительные результаты означают необходимость изменения структуры подготовки студентов и повышения престижа инженерной профессии.

Распад СССР привел к созданию Федерального космического агентства «Роскосмос». Хорошая репутация советской космонавтики первое время позволяла России удерживать лидирующую позицию на международном космическом рынке, но из-за самоуспокоенности привела к постепенному технологическому отставанию от конкурентов в лице США и Китая. Со временем ракетно-космическая отрасль столкнулась с рядом проблем – недостаточное финансирование, износ технологического оборудования, нецелевое использование бюджетных средств, коррупция, дефицит высококвалифицированных сотрудников, возраст сотрудников, приближающийся к пенсионному, и проблемы в подготовке молодых специалистов на смену.

Современная молодежь работу инженера в космической индустрии не считает престижной, хотя раньше была перспективной и высокооплачиваемой. По результатам проведенного опроса студентов выпускных курсов Московского авиационного института около 60% не собираются работать по специальности. Фактором, который больше всего влиял на решение

студентов, как и предполагалось, оказалась неудовлетворенность заработной платой, а некоторые назвали также отсутствие карьерной перспективы. Из-за сложившегося дефицита работников в космической отрасли снижены требования к абитуриентам и к выпускникам инженерных специальностей, что способствует выбору данной профессии только для получения высшего образования и в дальнейшем работы не в этой сфере деятельности. Согласно аналитическим исследованиям, порядка 60% молодых специалистов, кто все же выбирает профессию инженера космической промышленности, уходят в течение первых трех лет работы с предприятий по тем же причинам. Заработная плата российской космической отрасли остается невысокой из-за низкой производительности труда, так как государственный заказ приходится делить на все предприятия. Получается, что на предприятиях в основном работают люди либо предпенсионного возраста, либо молодежь, не имеющая опыта. Из-за образовавшегося кадрового разрыва в скором времени старшему поколению, уходящему с производства, молодежь не сможет составить достойную смену.

Результатом сложившихся проблем стало повышение аварийности космических аппаратов, которые обходятся государству убытком в несколько миллиардов рублей. 1 декабря 2016 года по причине человеческого фактора, а именно попадания посторонних частиц при сборке в насос окислителя, на космодроме «Байконур» после старта ракета-носитель «Союз-У» с грузовым кораблем «Прогресс МС-04» был безвозвратно потерян. 2017 год запомнился тем, что «Роскосмосу», по причине нарушения при производстве технических требований Воронежским механическим

заводом, пришлось отозвать для проверок 71 двигатель, стоящих на вторых и третьих ступенях ракет-носителей «Протон». В 2020 году с космодрома «Байконур» для замены бракованных комплектующих вернули в Москву три ракета-носителя тяжелого класса «Протон-М».

Для того, чтобы снизить процент аварийности космических аппаратов, поднять интерес и желание трудиться у работников работодателю следует позаботиться о создании необходимых мотивационных условий. И хотя проблема дефицита кадров не решается быстрыми путями, можно способствовать её постепенному искоренению. Так, поднятие зарплат на предприятиях космической промышленности поможет увеличить престиж инженерной профессии. В июле 2021 года по заявлению главы «Роскосмоса» Дмитрия Рогозина разница заработка рабочих и зарплат в госкорпорации является неправильной. И поэтому госкорпорация займется вопросом повышения зарплат на предприятиях ракетно-космической отрасли. Ранее в этом же году постановлением, которое подписал премьер-министр РФ Михаил Мишустин, подняли заработную плату космонавтам. Можно считать, что это стало началом повышения зарплат в отрасли. Также необходимо заняться вопросом о подготовке выпускников учебных заведений. Взаимодействие между студентами и предприятиями должно быть более тесным. Из-за дефицита кадров работодателю сейчас нужны уже высококвалифицированные специалисты, а многие из выпускников оказываются не готовы к работе и им приходится переучиваться под определенные требования, технологии и задачи. На данный момент сотрудничество вузов и предприятий заключается в целевых трехсторонних контрактах, где указано, что после окончания вуза студенту необходимо отработать

там определенное количество лет. Необходимо улучшить качество проведения производственных практик. Для младших курсов организовывать обзорные экскурсии, на которых им подробно расскажут о работе различных цехов, чтобы учащиеся начали понимать структуру и деятельность предприятия, а также на какую профессию они учатся. Студентам старших курсов необходимо предоставлять наставника от предприятия, чтобы шла прямая передача опыта и была возможность что-то сделать своими руками, хоть и под присмотром. Таким образом, студенты смогли бы погрузиться в реальную заводскую жизнь. Чаще всего у предприятий нет ни сотрудников, ни времени для такой реализации. Стабильное финансирование и возвращение стандартов контроля и качества продукции времен советского союза поможет стабилизировать проблему с кадрами. А также заинтересовать в развитии космической индустрии поможет вовлечение в научно-исследовательскую деятельность студентов: привлечение к участию в различных научных конференциях, исследованиях, конкурсах.

Список использованных источников:

1. Ячменникова Н. Как найти Королева? //Российская газета. 2013. № 6054 (78).
2. Космическая отрасль: на пороге перемен [Электронный ресурс]. URL: <http://vpk-news.ru/articles/17145> (дата обращения: 02.09.2021).
3. С Байконура в Москву вернули три бракованные ракеты "Протон-М" [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20200805/1575379545.html> (дата обращения: 03.09.2021).
4. Отмыв космического масштаба: СК расследовал хищение 1 млрд рублей в «Роскосмосе» [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/turbo/fishki.net/s/3769739->

[otmyv-kosmicheskogo-masshtaba-sk-rassledoval-hiwenie-1-mlrd-rublej-v-roskosmose.html](http://otmyv-kosmicheskogo-masshtaba-sk-rassledoval-hiwenie-1-mlrd-rublej-v-roskosmose.html) (дата обращения: 04.09.2021).

5. Рогозин о борьбе с коррупцией на космодроме Восточный [Электронный ресурс]. URL: <https://m.tvzvezda.ru/news/20219481-6GjUh.html> (дата обращения: 04.09.2021).

6. "Роскосмос" планирует повысить зарплаты на космических предприятиях [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/turbo/rg.ru/s/2021/07/19/roskosmos-planiruet-povysit-zarplaty-na-kosmicheskikh-predpriiatiiah.html> (дата обращения: 04.09.2021).

**Итерационная обработка изделий авиационной  
отрасли методами обратного проектирования  
Коровов Константин Сергеевич**

Научный руководитель – к.т.н. Рипецкий А.В.

МАИ, Москва

[kenieveges@gmail.com](mailto:kenieveges@gmail.com)

Процесс горячей штамповки неметаллических изделий широко используется в авиакосмической индустрии, поскольку обеспечивает технологичное производство массового количества различных кожухов и оболочек. Процесс формирования отштампованной детали обеспечивается комбинацией упругой и пластичной деформации, высвобождение заготовки из штампа снимает упругую деформацию. При проектировании нужно учитывать возникающие при этом процессе напряжения, чтобы скомпенсировать это изменение. Поскольку геометрия проектируемых деталей индивидуальна, предварительно очень сложно сказать какие изменения возникнут в этом изделии. Для этого приходится производить циклический анализ

заготовок, учитывая изменения, полученные на каждом этапе.

Данный доклад представляет из себя анализ и предлагает решение вышеупомянутых проблем путем компенсации геометрии по итерационному циклу (рис.1). Метод заключается в 3D-сканировании полученной заготовки, обработке и получении STL-файла модели изделия и после этого сравнения её с исходным STEP-файлом. Результатом этого процесса являются изменения, которые вносятся в STEP-файл технологической оснастки. Можно проанализировать чужую заготовку.

#### 1. Выбор метода получения данных.

Процесс обратного проектирования - метод, используемый для конструирования соответствующей цифровой модели существующего физического продукта, основанный измеренных данных, полученных при помощи специализированных контрольно-измерительных машин (К.И.М.).

Существует два основных метода получения данных о геометрии поверхности:

- 1) контактно-щуповой,
- 2) лазерно-бесконтактный.

Бесконтактным методом можно получить значительно большее количество данных (однако при большей погрешности измерения), которые позволяют оцифровать и идентифицировать даже самые мелкие дефекты. Поэтому, данный доклад будет опираться только на неконтактный метод лазерного сканирования в реверс-инжиниринге.

1.1. Быстрая оценка отклонений. Анализ упругих реформаций включает в себя: получение геометрических данных, реверс-моделирование,

подсчет и количественную оценку упругих деформаций.

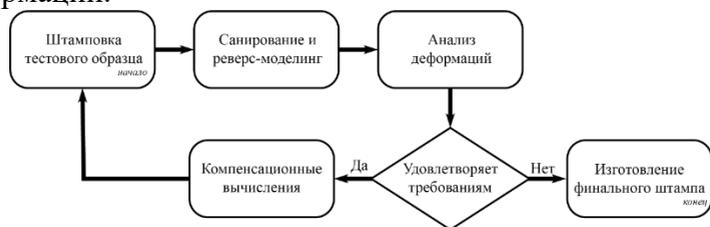


Рис. 1. Итерационный метод компенсации неточностей отштампованной детали

2. Получение геометрических данных. Тестовая деталь сканируется на координатно-измерительной машине (КИМ), результатом этого процесса является облако точек. Такой тип получаемых данных требует ручной обработки по фильтрации, объединению и выравниванию. Тем самым достигая заранее предельно заданной погрешности измерения (задается программой).

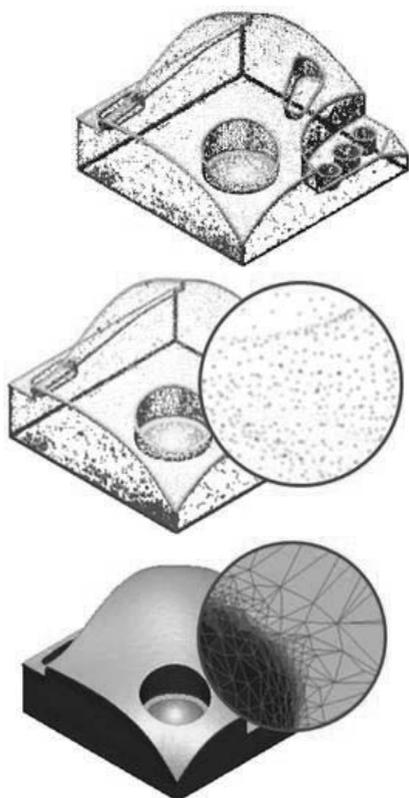


Рис. 2. (а) Собранные точки (b) Обработанные точки (с) Созданная сетка Основные этапы обработки цифровых данных.

3. Реверс-моделирование. После того, как мы получили обработанное облако точек, нужно применить алгоритмы триангуляции. Они разобьют весь массив точек на группы соседних элементов (точек) и будут соединять их. Чем больше точек мы отсканировали, тем точнее будет выстроена полигональная сетка. Стоит собирать данные с небольшим запасом, поскольку при обработке и лечении самой сетки точность неизменно будет падать (сетка упрощается). Таким образом создавая этот задел

по полигонам (около 10%-30%) мы получим сетку без артефактов и с требуемой точностью.



Рис. 3. Схематичное изображение процесса триангуляции.

4. Количественная оценка упругих деформаций проводится в программном продукте Control X, компании Geomagic. Сначала происходит импорт файла с облаком точек в Control X, затем нужно произвести ручное выравнивание по n-ому количеству точек (можем ограничиться 3-5 точками). Происходит это путем последовательного выбора точек на оригинале и советующего набора на «скане». После этого используя модуль выравнивания достигается точность, требуемая метрологом. Когда объекты выровнены Control X производит анализ отклонений и вычисляет нормальное значение (normal deviation) и количество упругих деформаций. Затем программа предлагает в полуавтоматическом режиме сформировать электронный отчет согласно ГОСТ или же ISO.

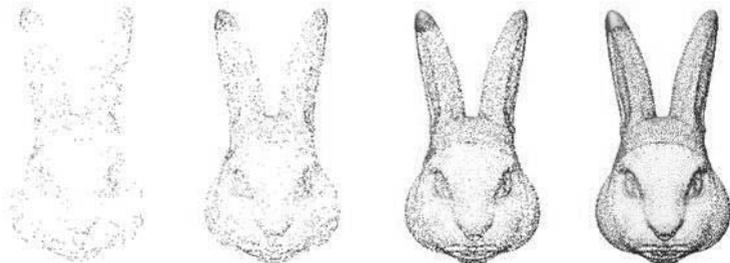


Рис. 4. Плотность облаков точек. Слева направо количество точек N возрастает, образуя всё более плотное облако

Заключение.

Предметом рассмотрения данной статьи был универсальный метод сбора, обработки и анализа геометрических данных цифровых изделий авиационно-космической промышленности. В основе метода лежит реверс-моделирование и лазерное сканирование реальных деталей, полуавтоматическое измерение упругих деформаций.

Список использованных источников:

1. Botsch M., et al. // ISBN 9781568814261 //2010. V. 18. P.243.

2. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных вузов А.М. Дальский, Т.М. Барсукова и др.; под ред. А.М. Дальского. -5-изд., исправленное. - М.: Машиностроение, 2004-512с., ил.

3. Messler, Robert W; Reverse Engineering: Mechanisms, Structures, Systems & Materials. ISBN: 978-0-07-182466-8 //2014; xv, 426 pages.

**Анализ возможности применения сверхзвукового полета в гражданской и деловой сферах**

**Липатова Софья Витальевна,  
Широков Александр Игоревич**

Научный руководитель – Прокопенко Д.А.

МАИ, Москва

sofalipatova1003@gmail.com

50-70ые года – эра сверхзвука. Активно ведется разработка новейших на тот момент сверхзвуковых гражданских авиалайнеров, которые должны еще сильнее сблизить различные концы света. В конце 1968 года в небо поднимается отечественный Ту-144, что и становится отправной точкой в эксплуатации

сверхзвуковых самолетов в гражданской авиации. Но, к сожалению, общее время эксплуатации сверхзвуковых пассажирских самолетов (далее- СПС) 1-го поколения не превысило и 35 лет. В 2003 году англо-французский Concorde совершил свой последний полет.

*Актуальность:* на сегодняшний день уже представлены проекты СПС нового, второго поколения. Над данными проектами работают такие гиганты отрасли как Lockheed Martin, Aerion, Virgin Galactic. На основании этого можно сделать вывод, что СПС вновь выходит на лидирующие роли в гражданской авиации. Эксперты заявляют, что первые полеты новейшего поколения СПС произойдут уже в этом десятилетии.

*Цель:* анализ возможности перелета на сверхзвуке в гражданской сфере, путем изучения 2-х путей развития сверхзвуковых полетов в обозримом будущем.

*Задачи:* начиная от СПС 1-го поколения проанализировать опыт в эксплуатации подобного рода воздушных судов, оценить состояние рынка гражданской авиации с точки зрения сверхзвуковых полетов на данный момент, определить варианты возможного развития СПС 2-го поколения, сравнить с вариантом доставки на BFR.

В условиях сверхскоростного темпа жизни, который мы имеем на сегодняшний день, долгие и затяжные полеты на дальние расстояния все более и более начинают походить на архаичность. Как пример, терять практически 9 часов на перелет до Владивостока, чтобы на месте провести менее суток, решив все поставленные на поездку задачи, а далее потерять еще 9 часов на перелет обратно в Москву становится практически неприемлемым.

В работе делается большой акцент на проблемы и причины неудач в эксплуатации СПС 1-го поколения.

Нерентабельность, запрет на полеты на сверхзвуке над густонаселенными районами по причине наличия сверхзвукового удара, малое количество аэропортов, готовых принимать подобного рода самолеты во многом определило судьбу 1-го поколения. Также, на СПС крайне сильно повлиял нефтяной кризис 73-го года, который еще сильнее ухудшил нерентабельность только встающей на ноги сверхзвуковой пассажирской авиации.

Не так давно в мире появилась еще одна необходимость возвращения СПС на гражданский мир. Пандемия, охватившая планету, потребовала максимальной оперативности в доставке медикаментов и средств защиты в различные уголки земли.

По выдвинутой теме автор рассматривает следующие пункты анализа СПС:

1. Технологический фактор.
2. Экономический фактор.
3. Фактор мобильности.
4. Деятельность комитета по защите окружающей среды от воздействия авиации.
5. Потребительский спрос.

Также автор рассматривает еще один вид пассажирских перевозок – доставка при помощи BFR (Big Falcon Rocket). Этот способ представляет из себя размещение пассажиров в специальных капсулах внутри ракеты, разработанной Space-X. Вместимость такой ракеты – около 100 человек. Важной особенностью такого вида перевозок является скорость – на том же режиме полета, что и СПС, скорость BFR будет достигать 29 000 км\ч, что на порядок выше СПС-2.

Далее автор проводит сравнительный анализ между СПС-2 и BFR, в результате чего оказывается, что у обоих вариантов есть свой набор плюсов и минусов.

Так, например, большинство стартов BFR планируется проводить с водных платформ, что влечет определенные трудности в доставке пассажиров, + перегрузки во время взлета\посадки. На СПС-2 не решены проблемы 1-го поколения: звуковой удар и огромная стоимость на билеты.

Рассмотрев все вышеперечисленные факторы, делаем вывод, что:

1. Вопрос возобновления в использовании сверхзвука в гражданской авиации на сегодняшний день актуален и по нему уже существуют определенные наработки.

2. В выводе на рынок СПС 2-го поколения заинтересованы одни из крупнейших компаний на сегодняшний момент.

3. СПС 2-го поколения не являются единственными способами прихода сверхзвука в гражданскую авиацию, есть достойные аналоги.

4. Необходимо проводить дополнительные исследования в сферах, к которым не относится сам перелет. (Особенно на примере BFR). Необходимо также проработать все смежные процессы и организационные моменты, которые предшествуют и дополняют полет на сверхзвуковой скорости.

Список использованных источников:

1. Статья «6 инноваций в авиации будущего» - <https://jets.ru/obzor-samoletov/6-innovatsiy-v-aviatsii-budushchego/>

2. Статья «Сверхзвуковые самолеты возвращаются» - <https://tass.ru/ekonomika/6779965>

3. Статья «Иллюзия возможностей: зачем нужен сверхзвуковой пассажирский самолет» - <https://iz.ru/846744/ilia-kramnik/illiuziia-vozmozhnostei-zachem-nuzhen-sverkhzvukovoi-passazhirskii-samolet>

**Решение задачи стабилизации спутника  
мини пакетным адаптивным методом случайного  
поиска (МАСП)**

**Лобанов Александр Владимирович**

Научный руководитель – профессор, д.ф-м.н. Пантелеев А.В.  
МАИ, Москва  
lobbsasha@mail.ru

Рассматривается применение мини пакетного метода условной глобальной оптимизации для решения задачи о стабилизации спутника [1]. Ставится задача нахождения оптимального управления с неполной обратной связью, с помощью разложения сигналов управления по ортонормированной системе базисных функций, которые заданы на множестве возможных состояний динамической системы. Задачу можно формализовать, как задачу параметрической оптимизации, которая решается с помощью разработанного метода нулевого порядка - «мини пакетного адаптивного метода случайного поиска».

Для задачи гашения вращательного движения спутника с помощью установленных на нем двигателей система, описывающая движение твердого тела относительно центра инерции после перехода к безразмерным переменным описывается системой дифференциальных уравнений [2], имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{p}(t) = u_1 / 6, \\ \dot{q}(t) = u_2 - 0.2 \cdot r \cdot p, \\ \dot{r}(t) = 0.2 \cdot (u_3 - p \cdot q), \end{cases}$$

где  $p, q, r$  – проекции угловой скорости на главные центральные оси инерции, а  $u_1, u_2, u_3$  – управления,

которые характеризуют тяги двигателей, расположенных на спутнике. Множество начальных состояний задано следующим образом:

$$t_0 = 0, \Omega = [23; 25] \times [13; 15] \times [13; 15].$$

В момент окончания функционирования системы  $t_1 = 1$  должны выполняться условия:

$$p(t_1) = q(t_1) = r(t_1) = 0.$$

Функционал качества управления:

$$I(x_0, d) = \int_{t_0}^{t_1} (|u_1| + |u_2| + |u_3|) \cdot dt + 10^3 \cdot \left[ (p(t_1))^2 + (q(t_1))^2 + (r(t_1))^2 \right]$$

Ставится задача минимизации среднего значения функционала на множестве возможных начальных состояний. Находятся законы управления моделью объекта, характеризующие тяги двигателей, которые расположены на спутнике. Искомое оптимальное управление ищется в виде функции насыщения, имеющей релейную структуру, а ее аргументы предлагается искать в виде линейной комбинации заданных базисных функций. В качестве базисных функций были выбраны ортонормированные полиномы Лежандра.

Для решения задачи предлагается использовать хорошо зарекомендовавший себя метод глобальной оптимизации нулевого порядка - «минипакетный адаптивный метод случайного поиска» [3,4], который использует идеи метода стохастического градиентного спуска (SGD) и минипакетного градиентного спуска [5]. Основная идея данного метода заключается в том, чтобы вместо всех траекторий, исходящих из заданного множества начальных состояний, использовать только их часть, которая образует минипакет (обучающую выборку). При этом подбирается объем минипакета и

генерируется множество из попарно несовпадающих начальных состояний. Данный метод позволяет сократить время расчетов, получая приемлемый результат.

В работе разработана стратегия, пошаговый алгоритм и соответствующее программное обеспечение приближенного решения задачи о стабилизации спутника в условиях неопределенности задания начальных условий. Исследовано влияние размера минипакета на качество полученного результата. Даны рекомендации по выбору параметров алгоритма.

Список использованных источников:

1. Пантелеев А. В., Лобанов А. В. Минипакетный метод адаптивного случайного поиска для параметрической идентификации динамических систем // Автоматика и Телемеханика. 2020. № 11. С. 114–137.

2. Крылов И.А. Численное решение задачи об оптимальной стабилизации спутника // Вычислительная математика и физика. 1986. № 8(1). С. 203–208.

3. Panteleev A.V., Lobanov A.V. The mini-batch adaptive method of random search (MAMRS) for parameters optimization in the tracking control problem // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 927. 012025.

4. Panteleev A.V., Lobanov A.V. Application of the mini-batch adaptive method of random search (MAMRS) in problems of optimal in mean control of the trajectory pencils // Journal of Physics: Conference Series. 2021. 1925. 012006.

5. Пантелеев А.В., Лобанов А.В. Градиентные методы оптимизации в машинном обучении идентификации параметров динамических

систем // Моделирование и анализ данных. 2019. Том 9.  
№ 4. С. 88–99.

**Эксплуатация беспилотных летательных аппаратов  
при экстремально низких температурах**

**Макарова Лариса Владимировна,**

**Сатарова Валерия Игоревна**

Научный руководитель - Назаренко П.А.

ГУАП, Санкт-Петербург

[larisa.makarova.99@mail.ru](mailto:larisa.makarova.99@mail.ru)

На сегодняшний день квадрокоптеры применяются во многих отраслях, однако его использование ограничено температурой окружающей среды. Вопрос устранения влияния отрицательных температур на работу квадрокоптера является важным и плохо решенным фактором, который также может влиять на возможности по расширению области применения.

Опасность обледенения и отрицательных температур для летательного аппарата.

Устойчивость беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) к различным погодным условиям определяется как важный пробел и имеет высокий приоритет в индустрии. Различные погодные факторы могут оказывать огромное влияние на полеты – будь то самолет, вертолет или беспилотный летательный аппарат. Сильный ветер может сбивать дроны с курса, что при управлении во время взлета, полета или посадки нередко приводит к аварии. Осадки могут попасть внутрь дрона и повредить электрические компоненты, нарушая работоспособность и вызывая крушение. Полет в условиях низкой видимости и тумана может снизить качество полученных визуальных данных. Более низкие

температуры могут резко сократить время автономной работы, влияя на дальность и время полета.

Главными рисками пилотирования мультироторного ОБПЛА при отрицательной температуре являются: быстрая разрядка аккумулятора; высокая вероятность поломки деталей (отрицательная температура делает пластик хрупким); обледенение внутренних деталей и механизмов (при зимних полётах через щели и отверстия возможно попадание снега).

Отрицательные температуры больше всего оказывают влияние на аккумуляторные батареи. В большинстве современных квадрокоптерах используют литий-полимерные аккумуляторы (LiPO). Более холодные температуры сокращают время полета дрона, замедляя химическую реакцию в батареях и снижая их емкость. Полностью заряженный дрон, который обычно может находиться в полете от 20 до 25 минут, может летать всего 10-15 минут в холодную погоду. Экстремально холодная погода может вызвать неожиданное падение мощности, и, хотя это редко, бывают случаи, когда батареи полностью выходят из строя. Холодная погода также притупляет датчики дрона, что может привести к дрейфу дрона или меньшему отклику от входного сигнала управления.

Для нормальной работы аккумулятора температура не должна опускаться ниже 15 – 10 °С. Для достижения этого условия был разработан корпус, выполненный из пенополистирола. Особенностью данного материала является то, что он крайне легкий, не пропускает влагу и обладает крайне низкой теплопроводностью.

При выполнении моделирования пенополистироловый корпус был полностью герметичен во избежание утечки тепла. В реальных

конструкциях корпус не будет полностью герметичен из-за наличия технологических отверстий для силового кабеля аккумулятора, который подключается к плате распределения питания. Используя клапаны, возможно утеплить отверстия, однако утечка тепла все равно будет происходить. Это поможет избежать перегрева. Измерения температуры будут осуществляться при помощи температурного датчика.

Для размещения аккумулятора и электронных компонентов был разработан жесткий корпус, представленный на рисунке 1. Данный корпус разделен на 3 разных отсека: нижний (для нагревательного элемента в виде спирали); центральный (для аккумулятора); верхний (для электронных компонентов).

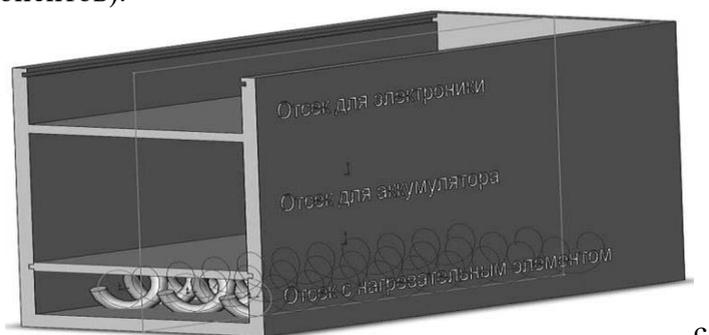


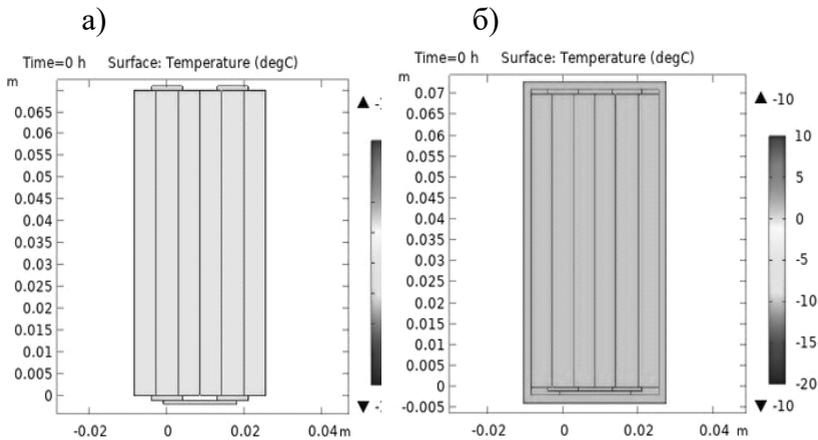
Рис.1

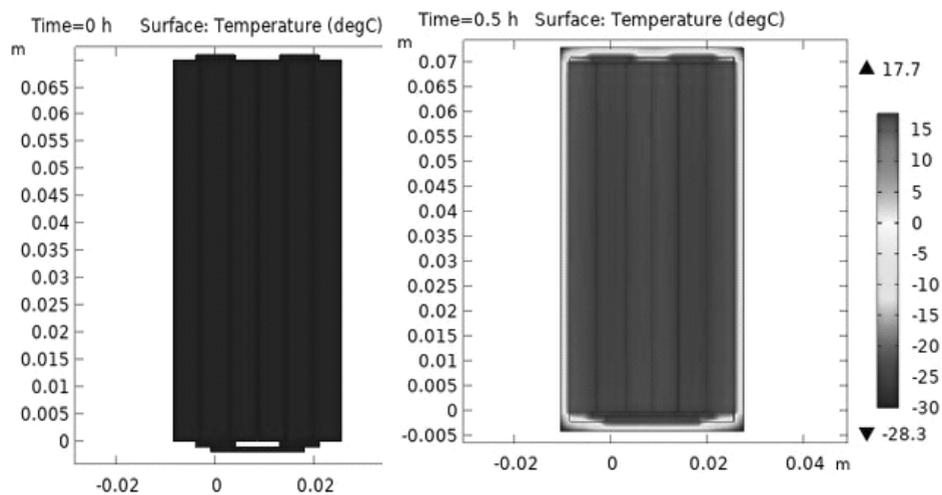
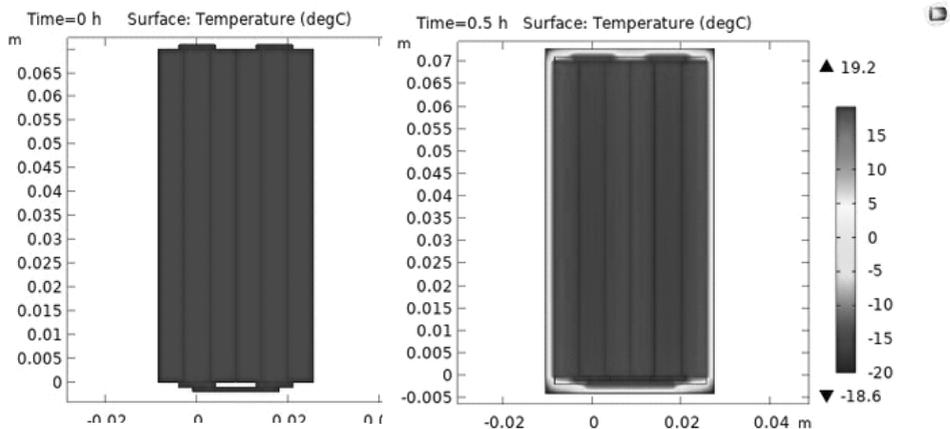
Анализ влияния отрицательных температур на аккумулятор был произведен в программе Comsol. Исследование проводилось при температурах:  $-10^{\circ}\text{C}$ ;  $-20^{\circ}\text{C}$ ;  $-30^{\circ}\text{C}$ ;  $-40^{\circ}\text{C}$ ;  $-50^{\circ}\text{C}$ . Для моделирования были выбраны аккумулятор без корпуса и аккумулятор с пенополистироловым корпусом.

Исходные данные выбранного аккумулятора показаны в таблице 1.

Тип аккумулятора	Литий-полимерный 2S
Ёмкость	2250 мАч
Напряжение	7,7 В
Предел напряжения	8,8 В
Энергетика	17,32 Вт/ч
Диапазон температур	0 <sup>0</sup> до +40 <sup>0</sup> С
Длина/ширина/высота	75x38x18
Масса	86,2 г

Таблица 1. Исходные данные аккумулятора





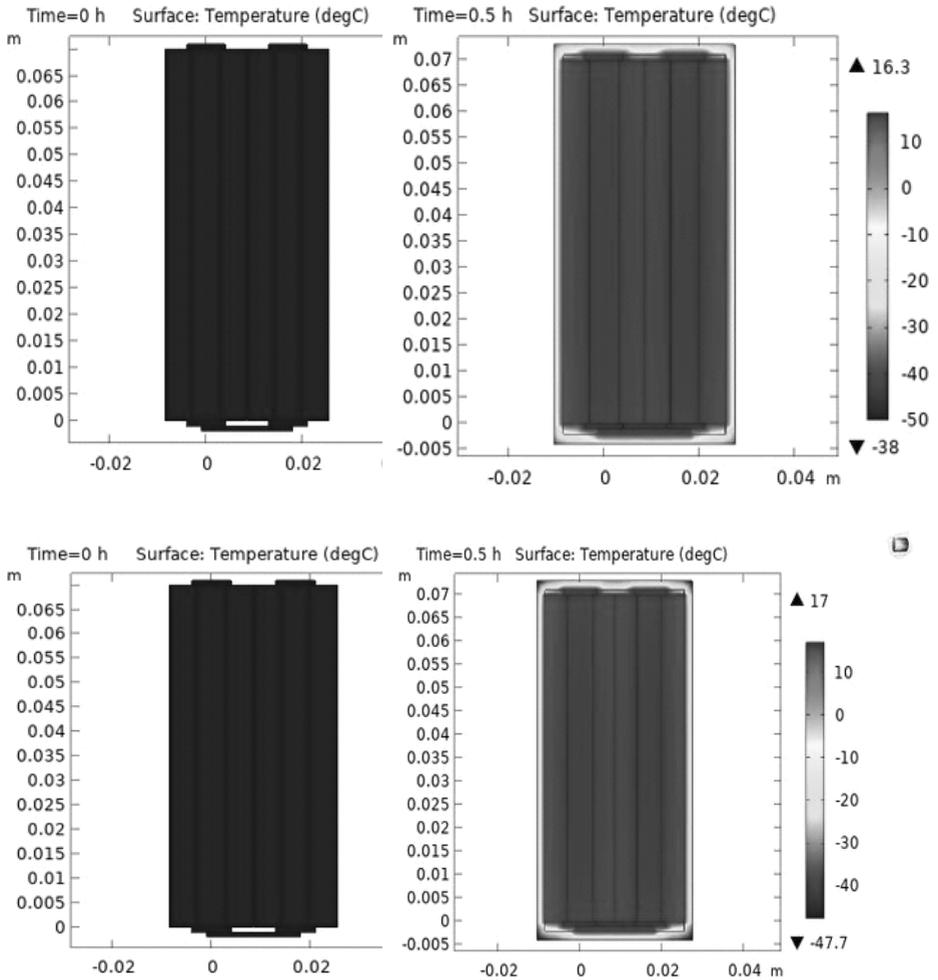


Рис. 2

Результаты моделирования в программе Comsol показаны на рисунке 2: а) аккумулятор без корпуса; б) аккумулятор с корпусом.

Анализ результатов, полученных моделированием в программе Comsol при различных отрицательных температурах, показывает, что пенополистироловый корпус сохраняет нормальную для работы температуру аккумулятора. У аккумулятора без корпуса при малых отрицательных температурах сокращается время работы и срок службы. При понижении температуры среды аккумулятор без корпуса приходит в негодность. На основании вышеизложенного появляется такая проблема как перегрев аккумулятора, который может привести к выводу его из строя. Для её решения необходимо разработать специальный датчик для отслеживания температуры и передачи информации на плату питания, который будет подогревать или остужать аккумулятор.

Список использованных источников:

1. Горбунов А.А., Галимов А.Ф. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полета беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала / Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. – Санкт-Петербург. – 2016. – С.7-15.

2. Типы аккумуляторных батарей [Электронный ресурс]. – URL: <https://best-energy.com.ua/support/battery/414-vidy-i-tipy-akkumulyatornykh-batarej-v-podrobnostyakh/> (дата обращения: 05.09.2021).

3. Утилизация пенополистирола [Электронный ресурс]. – URL: <https://cleanbin.ru/utilization/solid/styrofoam> (дата обращения 05.09.2021).

4. Guest Post Drones in the winter: 8 tips for flying a drone in cold weather // The Drone Girl [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.thedronegirl.com/2018/01/02/drone-cold-weather-tips/> (дата обращения: 05.09.2021).

5. Gao M. [и др.]. Weather constraints on global drone flyability // Scientific Reports. 2021. № 1 (11).

6. Why Drones Can't Use Regular Weather Forecasts // Tomorrow.io [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tomorrow.io/blog/why-drones-cant-use-regular-weather-forecasts/> (дата обращения: 05.09.2021).

### **Оптимизация аэродинамических характеристик с использованием программного обеспечения**

**Мухай Максим Александрович,**

**Ситников Виталий Андреевич**

Научный руководитель – Прокопенко Д.А.

МАИ, Москва

[Sitnikov Vitaly\\_34@mail.ru](mailto:Sitnikov_Vitaly_34@mail.ru)

Целью данного исследования является анализ применения компьютеризированного расчета аэродинамических характеристик с целью оптимизации геометрии крыла для достижения необходимых параметров и анализ необходимости разработки специального программного обеспечения для решения аэродинамической задачи.

Важен аспект, что оптимизация аэродинамического профиля является важнейшей задачей для инженеров, поскольку благодаря улучшению аэродинамического качества летательного аппарата возможно снизить потребление топлива, уменьшить массу конечного изделия, поставить другой тип двигателя, который в последствии может поднять экономическую выгоду перевозок и повысить комфорт и безопасность пассажиров.

В данной работе показано, что использование программного обеспечения необходимо для упрощения получения требуемых аэродинамических коэффициентов. На сегодняшний день единственным способом добиться требуемых характеристик является решение обратной аэродинамической задачи, основными методами решения которой являются панельный метод и метод вихревой воронки.

Панельный метод может использоваться практически для всех случаев потока с применением упрощений. Его суть заключается в разделении профиля крыла на части, называемыми панелями (Рис. 1), причем точность метода зависит от их числа. Каждая панель имеет «оригинальность» (алгебраические функции, являющиеся решением уравнения), где применяется уравнение Лапласа. Это дает линейный набор алгебраических уравнений. Необходимо дополнительное уравнение, так как получается  $N+1$  неизвестная и  $N$  уравнений ( $N+1$  вершина и  $N$  панелей). Оставшееся уравнение – постулат Жуковского-Чаплыгина: поток должен покинуть заднюю грань гладко. После решения уравнений можно получить все необходимые аэродинамические характеристики крыла.

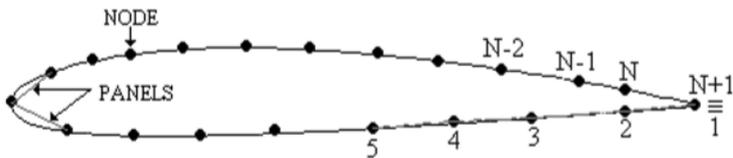
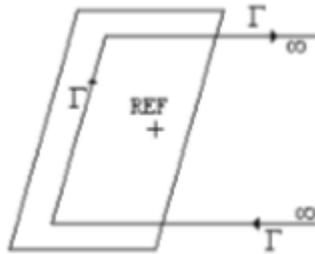


Рис. 1

Метод вихревой воронки имеет базовые сходства с панельным методом, но он проще в использовании. Из-за того, что метод полностью числовой, его было сложно применять для практических задач до развития компьютеров. Метод делит подъемные поверхности на панели, каждая из которых имеет подковообразную

воронку (Рис. 2), после чего с помощью уравнения Лапласа высчитываются необходимые характеристики.



(Рис. 2)

В данной работе рассказывается и обращается внимание на способы оптимизации геометрии крыла с использованием электронных вычислительных машин, поскольку доступных программ, прямым функционалом которых является решение обратной аэродинамической задачи, кроме PANAIR нет.

PANAIR был разработан в Boeing в 1990х годах, также известен как код A502. Данная программа может решать потенциальные потоковые проблемы, используя панельный метод высокого порядка. PANAIR решает задачу только для околосзвукового потока без учета вязкого эффекта. В свою очередь случаи, когда панельный метод ненадежен, могут привести к неправильному результату. Поскольку большее количество данных об этой программе засекречено, достоверная информация неизвестна, но заявляется, что данная программа используется и выполняет функцию.

Программное обеспечение торнадо — это код, основанный на методе вихревой воронки. У него есть два метода решения, зависящие от типа попутных воздушных потоков: зафиксированный воздушный поток или метод Торнадо. Модель крыла сделана с помощью разделения, и грубая модель фюзеляжа может быть посчитана. Разделение — секция крыла, где

геометрические характеристики не изменяются. Торнадо – MATLAB-реализованный код, опубликованный под лицензией GNU (General Public License). Программное обеспечение Торнадо вычисляет большое количество неизвестных таких, как подъемная сила, лобовое сопротивление (и их безразмерные коэффициенты), изгибающий момент и перерезывающие силы. Оно высчитывает аэродинамические силы поверхностей подобных крыльям (группа хвостового оперения), но не фюзеляжа или гондол.

Также в Центральном аэрогидродинамическом институте был разработан алгоритм для Ansys, который позволяет улучшить аэродинамические характеристики элементов: убрать или снизить толчки, улучшить поведение потока на определенной поверхности или обеспечить благоприятное распределение давления для развития ламинарного или турбулентного слоя на границе. Но проблема обратного метода в том, что он некорректен в общем ключе, поэтому не каждое заданное распределение давления может быть физически реализовано. Условия решения точно определены для двумерного потенциального потока. Инженерные подходы используются для настоящих вязких, околосвуковых и в редких случаях трехмерных потоков.

Делается вывод о необходимости разработки программного обеспечения для более быстрой и автоматизированной оптимизации несущей поверхности является необходимой задачей в будущем, поскольку это поможет гораздо проще достичь необходимых характеристик летательного аппарата для повышения эффективности его эксплуатации.

Список использованных источников:

- 1 Edwin J. Saltzman K. Charles Wang Kenneth W. Iliff Aerodynamic Assessment of Flight Determined Subsonic Lift and Drag Characteristics of Seven Lifting-Body and Wing-Body Reentry Vehicle Configurations. - 2002 - 159с.
- 2 Usman Ghani Peter R. Wormleaton And Hashhim Nisar Hashmi Three Dimensional CFD Modeling of Flow Structure in Compound Channels. -October 2010 – 568с.
- 3 I. A. Gubanova M. A. Gubanova INVERSE METHODS FOR AERODYNAMIC DESIGN USING THE NAVIER-STOKES EQUATIONS. – 2014-10с.
- 4 Yicheng Sun Howard Smith Supersonic Business Jet Conceptual Design in a Multidisciplinary Design Analysis Optimization Environment. - January 2018 - 21с.
- 5 А.А. Гонтаренко Решение обратных задач аэродинамики для невыпуклых форм. - 2011- 5с.

**Взгляд будущих инженеров на события Великой  
Отечественной войны**

**Новосельцев Максим Леонидович**

Научный руководитель – Коган Е.А.

МАИ, Москва

[maks.novoselcev35@mail.ru](mailto:maks.novoselcev35@mail.ru)

Для каждой страны, для каждого отдельного человека война является невероятно тяжёлым бременем. Она затрагивает жизни почти каждой семьи, многие семьи теряют своего кормильца. Также страдает и мирное население, ведь человечность в ходе войны уходит на второй план, а солдаты выполняют распоряжения вышестоящего руководства. Великая

Отечественная война не является исключением. Это одна из самых кровопролитных войн в истории нашей страны. Мы многим обязаны каждому отважному герою страны, который отдал свою жизнь за мирное, благополучное будущее. Именно поэтому особенно важным является сохранение и передача памяти о тех военных событиях из поколения в поколение. Ведь без храбрости и доблести воевавших солдат, мы жили бы в совсем иное время, в котором не было бы свободной жизни и независимости от других стран.

Вопросы сохранения исторической памяти о Великой Отечественной войне, отношения студентов к этим событиям рассматриваются в трудах многих современных ученых, таких, как Сорокина Н.Д. [6], Дулина Н.В., Икингрин Е.Н. [3], Коган Е.А.[1; 4] и других.

В 2019-2020-х годах под руководством Вишневого Ю.Р. было проведено всероссийское исследование отношения студентов к Великой отечественной войне [2; 5], в котором приняли участие будущие инженеры, обучающиеся в МАИ. Ранее подобные опросы проводились в 2005, 2010 и 2015 годах.

В исследовании приняли участие 150 студентов 2-5-х курсов Московского авиационного института.

Исходя из самооценок студентов, выяснилось, что многие из них обладают не вполне достаточными знаниями о Великой Отечественной войне (64%). Кроме того, более трети респондентов (38%) видят необходимость в расширении своих знаний в этой области. Стоит отметить, что большинство не согласилось с утверждением, что «Великая Отечественная война была давно, мне это неинтересно». О равнодушии студентов к событиям Великой

Отечественной войны говорит и тот факт, что лишь пятая часть опрошенных вообще не обсуждает их с кем-либо (21%). При этом 22,5% респондентов разговаривают о войне со старшими родственниками, 20,5% опрошенных - с учителями, преподавателями и 17% - с родителями. Таким образом, очевидно, что у студентов присутствует интерес к событиям Великой Отечественной войны.

Подавляющее большинство опрошенных (93%) имеют родственников, которые, так или иначе, принимали участие в Великой Отечественной войне. К сожалению, многих из них (70%) уже нет в живых, так как прошло 80 лет с начала войны. Поэтому День Победы для будущих инженеров и их семей является официальным днём памяти тех, кто сражался за свою страну [4].

В семьях многих будущих инженеров (51%) сохранились реликвии военных лет. Чаще всего встречаются фотографии (42%) и награды (37%), гораздо реже - грамоты и благодарности (7%), а также мемуары, дневники (2%). Это также позволяет сохранять память о родных и тех событиях Великой Отечественной войны, в которых они участвовали.

Таким образом, будущие инженеры проявляют интерес к событиям Великой Отечественной войны и осознают важность сохранения исторической памяти о событиях того периода времени. Но при всем этом, большинство студентов (59%) считают, что если бы возникла необходимость пойти на фронт, то сейчас добровольцев было бы меньше, чем в годы Великой Отечественной войны.

Список использованных источников:

1.Алексеева Ю.А., Коган Е.А. Отношение студентов к событиям Великой Отечественной

войны//Память о великой Победе. Межвузовский сборник статей: в 2-х частях. Ч.2 / Под ред. А.А. Александрова и В.К. Балтяна. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. - С. 151-155.

2. Вишневский Ю.Р., Нархов Д. Ю. Динамика патриотических установок студенческой молодежи: по материалам мониторинга «Российское студенчество о Великой отечественной войне» (2005-2010-2015гг.)// "Война была позавчера... Российское студенчество о Великой отечественной войне. Материалы мониторинга "Современное российское студенчество о Великой Отечественной войне". Под общей редакцией Ю. Р. Вишневого. Екатеринбург, Издательство: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), 2015. С. 185-202.

3. Дулина Н.В., Икингрин Е.Н., Мансуров В.А. Молодёжь России о Великой Отечественной войне//Социологические исследования. 2020. № 5. С. 162-163.

4. Коган Е.А. Будущие инженеры о Дне Победы и патриотизме//Человеческий капитал. 2020. № 9 (141). С. 64-73.

5. Спасибо прадеду за Победу...: монография по материалам мониторинга «Российское студенчество о Великой Отечественной войне» (2005-2010-2015-2020 гг.) / (под общ. ред. Ю.Р. Вишневого); Мин-во науки и высшего образования РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 352с

6. Сорокина Н.Д. Историческая память современных студентов. Что происходит?// Высшее образование в России. 2020. № 10. С. 144-152.

**Разработка технологии беспроводной передачи  
данных между модулями кубсатов**

**Предеин Клим Владимирович<sup>1</sup>,  
Сухарев Денис Александрович<sup>2</sup>**  
Научный руководитель – Рудой И. А.<sup>1</sup>  
МАИ<sup>1</sup>, МИНОТ РГГУ<sup>2</sup>, Москва  
[klimpredein@mail.ru](mailto:klimpredein@mail.ru)

Массовые, прочностные характеристики и процессы изготовления микроспутников сегодня не являются оптимальными. Современные (беспроводные) технологии позволяют улучшить параметры малых космических аппаратов, оптимизировать задачи производства. Помимо этого, проводная система, по сравнению с беспроводной, усложняет унификацию аппаратов для их различного рода взаимодействия в космосе.

Контактные разъёмы физических соединений в нагруженных элементах являются слабыми местами, беспроводные модули лишены этого недостатка.

В рамках реализации проекта будет разработан прототип системы беспроводной передачи информации между модулями микроспутников. Итоговым экспериментальным устройством будет демонстратор спутника формата CubeSat 1U. В компоновку демонстратора будут включены модули беспроводной передачи данных, располагающиеся на платах в каркасе кубсата. Во время работы компоненты демонстратора будут обмениваться информацией беспроводным путем.

Принципиальное новшество разработки будет состоять в применении беспроводной связи внутри малого космического аппарата. Удаление системы кабелей внутри спутника позволит снизить общую сухую массу аппарата на 7-10%. Освободившуюся

массу и пространство можно использовать для дополнительной полезной нагрузки. Благодаря данному варианту компоновки не будет ограничений взаиморасположения плат, накладываемых информационными кабелями, таких как ограниченное расстояние между платами, последовательность их установки, учитывая общие габариты до 100 мм \* 100 мм \* 100 мм.

Основные задачи работы:

1. Разработка принципа беспроводной передачи данных.
2. Разработка составных частей модулей беспроводной передачи данных в кубсате.
3. Разработка конструкции модулей беспроводной передачи данных.
4. Разработка каркаса кубсата и креплений для модулей.
5. Разработка системы беспроводной передачи данных между модулями кубсата.

Технология будет применяться в образовательных космических проектах, учебных комплектах спутников. Первым заказчиком данного демонстратора планирует стать космическая компания SET-Orbit. Дальнейшими потребителями будут космические компании, запускающие микроспутники, такие, как Iridium, Spacebelt, Urthecast. По результатам выполнения текущего проекта предполагается проведение более масштабных НИР в рамках грантов, таких как Старт и Развитие.

Список использованных источников:

1. Фортескью П., Суанерд Г., Старк Д. (ред.) Разработка систем космических аппаратов. Альпина Паблишер, 2016, 764 с.

2. I. Arruego, H. Guerrero, S. Rodríguez, J. Martínez-Oter, J. J. Jiménez, J. A. Domínguez, A. Martín-Ortega, J. R de Mingo, J. Rivas, V. Apéstigue, J. Sánchez, J. Iglesias, M. T. Alvarez, P. Gallego, J. Azcue, C. Ruiz de Galarreta, B. Martín, A. Alvarez-Herrero, M. Díaz-Michelena, I. Martín, F. R. Tamayo, M. Reina, M. J. Gutierrez, L. Sabau, J. Torres A Ten-Year History in Optical Wireless Links for Intra-Satellite Communications. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL 27, NO. 9, DECEMBER, 2009, с. 1599-1611.

**Разработка опытного пульта дистанционного  
управления БПЛА**

**Прохоров Дмитрий Львович,  
Сертаков Вадим Владимирович**

МАИ, Москва

[pd13860@gmail.com](mailto:pd13860@gmail.com)

В современном мире все существующие БПЛА управляются дистанционно с помощью оператора, а в некоторых случаях, самые перспективные модели выполняют полеты в автоматическом режиме. Для удобства оператора при ручном режиме управления требуется наличие удобного в эксплуатации и надежного при неблагоприятных условиях пульта дистанционного управления. Современные пульты представляют из себя приборы, обладающие следующими необходимыми элементами: джойстиком, переключателями, экранами, встроенным обрабатывающим компьютером и радиопередатчиками. Безусловным плюсом таких устройств является их миниатюрность при большом количестве выполняемых функций. Из-за необходимости миниатюризации

главным недостатком таких электронных устройств является большая стоимость комплектующих. В представленной работе была выполнена попытка разработать максимально дешёвый, но не уступающий по функционалу своим аналогам пульт дистанционного управления. Разработанное устройство было специально создано и адаптировано для квадрокоптера собственной разработки. В представленном экземпляре были созданы оригинальные протоколы передачи данных, и разработаны специальные команды. При необходимости представленный пульт без проблем можно модернизировать для сторонних БПЛА с использованием любого протокола данных.

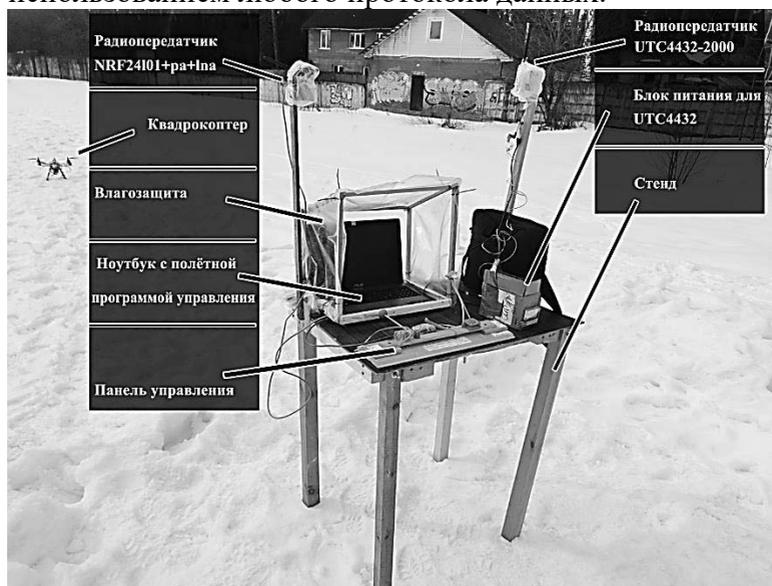


Рис. 1. Общий вид пульта дистанционного управления

На рисунке 1 показан общий вид опытного образца пульта управления. Очевидно, что созданный стенд при необходимости можно уместить в более компактном виде в одном корпусе, но для удобства

разработки и настройки необходимых систем, все оборудование размещено на стенде. Благодаря такой компоновке возможна быстрая модернизация всего комплекса в целом. Использование любого ноутбука позволяет отказаться от специализированных устройств аналогичных пультов управления. Для данной установки подойдет самый примитивный ноутбук на операционной системе Windows с тремя свободными USB портами. В общем случае управление БПЛА производится при помощи панели управления, с которой сигнал идет на компьютер в полетную программу управления, а далее передается на радиопередатчики. В качестве радиопередатчиков используются два модуля. Первый UTC4432-2000 мощностью 2 ватта, работающий на частоте 433 МГц, данное устройство производит отправку данных на БПЛА. Дальность его работы - 5 км на прямой видимости. Второй модуль это nrf24101, данное устройство выполняет прием телеметрии с квадрокоптера. Использование двух передатчиков обусловлено возможностью одновременной двусторонней передачи данных и повышением быстродействия [1].



Рис. 2. Рычаг газа(слева) и крена/тангажа(справа) панели управления вблизи

На рисунке 2 показаны рукоятки панели управления. Оператору, при помощи показанных на рисунке рукояток, было необходимо задавать необходимые параметры полета квадрокоптера. Рукоятка газа представляет собой простой переменный резистор. Считывание показаний углов крена и тангажа производится при помощи двух переменных резисторов, то есть по двум осям. Принципом действия обоих рукояток является считывание падения напряжения на каждом из переменных резисторов при помощи АЦП вычислительного блока панели управления и дальнейшая передача данных на компьютер. Все детали распечатаны на 3Д принтере и при необходимости могут быть уменьшены для создания портативной версии панели.

Для обеспечения работоспособности данного пульта необходима полетная программа управления на ноутбуке. Она полностью написана своими силами на языке C# и является неотъемлемой частью управления квадрокоптером [2]. В её функционал входит отправка большого числа команд на БПЛА, прием его телеметрии и прочей информации, формирование пакетов с данными панели управления и их отправка, а также другие прочие функции. Структурно она состоит из нескольких модулей, каждый из них выполняет свои команды.

Во время выполнения полета программа наглядно показывает отправляемые данные на БПЛА и позволяет в режиме реального времени во время полета менять его параметры. Поддерживается работа с GPS, имеется наглядная карта с отображением реальных координат квадрокоптера и требуемой цели. Так же программа позволяет управлять БПЛА без внешней панели управления буквально как в играх при помощи клавиш WASD, тем самым задавая необходимый крен/тангаж. Ползунком задается необходимый газ.

Таким образом, был разработан рабочий прототип дистанционного пульта управления БПЛА с большим функционалом, который на данный момент позволяет управлять квадрокоптером собственной разработки. Но при этом, при необходимости, его можно адаптировать к другим сторонним БПЛА при наличии документации на используемый у них протокол передачи данных. Главными преимуществами созданного прототипа является его простота, цена и адаптивность под нужды любых БПЛА.

Список использованных источников:

1. Вербицкий Л.И., Вербицкий М.Л, Радиосвязь. Руководство для начинающих и не только: организация, технические средства, использование, 2016.

2. Албахари Бен, Албахари Джозеф, С# 7.0 Справочник. Полное описание языка, 2018.

**Исследование оценки пористости изделий,  
получаемых методом выборочной лазерной плавки  
металлов из металлопорошковых композиций**

**Радыгина Дарья Петровна**

Научный руководитель – к.т.н. Рипецкий А.В.

МАИ, Москва

[radygina.darja@yandex.ru](mailto:radygina.darja@yandex.ru)

Селективное лазерное плавление (англ. Selective Laser Melting, сокр. SLM) – один из методов аддитивного производства, который активно развивается в последние годы. Суть метода заключается в послойном нанесении слоя металлического порошка на подложку, с последующей выборочной его плавкой в заданных управляющей программой местах, с целью его расплавления для формирования готового изделия.

Как и в других методах аддитивного производства, для метода SLM характерно наличие у изделия внутренних остаточных напряжений после процесса печати, из-за чего существует проблема в прогнозировании поведения его под воздействием внешних нагрузок. Это ограничивает возможность использования метода для производства высокоответственных деталей.

Для печати методом SLM используются различные металлические порошки. Влияние на качество конечного изделия имеют: распределение частиц порошка по размерам, форма частиц и наличие

газовых пор между ними. Одной из задач является нахождение оптимальной формы частиц и распределение их по размерам, которые обеспечат достаточно плотную упаковку. Также является необходимым нахождение способа уменьшения газовых включений между частицами порошка, приводящих к образованию пор внутри готового изделия.

Большую роль в процессе печати играют параметры скорости сканирования и мощности пятна лазера. Именно подбору этих параметров посвящена большая часть исследований метода SLM. Увеличение скорости сканирования, некорректные параметры пятна лазера могут служить причиной недостаточного расплавления и связывания частиц порошка. В то же время уменьшение скорости сканирования может приводить к эффекту сфероидизации или, вследствие излишнего капиллярного давления, образованию пор в виде замочных скважин, которые служат концентраторами напряжения, а также, в целом, увеличивает длительность синтеза.

Выбранную тему исследования можно разделить на несколько основных этапов:

- Исследование и поиск оптимального способа сканирования участков (стратегии сканирования). В этой части работы осуществляется подбор схемы прохождения пятна лазера в пределах одного участка для обеспечения наилучшего сплавления соседних треков между собой и образования прочной связи между слоями;

- Исследование свариваемости участков, находящихся на границах секторов, обрабатываемых соседними лазерами в одной камере печати. Подбор направления играет большую роль в выборочном лазерном плавлении, так как с его помощью можно

моделировать механические характеристики получаемого изделия в различных направлениях.

SLM печать может проводиться в различных средах. При плавлении порошка желательнее свести к минимуму возможность образования оксидной плёнки в пределах ванны расплава. С этой целью камеру печати заполняют инертными газами, например аргоном. Также печать могут проводить в вакууме, что имеет свои преимущества, например, такие как уменьшение газовых включений между частицами порошка.

Проанализированные литературные источники подтверждают актуальность выбранной направления работ.

Проведенный анализ предметной области показал, что для каждой технологии, производителя оборудования, марки и производителя материала параметры, которые исследуются в работе, будут разными.

В связи с этим полученные в ходе исследования зависимости можно использовать для уменьшения временных и финансовых затрат, для проверки и отработки параметров лазерного плавления для вновь создаваемого оборудования и материалов.

Таким образом, актуальность работы заключается в необходимости исследования влияния всех вышеперечисленных параметров на процесс печати. Это позволит создать алгоритм подбора материала, среды и способа печати под конкретные производственные задачи.

Список использованных источников:

1. Кашаев Ф. В., Шулейко Д. В., Заботнов Лазерно С. В. Лазерно –индуцированная модификация алюминиевых микропорошков в режиме селективного

лазерного плавления // Учёные записки физического факультета Московского Университета. – 2018. -№1

2. Литунов С.Н., Слободенюк В.С., Мельников Дмитрий Д.В. Обзор и анализ аддитивных технологий. Часть 1 // Омский научный вестник. – 2016. -№1 (145).

3. Караваев А.К., Пучков Ю.А. Исследование структуры и свойств сплава  $alsi10mg$ , полученного методом селективного лазерного сплавления // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – №5 (134). – 2020.

4. Дынин Н.В., Заводов А.В., Оглодков М.С., Хасиков Д.В. Влияние параметров процесса селективного лазерного сплавления на структуру алюминиевого сплава системы Al-Si-Mg // Труды ВИАМ.- №10 (58). -2017.

5. Колчанов Д.С., Дренин А.А., Денежкин А.О. Исследование влияния режимов выращивания методом селективного лазерного плавления на пористость в изделиях из медных сплавов // Photonics. - №2(13). – 2019.

6. <https://rt-ecat.ru/stati-1/post/osnovnye-problemy-3d-pechati-metallom-po-tehnologii-slm-selektivnogo-lazernogo-plavleniya>

### **Способ применения ДТМФ-сигналов в задачах дистанционного управления устройствами приёма**

**Руденко Евгений Витальевич**

Научный руководитель – Егоров В.В.

МАИ, Москва

[zhenya7258@gmail.com](mailto:zhenya7258@gmail.com)

При организации беспроводных систем безопасности, контроля и управления различными

устройствами автоматизации в условиях загородного участка важным фактором является низкий уровень затухания сигналов в объектах окружающей среды, в частности в лесопосадках и кустарниках, стоящих на пути луча связи. При этом перспективным становится построение радиолинии в диапазоне УКВ-2.

Диапазон УКВ-2 (СCIR FM, от 87,5 до 108 МГц) является диапазоном, в котором осуществляется вещание гражданских радиостанций. Естественно, на микросхемы, осуществляющие приём в данном диапазоне, достаточно велик спрос, и, как следствие, невысока цена. При этом для эффективного приёма сигналов в данном диапазоне могут применяться сравнительно небольшие антенны, не требующие специального крепления. Волны данного диапазона достаточно эффективно отражаются от различных поверхностей и меньше затухают в препятствиях, что позволяет им при той же мощности передатчика распространяться на большие расстояния, чем более высокочастотные сигналы популярных на данный момент систем BlueTooth и WLAN. Таким образом, реализация командной радиолинии на данных частотах является достаточно обоснованной задачей, имеющей ряд как коммерческих, так и экологических преимуществ. Также следует отметить, что в условиях загородного участка ввиду значительной удалённости от точек вещания гражданские радиостанции УКВ-2 диапазона принимаются с большим уровнем шумов либо не принимаются вовсе, что делает диапазон локально свободным от радиостанций.

В диапазоне УКВ-2 без лицензирования разрешено использование передатчиков мощностью не более 10 мВт (применяются в радиомикрофонах караоке и автомобильных FM-трансммитерах). Проведенные

эксперименты показали, что предлагаемая радиопередача способна на данной мощности передавать команды с высокой степенью достоверности (вероятность правильного обнаружения больше 0,95, вероятность ложного срабатывания ниже 0,001) на расстояние порядка 100 м.

Данное расстояние является приемлемым для организации, например, систем пожарной безопасности или охраны в садоводческих товариществах, систем контроля электропитания, управления освещением, приводом откатных ворот, дистанционных систем полива, систем контроля утечек газа и иных систем, позволяющих автоматизировать процессы, происходящие на территории загородного участка. Естественно существует возможность установки ретрансляторов, позволяющих передавать информацию на большие расстояния.

Поскольку представленные на рынке микросхемы приёмников в основном разработаны для демодуляции звуковых сообщений (прослушивания радиоэфира), данные передавались звуковыми сигналами двухтональной модуляции (DTMF) с последующей обработкой стандартными микросхемами, применяемыми в телефонии, однако эксперимент показал, что не все двухтональные комбинации детектируются с одинаковой вероятностью, и разница довольно значительна. Ограничившись только сигналами, соответствующими цифрам «6», «8», «10» и «12» стандартного тонального набора, которые показали наивысшие результаты, была сформирована структура кодового пакета, приведенная на рис 1.

Проведенные эксперименты показали, что при использовании только этих сигналов длительность одного символа тонового набора может быть снижена

до 32 мс без существенного снижения вероятности правильного обнаружения. Неизбежно растущая при этом вероятность ложного срабатывания снижается за счёт применения кодирования с вычислением контрольных сумм. Фактически передаётся 16 бит данных, 4 из которых являются контрольной суммой, а 12 передают полезную информацию. Таким образом, на данный момент радиолиния способна передавать команды объёмом в 12 бит за 1,256 с, то есть, достигнута скорость 9,6 бит/с. Важно отметить, что в начале пакета в течение 200 мс передаётся чистая несущая частота. Это необходимо для того, чтобы системы автоподстройки частоты приёмника смогли захватить частоту и приём был осуществлён с максимальным усилением. При передаче множества пакетов непрерывно скорость может быть увеличена до 11 бит в секунду. Структурная схема приёмной части радиолинии приведена на рисунке 3

При разработке передающей части радиолинии так же уделялось большое значение невысокой стоимости требуемого изделия, поэтому формирование радиосигналов с двухтональной частотной модуляцией было осуществлено посредством коммутации сигналов многоканального синтезатора частот, формирующего три частоты – несущую и две боковые, отстающие от несущей на равные интервалы вверх и вниз (в результате общая полоса радиосигнала составляет порядка 100 кГц). Модуляция осуществляется при помощи микросхемы-мультиплексора, на вход которой поступают два логических сигнала тонов, сформированных при помощи микроконтроллера. На выходе мультиплексора (после удвоения) в случае низкого уровня на обоих входах формируется несущая частота с отстройкой вниз, в случае высокого уровня на

обоих входах – несущая частота с отстройкой вверх, а в иных случаях – непосредственно несущая частота. Такой сигнал уверенно демодулируется стандартными микросхемами приёмников как монофонический ЧМ-сигнал. Блок-схемы передающей части радиолинии приведена на рисунке 4.

На данный момент ведутся экспериментальные исследования с целью увеличения скорости передачи данных (увеличения объёма пакета), а также исследуется возможность повышения вероятности корректного приёма пакета.

Для обеспечения безопасности дома, находящегося в садоводческих некоммерческих товариществах (СНТ), а также удаленного контроля различных параметров, в частности потребления электроэнергии и температуры в доме, применяются различные системы дистанционного мониторинга, основанные на стандартных протоколах беспроводной связи. В условиях густой растительности и неуверенного приема GSM-сигнала решением становится применение сигналов в диапазоне УКВ—2 (87,5 МГц — 108,0 МГц) [Рисунок 1].

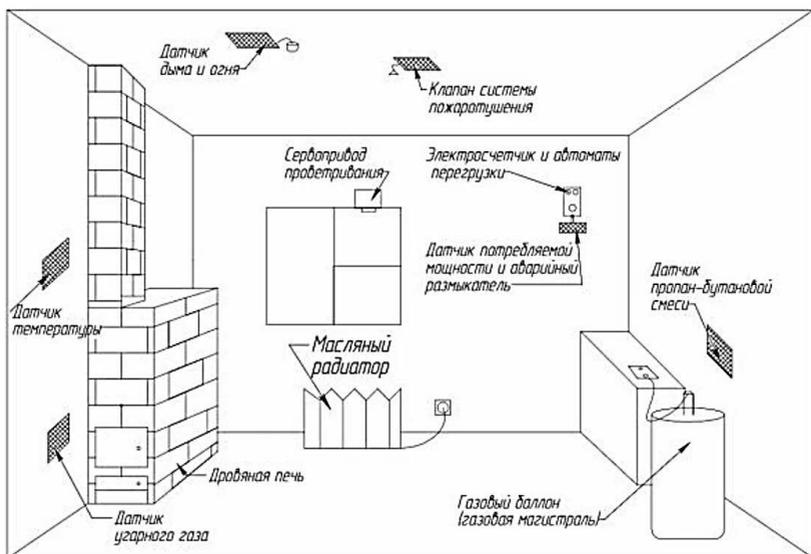


Рис. 1

В студенческом конструкторском бюро Московского авиационного института (СКБ-4 МАИ) были изготовлены программно-аппаратные решения, позволяющие передавать и декодировать 12-битные пакеты данных (передается 16 бит, 4 из которых — контрольная сумма) на разрешенной в диапазоне УКВ—2 нелицензируемой мощности в 10 мВт. При этом вероятность приёма пакета составила 0,99 при вероятности приёма (подтверждения) искаженного пакета, равной 0,00001. На базе этих модулей была разработана система, представленная на рисунке 1.

Структура такой системы предполагает наличие ретрансляторов, закрепленных на столбах уличного освещения, а также набора датчиков различных аварийных состояний и исполнительных устройств, действие которых снижает величину опасности ещё до прибытия на место владельца или иного

уполномоченного лица после поступления сигнала тревоги.

На основании предложенной концепции системы в данный момент разрабатываются прототипы модулей, внедрение которых позволит в перспективе снизить риски для загородных домов, в том числе находящихся в законсервированном состоянии без присутствия людей.

Разработанные модули проходят испытания и готовится эксперимент с внедрением данной системы в реальное СНТ.

Список использованных источников:

1. Яковлев, О. И Якубов В. П. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов, А. Г. Павель-ев; под ред. Яковлева О. И. — М.: ЛЕНАНД, 2009. — 399с.

[2] Руденко, Е. В. Хохлова А. В. Организация командной радиолинии с применением стандартных радиоприемников УКВ-2 диапазона // 28—й Всерос. межвузовская научно-технической конф. студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика — 2021» — М.: МИЭТ, 2021. — 159с.

### **Исследование лунного грунта с помощью реактивного пенетратора**

**Рыкалин Андрей Владимирович,  
Языков Михаил Дмитриевич**

Научный руководитель – профессор, д.т.н. Родченко В.В.  
МАИ, Москва  
[rykalin.2000@mail.ru](mailto:rykalin.2000@mail.ru)

По мере освоения космического пространства появляется и возрастает необходимость изучения поверхностей космических объектов и тел (в частности,

и Луны) [8]. Это объясняется тем, что результатами проводимых исследований является полезная информация, которая может быть необходимой для проводимых на той или иной поверхности сейсмических, биологических и других исследований, а также для реализации большого числа перспективных работ и проектов, связанных с покорением космоса. Среди них можно отметить строительство лунной базы с помощью скважины глубиной в несколько десятков метров [1]; определение содержания воды в марсианской и лунной породах; исследование физико-механических свойств грунта на космических объектах; определение магнитного поля и магнитных свойств породы; определение элементного состава пород [9]; получение данных о метеорологических условиях на том или ином космическом объекте; доставка в поверхностные слои космического объекта научной аппаратуры, которая способна извлекать необходимые материалы и пробы, а также проводить заданные измерения; ретрансляция на Землю научной информации, полученной в ходе выполнения научных исследований, с помощью передачи ее на орбитальный аппарат.

Вышеперечисленные задачи могут быть решены с помощью бурения [7], а его реализация возможна взрывным, инерционным, реактивным, газодинамическим способами, а также их комбинациями. В настоящей работе предлагается применение реактивных пенетраторов – аппаратов, которые запускаются с посадочных модулей автоматических межпланетных станций и проникают в грунт на значительные расстояния с высокой скоростью при относительно малой собственной массе, образуя скважину методом уплотнения и двигаясь в грунте за

счет кинетической энергии и за счет тяги ракетного двигателя твердого топлива [5].

Рассмотрено устройство такого пенетратора на примере схемы реактивного аппарата «Гром-24» [4], что позволяет лучше понять принцип функционирования аппарата. Этому также способствует составление общей схемы запуска пенетратора в поверхностные слои того или иного космического тела (в данной работе - Луны): в работе рассмотрены возможные варианты движения пенетратора при проникании в реголит (лунный грунт). Обнаружено, что глубина внедрения пенетратора зависит от того, каким образом он запускается с посадочного модуля; были найдены и некоторые другие параметры, влияющие на величину расстояния, которое пройдёт пенетратор в реголите [6]. Среди них: массогабаритные характеристики пенетратора и скорость его входа в реголит, диаметр скважины в грунте и сопротивление среды. Для нахождения последней зависимости были изучены свойства реголита как среды движения пенетратора [2].

Как известно, наиболее перспективным проектом в космонавтике является строительство и обслуживание лунной базы, которая позволит в дальнейшем проводить ряд научных экспериментов в области астрономии, космологии и других наук. Это необходимо и при исследовании эволюции Солнечной системы. Проведенные в настоящей работе расчеты и полученные результаты могут упростить процесс образования кратера в лунной поверхности [3], в котором будет находиться корпус лунной базы: реактивный пенетратор можно использовать в качестве средства образования этого кратера [10] в результате подрыва взрывчатого вещества в головной части пенетратора, который

посредством маршевых двигателей должен углубиться на заданную величину.

В работе также представлены преимущества пенетраторов, благодаря анализу которых именно им могут отдаваться предпочтения в эксплуатации при исследованиях лунного грунта. Тем не менее, к настоящему времени с помощью рассматриваемых аппаратов получен довольно не значительный объем информации о поверхности, на которой проводились исследования. В связи с этим, существует направленность на дальнейшее применение реактивных пенетраторов в результате улучшения их технических характеристик.

Список использованных источников:

1. Галеев А.Г., Гусев Е.В., Родченко В.В., Садретдинова Э.Р. Выбор параметров пенетратора, входящего в лунный грунт с нулевой скоростью // Москва: Электронный журнал «Труды МАИ», 2013. Вып. 64. С. 23.

2. Заговорчев В.А. Метод обоснования технических характеристик многомодульных лунных реактивных пенетраторов. Автореф. дисс. канд. тех. наук: 05.07.02 / В.А. Заговорчев. Москва, 2014. С. 144.

3. Караштин В.М., Катков А.Г., Родченко В.В. Основы проектирования систем наземного обеспечения. М.: Изд-во МАИ, 1998. С. 312.

4. Родченко, В.В. Основы проектирования реактивных аппаратов для движения в грунте. М.: МАИ-ПРИНТ, 2009. С. 360.

5. Родченко В.В., Заговорчев В.А., Садретдинова Э.Р., Пронина П.Ф. Применение реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте // Научный журнал «Вестник УГАТУ», 2019. Т. 23, №1 (83). С. 56-63.

6. Родченко В.В., Садретдинова Э.Р., Заговорчев В.А., Луговцов И.В. Влияние особенностей функционирования двигателя на технические характеристики лунного пенетратора // Москва: Электронный журнал «Труды МАИ», 2012. Вып. 59. С. 13.

7. Садретдинова Э.Р. Метод выбора проектных параметров реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте: дис. канд. тех. наук: 05.07.02 / Э. Р. Садретдинова; МАИ. М., 2014. С. 136.

8. Бурение в космосе [Электронный ресурс]. URL: <http://byrim.com/burenie/13.html> (дата обращения: 12.01.2020).

9. Пенетраторы [Электронный ресурс]. URL: [http://www.iki.rssi.ru/mars96/09\\_mars.htm](http://www.iki.rssi.ru/mars96/09_mars.htm) (дата обращения: 12.01.2020).

10. Способ забора грунта планеты и устройство для его осуществления [Электронный ресурс]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2132803C1\\_19990710](https://yandex.ru/patents/doc/RU2132803C1_19990710) (дата обращения: 27.01.2020).

**Разработка прибора для формирования сигналов,  
необходимых для оценки уровня мышечной  
активности биоимпедансным методом**

**Сазонов Олег Игоревич**

Научный руководитель – Егоров В. В.

МАИ, Москва

[bibibi492@gmail.com](mailto:bibibi492@gmail.com)

Возможность реализации интерфейса человек-машина может иметь широкое применение как в повседневной жизни, так и в космонавтике. Данная разработка является частью программно-аппаратного комплекса, который способен повысить качество

работы миографические системы управления. Наиболее распространённый метод измерения биопотенциалов имеет большие сложности с обработкой полученных сигналов ввиду высокого уровня шумов. Альтернативой ему является биоимпедансный метод, позволяющий упростить обработку, но, при этом, требующий подачу на поверхность кожи в районе мышц специальных измерительных сигналов. Мышцы, сгибающие и разгибающие пальцы, расположены в районе предплечья, где закрепляются электроды, часть которых необходима для снятия экспериментальных данных, а часть – для подачи измерительных сигналов. Данные сигналы имеют сложную форму и в целях безопасности должны соответствовать строгим требованиям, так как при их несоблюдении есть вероятность повреждения мышц. В ходе параллельно проводимого научного исследования возникла задача обработки большого массива экспериментальных данных уровней мышечной активности, для получения которых стало необходимо наличие прибора, позволяющего формировать упомянутые выше сигналы. Естественно, к данному прибору были выдвинуты значительные требования и ограничения, которые необходимо было учесть при его проектировании и разработке. Был проведен обзор, на основании которого были чётко сформулированы требования к прибору, как к сигналам, так и к его конструкции и возможностях настройки и калибровки. Был осуществлён подбор основной элементной базы, определены массогабаритные характеристики изделия и прочие особенности. Далее на базе СКБ-4 МАИ был разработан его прототип, удовлетворяющий основным требованиям безопасности и позволяющий сформировать библиотеку выборок сигналов, снятых с

разных мышц в различных их состояниях для последующего анализа.

## **Программный комплекс для обучения языку Matlab Самодина Кристина Марковна**

Научный руководитель – профессор, д.т.н. Кривилев А.В.  
МАИ, Москва  
[modina.kris@bk.ru](mailto:modina.kris@bk.ru)

Все большее количество инженерных задач решается с применением систем компьютерной математики (СКМ). Возрастающий интерес к СКМ связан с возможностью автоматизации получения решений как в аналитическом, так и в численном виде с произвольной точностью, а также простотой создания интерактивных приложений, позволяющих облегчить анализ решения при изменении начальных данных. В настоящее время наиболее распространёнными СКМ в отечественной академической среде являются Maple [1], Mathematica [2], Matlab [3], Maxima [4], Octave [5], Sage [6] и Scilab [7]. Наряду с языком программирования и пакетами расширения СКМ Maple, Mathematica, Matlab и Scilab включают в себя системы моделирования соответственно MapleSim, SystemModeler, Simulink и XCos, которые позволяют создавать модели сложных динамических систем и исследовать происходящие в них процессы во времени. На сегодняшний день наибольшей популярностью при разработке интегрированных систем управления летательными аппаратами пользуется система Matlab. Несмотря на большую популярность, такая система как Matlab в целом, так и язык программирования Matlab являются сложными для освоения с нулевого уровня.

Компания Mathworks создаёт обучающие видео, демонстрирующие возможности Matlab и облегчающие знакомство с системой. Существует программный комплекс (ПК), работающий в режиме обучения и тестирования [8], который позволяет оценивать уровень освоения пройденного материала. Однако, в указанном ПК используется синтаксическая проверка правильности введённых команд, что препятствует включению в него новых заданий в виде отдельных файлов и, следовательно, существенно ограничивает его использование в учебном процессе. В данной работе разработан ПК, основанный на семантической проверке введённой команды и команды-образца, т.е. осуществляется проверка результатов, которые должны совпадать.

Предлагаемый ПК написан на языке Matlab, состоит из ядра и отдельных текстовых файлов, включающих задания и правильные ответы. Файлы могут создаваться и редактироваться преподавателем. При запуске ядра ПК указывается файл, содержащий задания и ответы. Во время работы ядра ПК выполняется настройка режима работы командного окна системы Matlab, вывод заголовка и текстового меню, переход к выбранному режиму работы, перебор заданий из файла, проверка правильности введённых команд и в случае выбора режима тестирования вывод результатов тестирования. При завершении работы ядра ПК происходит восстановление режима работы командного окна, который был до его запуска.

Проверка правильности ввода команды реализуется с помощью отдельной функции, которая получает правильный вариант ввода команды или команду-образец, ожидает ввода команды и после её ввода сравнивает два результата - команды-образца и

введённой команды. В том случае, если они совпадают, то команда введена верно и происходит переход к следующему заданию. В противном случае необходимо ещё раз ввести команду. Возврат к строке ввода команды будет происходить до тех пор, пока не будет введена правильная команда. С целью устойчивой работы ПК ведётся журналирование, позволяющее использовать ответы для следующих заданий и работать с генератором псевдослучайных значений.

Ядро ПК является компактным и состоит из 140 строк. Разработанный ПК содержит три текстовых файла, позволяющих пройти обучение и проверку знаний по работе со скалярными величинами, векторами и матрицами. ПК прошел апробацию на лабораторных работах по курсу "Информатика", который включён в учебный план специальности 24.05.05 "Интегрированные системы ЛА".

Список использованных источников:

1. <https://www.maplesoft.com>
2. <https://www.wolfram.com>
3. <https://www.mathworks.com>
- 4.

<https://maxima.sourceforge.io/ru/documentation.html>

5. <https://www.gnu.org/software/octave/>
6. <https://www.sagemath.org>
7. <https://www.scilab.org>

8. Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы Matlab - М.: Лекс-книга, 2005. 496 с.

**Оценка структурных изменений УУКМ путем  
определения интегрального радиуса пор**

**Сандин Антон Сергеевич,  
Матуляк Алиса Ивановна**

Научный руководитель – к.т.н. Астапов А.Н.

МАИ, Москва

[sandin.anton@yandex.ru](mailto:sandin.anton@yandex.ru)

Для оценки структурных изменений в процессе технологического передела заготовок при изготовлении углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) и их последующей эксплуатации разработана аналитическая модель для получения качественных и полуколичественных оценок изменения интегрального размера пор. Модель позволяет корректировать и уточнять технологический процесс как за счет определения размера пор, обеспечивающих основной вклад в величину пористости (удельной поверхности) на этапе получения, так и за счет определения интегрального радиуса пор в процессе окисления.

Выполнена апробация модели при исследовании окисления УУКМ с пироуглеродной матрицей при 600°C вплоть до потери массы 75 % масс. Проанализирован характер изменения размера образующихся пор для количественной оценки структурной деградации композита. В соответствие с предложенной моделью процесс окисления рассматривается как совокупность двух конкурирующих параллельно протекающих процессов – образования и роста пор. В результате величина интегрального радиуса пор изменяется с различной скоростью, а процесс окисления можно условно разделить на три последовательных стадии.

До потери массы 5-7 % масс. скорость образования микропор существенно выше скорости их роста. Уменьшение интегрального радиуса пор указывает на протекание окислительного процесса в объеме материала.

По мере развития окислительного процесса и потери массы до 40 % масс. наблюдается одновременный рост пористости и удельной поверхности, что объясняется одновременным протеканием двух конкурирующих процессов. На этой стадии скорость образования и роста пор соизмеримы. С одной стороны, наблюдается увеличение общего числа микропор за счет окисления углеродных волокон, с другой стороны, отмечается увеличение радиуса ранее образованных пор. Распределение пор по размерам на данной стадии окисления, вероятно, характеризуется бимодальной зависимостью, что связано с совместным сосуществованием в структуре композита как микро-, так и макропор.

При потере массы свыше 40 % масс. скорость образования пор значительно уступает скорости их роста. В результате общее число пор уменьшается, что приводит к снижению удельной поверхности. Таким образом, значение интегрального радиуса пор существенно возрастает за счет формирования макропористой структуры. В таком состоянии композиционный материал сохраняет целостность, но не соответствует требованиям к конструкционным материалам, прежде всего, по прочностным характеристикам.

Данную модель можно также использовать для оценки структурной сплошности в части изменения размера и числа пор при уплотнении изделий в технологическом процессе производства

композиционных материалов. По изменению интегрального размера пор от прироста массы строится зависимость, согласно которой можно определить насколько эффективно осуществляется уплотнение материала, и каким образом обеспечивается снижение пористости – через заполнение пор или их закрытие (схлопывание). Принимая во внимание, что анализ микропористости углеродных волокон ограничен в методах структурного анализа из-за малого размера и сложной формы [1,2], предложенная модель опирается на данные, полученные такими методами исследования, как гидростатическое взвешивание (пористость) и низкотемпературная адсорбция (удельная поверхность). Это в определенной степени увеличивает точность получаемых оценок. Таким образом, предложенная модель позволяет проследить общие закономерности структурной деградации и скорректировать технологический процесс так, чтобы максимально снизить скорость образования пор в процессе эксплуатации готового изделия.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ по мероприятию «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» Президентской программы исследовательских проектов (Соглашение № 19-79-10258 от 08.08.2019 г.).

Список использованных источников:

1. *Pogodin V.A., Astapov A.N., Rabinskiy L.N.* CCCM specific surface estimation in process of low-temperature oxidation // *Periodico Tche Quimica*. – 2020. – Vol. 17, No. 34. – P. 793 – 802.

2. *Pogodin V.A., Astapov A.N., Eremkina M.S., Babaytsev A.V., Rabinskiy L.N.* Investigation of the low-temperature oxidation effect on the structure and mechanical properties of C/C composite // *Nanoscience and*

**Практическая разработка квадрокоптера  
и его программного обеспечения**

**Сертаков Вадим Владимирович,**

**Прохоров Дмитрий Львович**

МАИ, Москва

vadimsertakov23@gmail.com

В данном проекте была выполнена разработка беспилотного летательного аппарата – квадрокоптера. Создан он на базе серийно выпускающейся рамы S500 со смонтированным на ней электрическим оборудованием – электронного вычислительного блока Arduino Due, акселерометра и гироскопа MPU6000, магнитометра ВММ150, барометра MS5611, ультразвукового датчика высоты maxbotix mb1240, gps модуля NEO 6M V2, радиопередатчика и прочими вспомогательными устройствами. Двигатели - SUNNYSKY X3108S 900KV, которые при использовании винтов APC1147 и напряжении 14,8 вольт выдают максимум 314 ватт мощности каждый и общую подъёмную массу до 5 кг. Общий вид квадрокоптера показан на рисунке 1.

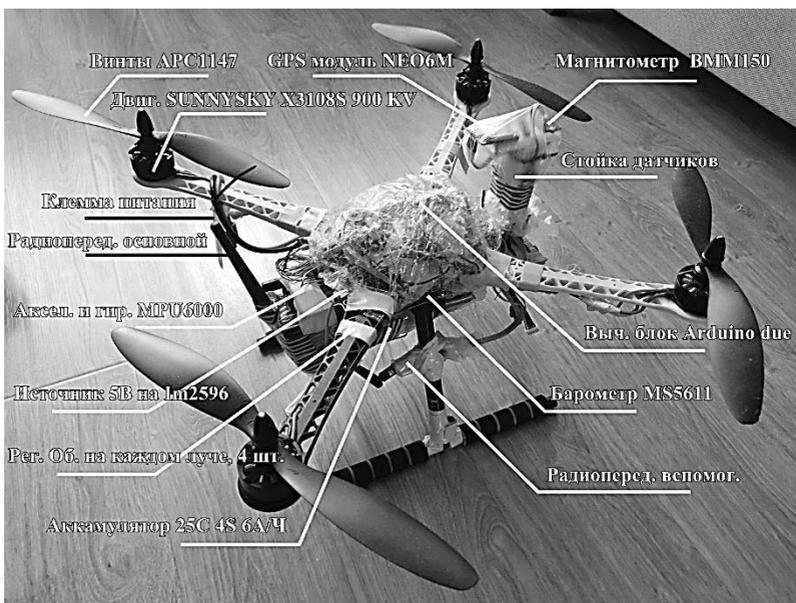


Рисунок 1. Общий вид разработанного квадрокоптера

В основе принципа работы квадрокоптера лежит своя собственная прошивка, написанная на языке с++. Логика её работы состоит в заикленном выполнении двух основных функций - приём и выполнение команд с пульта управления, а также обеспечение контролируемого полета.

Прием команд с пульта управления собственной разработки обеспечивает основной радиомодуль UTC4432-2000 с максимальной дальностью приема в 5 километров и работающим на частоте 433 мгц.

Для выполнения полета квадрокоптер прежде всего считывает данные с датчиков акселерометра, гироскопа и магнитометра. Эти показания передаются в математический фильтр Себастьяна Маджвика, в результате работы которого вычисляется математическая структура – кватернион [1]. Посредством несложных формул из этой структуры

можно получить углы ориентации квадрокоптера – крен, тангаж и рысканье. Три пропорциональных интегральных дифференциальных (ПИД) регулятора по каждому из этих углов обеспечивают управляемость квадрокоптера в горизонтальной плоскости посредством задачи в них желаемых углов с пульта управления и дальнейшей выдачи управляющих воздействий на двигатели [2].

Для управления коптером по вертикали или высоте полета используются следующий алгоритм. На малых высотах до 5 метров используется ультразвуковой датчик измерения высоты, а на высотах выше определение высоты выполняется при помощи барометрической формулы на основе данных барометра. Такое разделение сделано в связи с тем, что вблизи земли образуется воздушная подушка и как следствие измеренное давление барометром некорректно, но зато ультразвуковому датчику ничего не мешает. На некоторой высоте от земли воздушная подушка исчезает, барометр может корректно определять давление и поэтому далее применяется именно он. У ультразвукового датчика MB1240 есть ограничение по измеренной высоте, поэтому на больших высотах он применяться не может. Измеренная высота передается в ПИД регулятор по высоте, который после задачи желанной высоты полета выдает управляющее воздействие на все двигатели и тем самым квадрокоптер будет менять высоту на желанную.

На квадрокоптере имеется GPS модуль, позволяющий выполнять полет по точкам либо удерживаться в одной точке. Для этого в прошивке имеется два ПИД регулятора по широте и долготе. Им задается желанная точка нахождения коптера и они выдают управляющее воздействие для перемещения по

широте и долготе. С учетом угла на географический полюс эти данные обрабатываются и идут на ПИД регуляторы по крену тангажу, которые в свою очередь и выполняют перемещение коптера.

В результате разработки прошивки, сборки конструкции, её отладке и балансировке, был создан опытный летающий образец квадрокоптера. Время полета без груза при использовании батареи 4S ёмкостью 6 а/ч составляет 20 мин. Путем более точной настройки и подборки коэффициентов всех ПИД регуляторов можно и далее улучшать управляемость летального аппарата. При помощи балансировки винтов, двигателей и рамы можно добиться уменьшения вибраций и как следствие улучшение качества полета. Таким образом, получился хороший квадрокоптер с потенциалом развития при меньшей стоимости по сравнению с аналогами.

Список использованных источников:

1. Sebastian O. H. Madgwick, An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays, 2010.
2. Денисенко В. В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации, 2007.

**Применение беспилотных летательных аппаратов в целях ликвидации и предотвращения лесных пожаров**

**Ситников Виталий Андреевич,  
Мухай Максим Александрович**

Научный руководитель – Прокопенко Д.А.

МАИ, Москва

[maxmukhay@hotmail.com](mailto:maxmukhay@hotmail.com)

Проблема тушения лесных пожаров является одной из самых серьезных в наше время, поскольку

каждый год в России случается от 10 до 35 тысяч лесных пожаров, в которых погибает от 500 тысяч до 2,5 млн гектаров леса. Согласно данным Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз), в среднем размер ущерба от возгораний составляет 200 млрд в год.

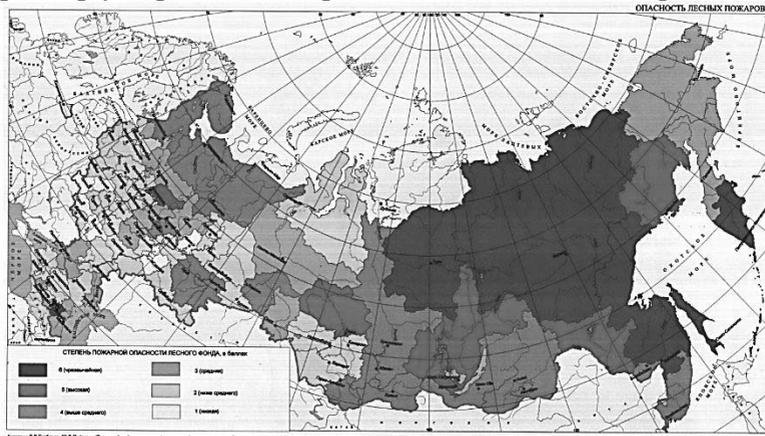


Рис. 1

В наше время ликвидация пожаров происходит с использованием авиационной техники, которая давно зарекомендовала себя как эффективное средство тушения возгораний, но прогресс не стоит на месте и на смену ей вскоре могут прийти беспилотные летательные аппараты. Их преимущества невозможно переоценить: в отличие от пилотируемых ЛА, они могут проникать в особо труднодоступные места без риска для того, кто ими управляет, также БПЛА могут доставлять средства первой необходимости людям, оказавшимся отрезанными от внешнего мира.

Стоит отметить, что полное тушение пожара самолетами с воздуха невозможно, поскольку, чтобы ликвидировать очаги без дальнейшего возгорания, смачивание почвы должно составлять не менее 3 см в каждой точке поверхности, что равно 3 кг воды на кв.

м., а на 1 га – 30 т воды. Учитывая, что при увеличении высоты полета, масса «полезной» сброшенной воды снижается, использование тяжелых ЛА является неэффективным.

Одним из важнейших ресурсов при ликвидации возгорания является время, поэтому необходимо заметить пожар как можно быстрее. Конечно, сейчас существуют специальные сайты, которые на основе информации со спутников с инфракрасным датчиком, показывают актуальную информацию об очагах возгорания, но для повышения эффективности обнаружения можно использовать специальные барражирующие летательные аппараты. Такие БПЛА являются более эффективными в сезон пожаров (в РФ принят диапазон с 1 мая по 30 сентября), когда число возгораний увеличивается для выполнения мониторинга областей с повышенным риском возникновения пожаров (исходя из статистики прошлых лет).

Россия распространяется на 10 000 км с запада на восток и на 4 000 км с севера на юг, 45,4% (800 млн га) от всей территории занимают леса. Стоит отметить, что в нашей стране большое количество труднодоступных районов – районов с отсутствием дорог или дорог, недоступных для проезда по ним пожарных единиц. Также при использовании наземных средств тушения время доставки необходимого оборудования увеличивая, что создает условия для распространения огня. Исходя из территориальных особенностей, применение пилотируемой авиационной техники для ликвидации возгораний является оправданным и имеет следующие преимущества:

- высокая эффективность одномоментной атаки на место горения;

- возможность применения в отдаленных местах;
- меньшая опасность для пожарных, поскольку они не находятся в непосредственной близости к очагу горения.

Однако такой метод тушения имеет недостатки:

- высокая стоимость (расходы на топливо, обслуживание, содержание авиационной техники + расходы на обучение и зарплаты персонала и летчиков)
- высокая опасность для жизни летчиков по причине сложных условий пилотирования и непредсказуемого развития событий на земле.

Минус, связанный со здоровьем летчиков, является очень весомым. Для его нивелирования и планируется использовать БПЛА для тушения лесных пожаров. К тому же, беспилотные летательные аппараты имеют другие преимущества в сравнении с пилотируемыми:

- возможность проникновения в труднодоступные места;
- короткое время доставки необходимого оборудования к месту возгорания;
- возможность тушения мелкого очага возгорания;
- меньшие затраты на эксплуатацию;
- более быстрое реагирования на возникновение пожара;
- возможность постоянного мониторинга ситуации;
- исключение ошибок человека в тушении пожаров.

Для того, чтобы переходить к определению вида перспективного ЛА для тушения лесных пожаров, необходимо понять стратегию тушения пожаров в целом.

Отдельно необходимо отметить следующие моменты:

1) Технологии тушения лесных пожаров с помощью авиационной техники нужны изначально для помощи наземным силам.

2) Самолетами и вертолетами тушить пожары целесообразно, если их площадь менее 5 гектаров. В противном случае, необходимо целеуказание, а это, в большинстве случаев, проблематично.

С увеличением высоты и скорости сброса масса фактически «полезной» сброшенной воды резко снижается, что делает менее эффективным использование тяжелых ЛА. Таким образом, тушение лесных пожаров только лишь ЛА нецелесообразно, они используются в первую очередь для помощи наземным командам.

На помощь приходит разработка российской компании. БАС с БВС ВТ-500. Грузоподъемность данной системы порядка 180 кг, а радиус полета 320 км.

Это позволяет закрепить на БАС с БВС до 4 пожарных бомб, каждая из которых покрывает до 50 м<sup>3</sup> горящего леса.

Также, необходимо снабдить БАС датчиками термометрии. Пролетая над зоной будет считываться температура почвы и при критическом уровне поверхность земли должна смачиваться при помощи этих противопожарных бомб.

Рассматривая вторую часть проблемы, стоит сказать о том, что каждый раз, прибывая на лесной пожар экипаж самолета-танкера вынужден решать вопросы: что и как тушить? Понять структуру среднего пожара и способ его тушения в воздухе экипажу сложно, а на крупном лесном пожаре практически невозможно.

На малых пожарах экипажи вертолетов и легких самолетов-танкеров еще как-то могут самостоятельно оценить типовую не сложную ситуацию и применить типовые тактические приемы, скоординировав свои действия с наземными командами.

В этом случае на помощь приходит беспилотные летательные аппараты, которые являются наводчиками на цель (очаг возгорания/пожар).

По вышеуказанным причинам прежде чем говорить о проектировании нового аппарата, необходимо создать условия для оптимальной работы этого аппарата. В рамках проведенного исследования необходимыми мерами, направленными на обеспечение эффективного тушения лесных пожаров в нашей стране, видятся следующие:

1. создание и развитие сети беспилотных баз, с которых могли бы беспрепятственно и оперативно действовать воздушные суда разных структур и коммерческих подрядчиков при выполнении работ по тушению лесных природных пожаров, не допуская возникновения ЧС;

2. оснащение беспилотных баз собственным парком воздушных судов Рослесхоза для сокращения затрат на аренду ВС у коммерческих компаний.

Подводя итог вышесказанному, считаю, что необходимо внедрять беспилотные летательные аппараты для тушения пожаров и минимизации их возникновения, а также более детального контроля за пожарной обстановкой на территории лесов. Все БПЛА необходимо отдать на контроль Рослесхозу, так как пилотируемая авиационная техника, служащая для ликвидации пожаров закреплена за МЧС- это, значительно сократит время на обработку большинства запросов на использование техники.

Список использованных источников:

1 Министерство гражданской авиации.  
Наставление по пожарной охране в гражданской авиации СССР НПО-ГА-85. -1985- 312с.

2 Б. В. Цетлин. Противопожарные мероприятия в авиапромышленности и в авиации. -1940-226с.

**Обоснования использования метода потенциалов  
для управления группой дронов**

**Смирнов Иван Александрович**

Научный руководитель – Яковенко Н.Г.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,

Санкт- Петербург

[sivanaworkmail@yandex.ru](mailto:sivanaworkmail@yandex.ru)

Автоматизированная прокладка маршрута для БПЛА или группы БПЛА из исходного района в заданный район цели по недетерминированной карте района, полная картина которой в начальный момент времени нам неизвестна.

Основана на методе притягивания цели или целей и отталкивания препятствий, который предложен и обоснован в теоретическом плане в Институте Прикладной Математики им. Келдыша РАН.

Суть метода заключается в следующем: пусть цель имеет некоторый положительный заряд, а препятствия некоторые отрицательные заряды; местоположения цели и препятствий могут изменяться в пространстве. Представим БПЛА отрицательными зарядами, способными перемещаться. Под действием полей потенциальных сил подвижная точка будет притягиваться к цели и отталкиваться от препятствий, причем законы движения могут задаваться различными способами. Также учтем, что положительно заряженная

точка цели не должна испытывать притяжение к отрицательно заряженным точкам управляемых БПЛА. Логично предположить, что при некоторых ограничениях на структуру местности и законы движения подвижных точек, отрицательно заряженные точки, будут стремиться приблизиться к положительно заряженной точке.

Отметим, что потенциальные поля влияют на скорость подвижного объекта, а не на его ускорение. Это связано с тем, что «инерционность», заложенная в модель, где влияние происходит через ускорения, делает траектории движения подвижных объектов чересчур «волнообразными» и, вследствие этого, непригодными.

На основе данного метода и в рамках поставленной задачи будет разобран пример прокладки маршрута для роя дронов. Данный пример является неслучайным и подчеркивает актуальность проводимого исследования:

В настоящее время позиционирование и движение дронов производится путем обмена информацией и команд с наземной станцией управления, а именно: каждый БПЛА в группе с помощью GPS навигации определяет свое положение в пространстве и двигается в промежуточный целевой район по прямолинейной траектории, дабы соблюсти условия не столкновения с другими дронами в группе. По прилету в целевой район идет пересчет долетевших дронов и оператор, или программа, отправляют координаты следующего целевого района.

Использование метода потенциалов для решения задачи позиционирования и передвижения дронов позволяет:

1. Отказаться от использования спутниковой навигации на всех дронах в группе и заменить ее системой опознавания другого дрона в группе и определения расстояния до него, что позволяет сделать рой БПЛА автономным в принятии решений;

2. Отказаться от программного закладывания маршрута для дрона или дронов, что сильно упрощает работу, если траектории предполагались криволинейными, и сводит работу оператора лишь до выставления промежуточных и конечного целевых районов;

Главной сложностью для использования метода потенциалов как для управления воздушными, так и наземными роботами заключается в подборе рациональных коэффициентов отталкивания препятствий, отталкивания роботов в группе друг от друга и притяжения целей. Для решения данной проблемы в настоящее время в БГТУ «ВОЕНМЕХ» ведется разработка программного обеспечения, автоматизирующего данный процесс.

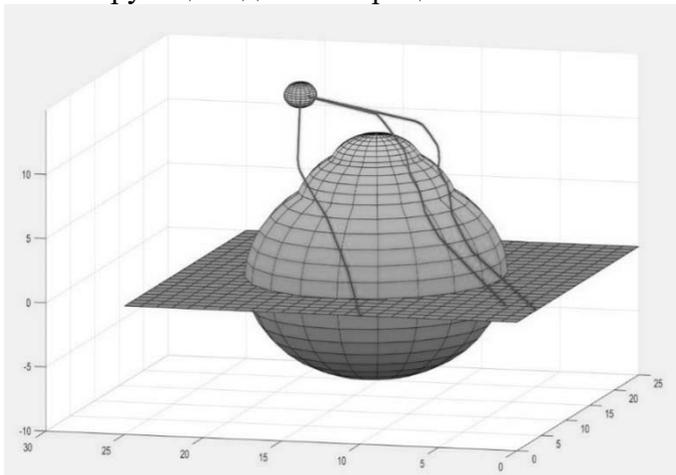


Рис. 1 - Построение траекторий для группы дронов при облете препятствия

В моделировании, продемонстрированном на рис. 1 использовано экспоненциальное задание сил отталкивания, приняты следующие коэффициенты взаимодействия:

1. Коэффициент притяжения целевого района – постоянен и равен 1.
2. Коэффициент отталкивания дронов в группе от друг друга – пропорционален условному радиусу каждого дрона, в нашем случае это 0.3.
3. Коэффициент отталкивания препятствия – пропорционален радиусу моделирующей сферы, в численном эксперименте это 8, 5 и 3.

На данном этапе предполагается, что взлет и посадка группы дронов реализуется отдельным алгоритмом управления, который начинается автоматически или по команде оператора. А также, мы предполагаем, что та часть рельефа, которая не является препятствием для группы дронов, не воздействует полями потенциальных сил.

Список использованной литературы:

1. Смирнов И. А. Обзор прокладки маршрута методом потенциалов и создание трехмерной модели местности / Смирнов И. А. Конзалаева Д. Д. / Молодежь. Техника. Космос: труды тринадцатой общерос. молодежн. науч.-техн. конф. В 2 т. Т. 2. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2021. – с. 215 - 220 (Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 77).
2. Платонов А.К., Карпов И.И., Кирильченко А.А. Метод потенциалов в задаче прокладки трассы // М.: Препринт Ин-та прикладной математики АН СССР, 1974, # 124, 27 с.
3. Платонов А.К., Кирильченко А.А., Колганов М.А. Метод потенциалов в задаче выбора

пути: история и перспективы // М.: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2001, 32 с.

## **Устройство подавления малогабаритных беспилотных летательных аппаратов**

**Созинов Максим Олегович**

Научный руководитель – Чириков С.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербург

[sochi\\_sozinov@mail.ru](mailto:sochi_sozinov@mail.ru)

В настоящее время малогабаритные беспилотные летательные аппараты (МБЛА) становятся всё более доступными, а их тактико-технические характеристики с каждым произведенным образцом значительно улучшаются. Эта тенденция приводит к повышению частоты и риску проведения несанкционированных полётов летательных аппаратов (ЛА) в воздушном пространстве над охраняемыми объектами и в бесполетных зонах. Результатом такого полёта может стать проведение разведывательной аэрофотосъёмки, постановка электромагнитных помех, единичная или, что гораздо опаснее, массовая атака МБЛА. Стоимость таких диверсий будет несоизмеримо меньшей, чем при применении других классов ЛА и ракетной техники. В то же время, эффективные методы противодействия атакам беспилотников будут отличаться от принятых для других ЛА: в дело вступает соотношение цены МБЛА и средства его поражения. Розничная стоимость беспилотника DJI Phantom 4 составляет 1599 евро, а DJI Phantom 3 Standard и того меньше – 599 евро. Стоимость зенитной управляемой ракеты 57Э6Е из комплекса Панцирь-С1 в открытых источниках не упоминается, но можно с уверенностью сказать, что она на два порядка

выше, чем цена беспилотника «Фантом». Если для подавления компактного, недорогого и простого в производстве аппарата нужно затрачивать сумму, в несколько раз превышающую стоимость его изготовления, то появляется риск применения злоумышленником/противником тактики истощения. К тому же, после такой атаки может последовать атака полномасштабных ЛА, на отражение которой у защищаемого объекта должен остаться боекомплект. Всё вышесказанное приводит к необходимости разработки новых средств поражения, оптимизированных именно под задачу ликвидации МБЛА.

В текущий момент времени существует несколько принципиально разных способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. У каждого способа есть свои преимущества и недостатки, которые нужно учитывать при разработке нового средства противодействия:

1) Средства радиоэлектронной борьбы: системы Пищаль-ПРО, Солярис-Н, Атака-DBS и многие другие отечественные и зарубежные аналоги. Такие системы имеют большую дальность (до 1 км у ручных и до 5 км у перевозных и стационарных), но ограничены взаимосвязью «мощность помех – ширина канала постановки помех» и неэффективны против дронов с автономной системой навигации.

2) Ручные и стационарные пневмопушки (например, системы Skywall 100-300) сильно ограничены по дальности (100 м для ручных и 300 м для стационарных) и по высоте действия и малоэффективны против движущихся целей.

3) Лазерные установки, такие как «Рать» и «Пересвет», обладают очень большой дальностью

действия, но дороги в производстве и обслуживании и напрямую зависят от условий видимости.

Вышеописанных недостатков лишены средства борьбы на базе беспилотных летательных аппаратов - противодроны. Тем не менее, появляются другие проблемы, связанные с особенностями этого типа систем: точность наведения, скорость полёта и выбор поражающего элемента, способного к базированию на такой платформе. Оптимальным решением этих проблем является компактное и лёгкое устройство для выстрела сети с борта беспилотника самолётного типа. Такая система будет иметь достаточную скорость за счёт самолётной схемы несущего БПЛА, высокую точность за счёт большой сети и низкую стоимость разработки и изготовления несущего БПЛА за счёт малых габаритов и массы. Тем не менее, устройство может быть установлено и на quadro-, гексокоптеры и аналогичные ЛА.

В качестве средства раскрытия сети была взята схема работы, основанная на её натяжении между четырьмя металлическими шариками, выстреливаемых под небольшим углом к продольной оси ЛА, к которым привязана сеть. Шарiki приводятся в движение в четырёх патрубках, к основанию которых подводится газ под высоким давлением. В качестве источника газа выступает баллон с 16 граммами сжиженного углекислого газа. Для увеличения начальной скорости снарядов при неизменном давлении газа, нужно увеличить количество запасаемой углекислоты в газообразной форме. В устройстве для этого предусмотрена камера, объёмом 35 мл, куда газ поступает из баллона, также находящегося в корпусе устройства. Такая сообщающаяся система баллон – камера позволяет долгое время поддерживать одно

значение давления в устройстве в период ожидания применения, так как при наличии жидкой фазы углекислоты, давление в системе будет равно давлению насыщенных паров. Для поддержания одного значения давления при эксплуатации устройства, на несущем БПЛА должна быть предусмотрена система подогрева, поддерживающая температуру баллона в 25°C. Для увеличения начальной скорости шариков было разработано клапанное устройство, способное максимально быстро перейти в открытое состояние. Оно представляет из себя плёночную мембрану и подпружиненный крестообразный нож, по команде пробивающий её.

Рабочее давление устройства: 55 атм. (при  $T=25^{\circ}\text{C}$ ).

Максимально выдерживаемое давление: 75 атм. (при  $T=35^{\circ}\text{C}$ ).

Габариты устройства: 70 мм в диаметре по продольной оси, 140 мм в длину.

Масса устройства: не более 0.5 кг в снаряжённом состоянии.

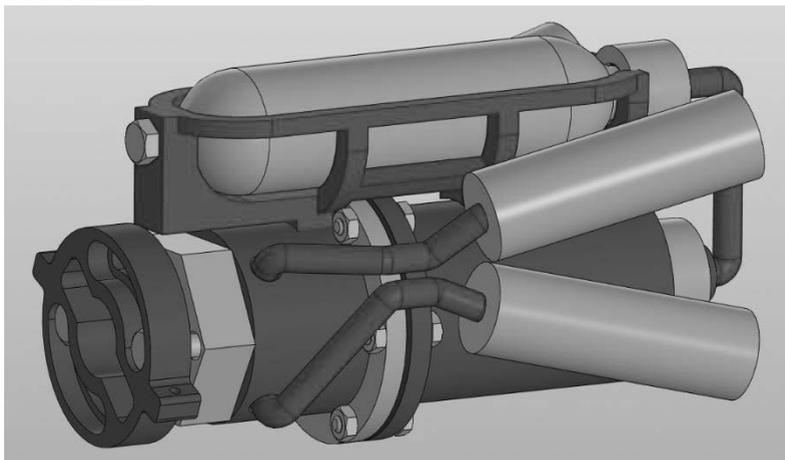


Рисунок 3. Изометрический вид изделия

#### Список использованных источников:

1. Антисдроны: разработчики и продавцы защиты от беспилотников в 2021 году [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/576002> (Дата обращения - 08.09.2021).
2. Противодействие БПЛА. Защита от дронов и квадрокоптеров [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ao-avtomatika.ru/media/blog/protivodeystvie-bpla-zashchita-ot-dronov-i-kvadrokopteroov/> (Дата обращения - 08.09.2021).
3. Обнаружение и противодействие беспилотникам [Электронный ресурс]. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/obnaruzhenie-i-protivodyaustvie-besplotnikam> (Дата обращения - 08.09.2021).
4. Как работают современные системы для борьбы с беспилотниками [Электронный ресурс]. URL: <https://kalashnikov.media/article/technology/kak-rabotayut-sovremennye-sistemy-dlya-borby-s-besplotnikami> (Дата обращения - 08.09.2021).

#### **Лингвистические аспекты патентного поиска**

**Спасскова Софья Александровна**

Научный руководитель – к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

[sofya.spasskova@gmail.com](mailto:sofya.spasskova@gmail.com)

Существует ошибочное мнение, что XX век ознаменовал конец эпохи открытий. Однако, если посмотреть статьи и исследования за последние 20 лет, можно заметить большое количество значимых для человечества изобретений. Каждую минуту человек придумывает что-то новое. В университете нам особенно часто приходится развивать свою

изобретательность, начиная от подготовки простого доклада на занятия и заканчивая серьезной научно-исследовательской работой. Некоторые из проектов могут найти свою коммерческую целесообразность. Тогда ученому необходимо подвергнуть сомнению оригинальность своей идеи. Для этого необходим патентный поиск. Данная статья посвящается этому важному, сложному и трудоемкому процессу.

Актуальность данной темы определяется следующими соображениями. Упор на интеллектуальную собственность только усилился в связи с кризисом пандемии COVID-19, поскольку возник дефицит необходимых нам технологий. Если сравнивать показатели России по количеству патентных заявок с другими странами, то мы заметно отстаем. У талантливых российских изобретателей не хватает знаний в сфере распоряжения и использования своей интеллектуальной собственности. По причине своей увлеченности многие даже не задумываются о патенте. Наш идейный потенциал лежит за рамками оформления скучной документации. Данную ситуацию нужно исправлять, поскольку патент дает многие преимущества:

- защита от незаконного копирования и использования вашего изобретения;
- защита от претензий конкурентов на продукцию;
- возможность монетизации вашей интеллектуальной собственности.

Перед тем, как проводить патентный поиск нужно определиться с базами данных. Существуют следующие наиболее надежные базы данных:

- ФИПС (национальная, базы данных Федерального института промышленной собственности);

- ЕАПАТИС (региональная, база данных Евразийского патентного ведомства);
- Esp@cenet (региональная, база данных Европейского патентного ведомства);
- PATENTSCOPE (международная, база Всемирной организации интеллектуальной собственности);
- Google Patents (универсальная, неофициальная).

Патентный поиск является инструментом коммерциализации вашего изобретения. Если вы обнаружите, что гениальная мысль посетила не только вас, то получить патент уже не получится. Поэтому патентный поиск должен иметь первостепенное значение. Так же умение проводить патентный поиск является необходимым условием для повышения качества научно-исследовательской работы студентов.

**Целью работы** является выявление наиболее эффективных стратегий патентного поиска с точки зрения грамотных лингвистических запросов и привлечения внимания к проблеме недостатка навыков в сфере патентного поиска.

Если обращаться к работам других исследователей по данной тематике, то можно выделить статьи следующих авторов: Скорнякова Э.П., Горбуновой М.Э.[6] , Кравец Л.Г. [3,4], Пак Е.В. [5], Дудко А.В., Стрекаловской А.Д. [2], Белова В.В., Некрахи А.В[1]. В своей статье Скорнякова Э.П и Горбунова М.Э [6] рассматривают вопросы, касающиеся особенностей описания изобретения, как источника информации: что в себя должно включать описание, какие основные разделы, какие таблицы должен содержать отчет и другое. Дудко А.В., Стрекаловская А.Д [2] говорят о важности патентного поиска при проведении научно-исследовательских работ студентов,

это позволяет накопить знания о существующих научно-практических разработках и при необходимости запатентовать свою идею. Темы статей Кравца Л.Г.[3] и Пака Е.В [5] по теме патентного поиска схожи, они оба разрабатывали стратегии проведения патентного поиска, Кравец Л.Г, в частности, рассматривал различия в осуществлении патентного поиска. О связи между качеством системы патентной информации и уровнем национальной экономики писали Белов В.В и Некраха А.В. [1]. Они утверждают, что повышение заинтересованности в патентной информации в России поможет в обеспечении инновационного развития страны.

Перечисленные исследования показывают важность патентного поиска, как для исследователей, желающих запатентовать свое изобретение, так и для студентов, которые при помощи патентного поиска накапливают знания о имеющихся разработках. Распространение информации о преимуществах патента, стратегиях осуществления патентного поиска позволит повысить общий уровень культуры патентования.

Патентный поиск может осуществляться по имени и фамилии автора, индексам международной патентной классификации, номеру документа и другим критериями. В своей работе я разберу один из самых сложных аспектов патентного поиска - поиск по ключевым словам, а так же как операторы влияют на результаты поиска на собственных примерах.

То, какие ключевые слова вы выберете, будет иметь большое значение в процессе патентного поиска. Далее можно представить следующие шаги поиска по ключевым словам:

1. Сначала вам нужно написать наиболее подробное описание Вашего изобретения, лучше всего придерживаться технических терминов.
2. Ответить на следующие вопросы: какова цель изобретения, из каких материалов сделано ваше изобретение, области применения.
3. Если вы не знаете, какие термины использовать при описании вашего изобретения, то можно заглянуть в технические словари.
4. Исходя из вашего описания, вам нужно выбрать все потенциально возможные ключевые слова.
5. После проведения поиска по первым ключевым словам, идет анализ результатов поиска, и далее вы корректируете ключевые слова, все больше сужая, либо расширяя поисковый запрос.
6. Так же необходимо определить классификацию, к которой относится ваше изобретение, это поможет сузить поиск по ключевым словам.

Проблемы, с которыми исследователи сталкиваются при поиске по ключевым словам это огромное множество синонимов, признаки взаимосвязи, расположения, взаимодействия слов, а так же наличие более общих или частных понятий. Помимо грамотной подборки ключевых слов, важно правильно использовать логические операторы. Например, конъюнкция, дизъюнкция, отрицание и другие. От того, как вы свяжите ключевые слова, будут меняться результаты запроса. Патентный поиск осложняется еще тем, что нужно искать не только на официальных патентных сайтах, но и в непатентной литературе. Непатентная литература может лишить вас права заявки на патент.

В заключение, можно сказать, что патентный поиск по ключевым словам является индивидуальным

процессом, который требует много усилий и внимания. Общие правила, и способы формулировок ключевых слов могут облегчить патентный поиск.

Список использованных источников:

1. Белов В.В., Некраха А.В. Значение патентной информации для обеспечения инновационного развития страны // История и архивы. 2010. №12 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-patentnoy-informatsii-dlya-obespecheniya-innovatsionnogo-razvitiya-strany-1> (дата обращения: 02.09.2021)

2. Дудко, А. В. Патентный поиск как инструмент повышения умений студентов эффективно заниматься научной работой / А. В. Дудко, А. Д. Стрекаловская // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 04–06 февраля 2015 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2015. – С. 1197-2101.

3. Кравец, Л. Г. Выбор стратегии патентного поиска / Л. Г. Кравец // Патентное дело. – 2012. – № 7. – С. 49-51.

4. Кравец, Л. Г. Различия в подходах к патентному поиску / Л. Г. Кравец // Патентное дело. – 2012. – № 2. – С. 51-53.

5. Пак, Е. В. Пять ступеней патентного поиска / Е. В. Пак ; Евгений Пак. – Санкт-Петербург : Реноме, 2006. – (Интеллектуальный капитал : ИК). – ISBN 598947038X.

6. Скорняков, Э. П. Поиск, отбор и анализ источников патентной информации при проведении патентных исследований / Э. П. Скорняков, М. Э.

**Форсирование двигателя ТРДФ впрыском воды в форсажную камеру сгорания**

**Спирин Иван Викторович**

Научный руководитель – к.т.н. Вовк М.Ю.

МАИ, Москва

[ioannlaw@mail.ru](mailto:ioannlaw@mail.ru)

В условиях воздушных боевых действий кратковременное увеличение тяги может сыграть решающую роль. Одним из способов получения преимущества в воздушном бою является использование форсажной камеры сгорания (ФКС), в которой производится дожигание остатков окислителя в составе рабочего тела. Последующее увеличение температуры рабочего тела имеет предельное значение, ограниченное допустимым значением рабочей температуры конструкционных материалов.

В виду вышесказанного, необходимо искать другие способы форсирования двигателя. Одним из таких способов является впрыск воды в проточную часть ФКС. Данный метод позволяет улучшить характеристики двигателя в пределах заданной температуры.

Целью данной работы является оценка целесообразности форсирования двигателя с помощью впрыска воды в ФКС. В ходе работы составлена методика для одномерного термогазодинамического расчета [1] при расходе воды от 0% до 5% относительно расхода воздуха через двигатель. Объектом исследования был выбран двигатель-прототип АЛ-31Ф с расходом воздуха 110,8 кг/с и тягой до 14 тс.

Расчет ведётся при разных условиях форсирования, а именно: без впрыска воды [2]; с впрыском воды; с впрыском воды при постоянной температуре за ФКС; с впрыском воды с постоянной площадью выходного сечения ФКС.

Методика для термогазодинамического расчета ФКС с впрыском воды, как правило, основывается на методе, описанном в работе [2], но имеет некоторые изменения в виду следующих факторов:

1. Уменьшение температуры из-за перераспределения теплоты, часть которой идет на нагрев и парообразование воды, а также нагрев образовавшегося пара [3].

Удельная суммарная теплота, отбираемая от потока газа в ФКС:

$$q_{\text{возд.}} = q_{\text{нагр.воды}} + q_{\text{парообр.}} + q_{\text{нагр.пара}}, \quad (1)$$

Где  $q_{\text{нагр.воды}}$  – удельная теплота, затрачиваемая на нагрев воды,  $q_{\text{парообр.}}$  – удельная теплота, затрачиваемая на парообразование воды,  $q_{\text{нагр.пара}}$  – удельная теплота, затрачиваемая на нагрев образовавшегося пара.

2. Изменение давления, которое складывается из давления газа и давления пара [3].

Полное давление за ФКС после впрыска воды:

$$p_{\text{вых.фк.}}^* = p_{\text{г}}^* + p_{\text{H}_2\text{O}}^*, \quad (2)$$

Где  $p_{\text{г}}^*$  – полное давление газа,  $p_{\text{H}_2\text{O}}^*$  – полное давление водяного пара.

3. Увеличение расхода рабочего тела из-за впрыска воды.

Расход рабочего тела через сопло:

$$G_{\text{с}} = G_{\text{воздуха}} \left( 1 + \frac{q_{\text{г}}}{1 + m} + q_{\text{т.ф}} + g_{\text{H}_2\text{O}} \right), \quad (3)$$

Где  $G_{\text{воздуха}}$  – расход воздуха,  $q_{\text{т}}$  – относительный расход топлива в основной камере сгорания,  $q_{\text{т.ф}}$  – относительный расход топлива в форсажной камере сгорания,  $g_{\text{H}_2\text{O}}$  – относительный расход впрыскиваемой воды,  $m$  – степень двухконтурности двигателя.

Расчет проводится при условии, что вся вода испаряется и равномерно нагревается до выхода из форсажной камеры сгорания.

Характеристики двигателя оцениваются с помощью следующих параметров:

- Удельная тяга двигателя:

$$R_{\text{уд.ф}} = \left( 1 + \frac{q_{\text{т}}}{1 + m} + q_{\text{т.ф}} + g_{\text{H}_2\text{O}} \right) * W_{\text{с}} - W_{\text{н}}, \quad (4)$$

Где  $W_{\text{с}}$  – скорость газа на выходе из сопла,  $W_{\text{н}}$  – скорость полёта.

- Удельный расход топлива [2]:

$$C_{\text{уд.ф}} = \frac{3600 * \left( \frac{q_{\text{т}}}{1 + m} + q_{\text{т.ф}} \right)}{R_{\text{уд.ф}}} \quad (5)$$

С целью сравнения параметров двигателя при разных условиях форсирования построены графики зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива в ФКС относительно расхода впрыскиваемой воды (рис. 1 и рис. 2). Данные приведены относительно

режима форсирования без впрыска воды.

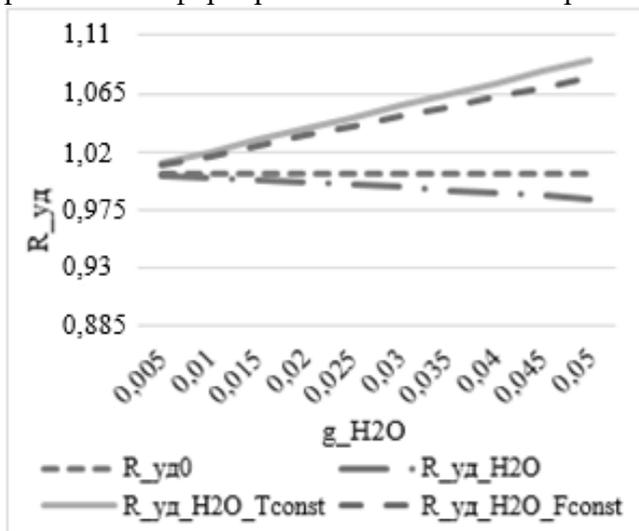


Рис. 1. График зависимости удельной тяги от относительного расхода воды.

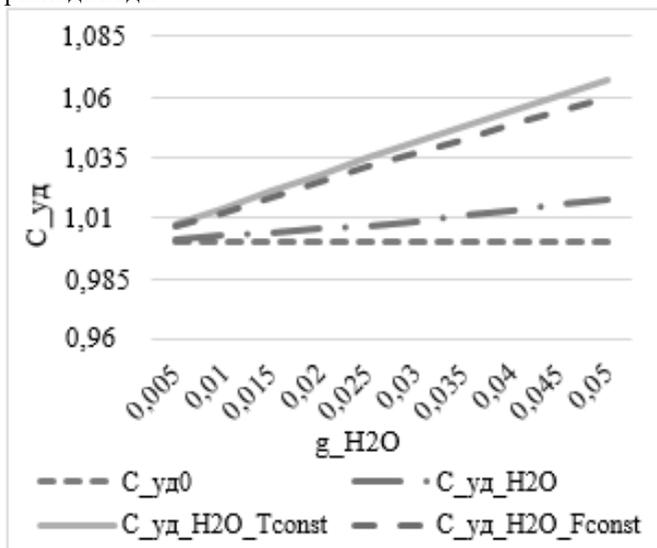


Рис. 2. График зависимости удельного расхода топлива от расхода воды.

На режиме форсирования без поддержания постоянной температуры газа на выходе из ФКС при впрыске воды наблюдается падение тяги (рис. 1) из-за того, что происходит нагрев: сначала воды, а затем и водяного пара, при этом уменьшается температура всего рабочего тела и это влечет за собой падение скорости на выходе из сопла, а увеличение расхода газа не компенсирует уменьшение скорости и, как следствие, тяга двигателя падает. Так же, из-за уменьшения тяги, увеличивается удельный расход топлива (рис. 2), следовательно, нецелесообразно использовать впрыск воды без регулирования температуры.

Режим форсирования при помощи впрыска воды в ФКС, при поддержании заданной температуры на выходе из ФКС, позволяет увеличить тягу двигателя (рис. 1) до 7,3 % относительно исходного режима форсирования за счет нескольких факторов: увеличения перепада давления на выходном устройстве двигателя и увеличение расхода газа через сопло. Стоит отметить, что из-за необходимости поддержания постоянной температуры на выходе из ФКС, увеличивается удельный расход топлива до 7,2% при 5% впрыскиваемой воды относительно расхода воздуха.

В описанных выше режимах форсирования изменяется площадь выходного сечения ФКС, данный фактор усложняет конструкцию двигателя, поэтому с помощью метода последовательных итераций была найдена оптимальная температура газа, при которой площадь проходного сечения в ФКС не изменяется при впрыске воды, относительно изначального режима форсирования. На данном режиме наблюдается снижение тяги на 1,1% относительно режима, при котором сохраняется постоянная температура газа. Стоит отметить уменьшение удельного расхода

топлива, что является положительным фактором с точки зрения экономичности.

Из вышеперечисленных результатов можно сделать вывод о целесообразности исследования форсирования двигателя с помощью впрыска воды при условии сохранения постоянной площади проходного сечения за ФКС и дальнейшей разработки устройства для подачи воды в ФКС.

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. 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.

3. Термодинамика : в 2 ч. Ч. 1 : Основной курс / В. П. Бурдаков, Б. В. Дзюбенко, С. Ю. Меснянкин, Т. В. Михайлова. – Москва : Дрофа, 2009. – 479 с. – (Высшее образование) (Современный учебник).

**Возможности метода гель-проникающей  
хроматографии для оценки молекулярно-массовых  
характеристик полистирола, используемого  
при изготовлении чувствительных микро-  
и наноустройств**

**Старостина Екатерина Анатольевна,  
Дерен Екатерина Андреевна,  
Коновал Дарина Викторовна**

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Резниченко Г.М.  
МАИ, Москва

[thirty-seconds-to-the-well26@yandex.ru](mailto:thirty-seconds-to-the-well26@yandex.ru)

Одни из перспективных методов, позволяющих  
изготавливать малогабаритные чувствительные

устройства, широко применяющиеся в авиационной и ракетно-космической технике – электронно-лучевая литография (ЭЛЛ) с применением атактического полистирола (ПС) в качестве негативного электронорезиста. Для получения микро- и наноструктур очень малого размера и высокой плотности необходим полимер с определенными молекулярно-массовыми характеристиками. Метод гель-проникающей хроматографии (ГПХ) даёт возможность подобрать требуемый полимер. Основное преимущество данного метода – высокая разделяющая способность и возможность разделения небольших количеств вещества.

Цель работы – рассмотреть метод ГПХ применительно к атактическому ПС. Согласно поставленной цели необходимо ознакомиться с аппаратным оформлением метода и привести примеры его реализации для оценки молекулярно-массовых характеристик ПС, используемого при изготовлении чувствительных микро- и наноустройств.

ГПХ – разновидность хроматографии, в ходе которой молекулы веществ разделяются по размеру за счёт их разной способности проникать в поры неподвижной фазы. Данный метод позволяет определять молекулярную массу и полидисперсность полимера.

Разделение веществ методом ГПХ может осуществляться с применением жидкостного хроматографа. Система для жидкостной хроматографии может представлять собой набор индивидуальных модулей или элементов, либо быть сконструирована как единый моноблок.

Сущность метода ГПХ заключается в следующем: элюент непрерывно поступает в хроматографическую

колонку. Далее в колонку, заполненную пористым не адсорбирующим материалом с размером пор, близким по размеру к разделяемым молекулам, вводится проба полимера в растворителе. Получившийся раствор содержит в себе макромолекулы с различными гидродинамическими радиусами. Таким образом, на выходе из эксклюзионной колонки будут получены несколько фракций макромолекул, разделенных по размеру [1].

Вещества, перемещаясь по колонке с потоком элюента, попадают в детектор, который регистрирует их в виде Гауссовой кривой. Детектор должен распознавать вещество в момент его элюирования с колонки, т. е. контролировать изменение в составе подвижной фазы каким-либо способом, преобразовывать его в электрический сигнал и передавать на монитор, где он появляется в виде отклонений от базовой линии [2].

Молекулярная масса ПС, применяемого для изготовления чувствительных микро- и наноустройств, должна быть не более 25 000 г/моль, а полидисперсность – близкой к 1.

Для такого полимера могут использоваться хроматографические колонки с параметрами, приведенными в таблице 1.

<b>Название колонки</b>	<b>Внутренний диаметр колонки (мм)</b>	<b>Длина колонки (мм)</b>	<b>Номинальный размер частиц наполнителя (мкм)</b>
InfinityLab OligoPore	7,5	300	6
InfinityLab MesoPore	4,6	250	3
InfinityLab MesoPore	2,1	250	3

Таблица 1. Общие сведения о хроматографических колонках фирмы AGILENT для ГПХ [3]

В качестве сорбента в колонках InfinityLab используется мелкодисперсный наполнитель с повышенным объемом пор, состоящий из сополимера стирола и дивинилбензола.

При использовании колонки InfinityLab OligoPore с внутренним диаметром 7,5 мм типичное давление колонки составляет 1 мл/мин  $\approx$  30 бар на 30 мм. В качестве элюента и одновременно растворителя ПС используется тетрагидрофуран (ТГФ). Максимальная скорость потока элюента – 1,5 мл/мин. Максимальное давление внутри колонки – 150 бар. Максимальная температура, выдерживаемая InfinityLab OligoPore – 110°C.

Для непрерывного контроля концентрации полимера в подвижной фазе на выходе из колонок применяют детектор PL-GPC 50 (дифференциальный рефрактометрический детектор).

Ниже приведена хроматограмма, полученная на выходе (рис. 1).

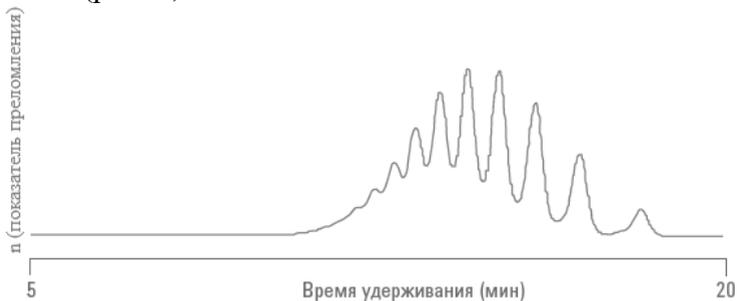


Рис. 1 – Хроматограмма исследуемого раствора полистирола [3]

На хроматограмме видно, что исходный образец разделился на несколько фракций (всего 9). Макромолекулы с наибольшим гидродинамическим радиусом фракционировали первыми, их время удерживания наименьшее. Далее из колонки выходили

более мелкие макромолекулы с большим временем удерживания. Последний пик – с наибольшим временем удерживания – является самой низкомолекулярной фракцией ПС.

В таблице 2 приведены некоторые значения молекулярных масс и полидисперсности ПС, которые возможно получить методом ГПХ.

Номинальная пиковая мол. масса полимера (г/моль)	Отношение номинальной среднемассовой и среднечисловой мол. массы ( $M_w/M_n$ )
162	1,00
370	1,11
580	1,11
1 000	1,09
5 000	1,03
7 000	1,04
10 000	1,02
20 000	1,02

Таблица 2. Молекулярные массы и полидисперсности полистирола [3]

Таким образом, метод ГПХ позволяет выбирать ПС с низкими молекулярными массами в пределах 25 000 г/моль и узким молекулярно-массовым распределением ( $M_w/M_n = 1-1,11$ ), что необходимо для производства чувствительных микро- и наноустройств.

Список использованных источников:

1. Майер В. Р. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. Издание 5-е. – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2017. – 408 с.

2. ГОСТ 33402—2015. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение низкомолекулярной массы полимеров методом гель-проникающей хроматографии. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 14 с.

3. Calibrating GPC Columns — A Guide to Best Practice (Калибровка колонок для ГПХ: руководство по передовой практике). – США, 2017. – 28 с.

**Вибрационная защита пилотов винтокрылых  
летательных аппаратов**

**Фёдорова Наталья Александровна**

Научный руководитель – Боярский Г.Г.

МАИ, Москва

[nata.ma03@mail.ru](mailto:nata.ma03@mail.ru)

Одной из основных проблематик, возникающих в процессе разработки винтокрылых летательных аппаратов, возникновение вибрационных нагрузок. Эти нагрузки усложняют работу не только технического звена системы, как фюзеляж, моторная группа и лопасти и т.д., но и работу пилотов – биологического звена сложной технической системы.

Повышенные вибрации фюзеляжа оказывают вредные и опасные воздействия на бортовое оборудование, перевозимые грузы, экипаж и пассажиров.

Основные источники вибраций в вертолете — это эффекты, возникающие на несущем вине и главном редукторе, в полете.

Непосредственно на кресла пилотов вертолета передаются существенные вибрационные нагрузки, переходящие от силовой конструкции.

Например, уровень виброскорости в кабине экипажа тяжелого транспортного вертолета в октавной полосе 16 Гц равен в среднем 114 дБ, для сравнения уровень виброскорости трактора в октавной полосе 4-16 Гц равен 110-120 дБ. Таким образом, наибольшая

интенсивность вибрации винтокрылых ЛА находятся в области низких частот (1-16 Гц), которые являются неблагоприятными для организма человека.

Кресло пилота — это изделие, которое не является источником вибрации, но применяется таким образом, что вибрация от винтокрылых ЛА передается через них непосредственно на тело человека. В колебательный процесс при низкочастотных колебаниях 1-50 Гц вовлекается весь организм человека.

Наиболее вредны и опасны для жизнедеятельности человека вибрационные нагрузки, совпадающие по частоте с резонансными частотами колебаний тела и внутренних органов человека. Резонансные частоты таких колебаний находятся в диапазоне 1–20 Гц. Мозг имеет резонансную частоту примерно 10 Гц, сердце –  $4\div 6$  Гц, кровеносная система –  $0,05\div 0,3$  Гц, вестибулярный аппарат –  $0,5\div 13$  Гц, желудок –  $2\div 3$  Гц, почки –  $6\div 8$  Гц. Таким образом, диапазон частот, от которых необходимо осуществлять защиту, называемых инфрачастотами, составляет 1–10 Гц.

Цели работы.

Разработка конструкции кресла пилотов, выполняющая защиту от нежелательных вибрационных воздействий в заданном диапазоне, с минимальной массой, стоимостью разработки и производства, для актуальных гражданских винтокрылых летательных аппаратов.

В настоящей статье приводится анализ конструктивных схем и технологических решений, применяемых при разработке и изготовлении виброзащитных кресел.

Рассмотрим средства обеспечения вибрационной защиты пилота винтокрылого летательного аппарата.

Выбран теоретический метод исследования применяемых схем. Рассмотрены следующие варианты конструкции: энергопоглощающее кресло ОАО «НПП «Звезда», энергопоглощающее кресло Нафиков И.Ю., устройство Р.Г. Камило, М.Т. Джоната, устройство Говердовский В. Н. и Чанг-Мён Ли

На основе патентной информации и анализа публикаций требуемый уровень гашения низкочастотных вибраций достигается в устройстве по патенту № 2597042 Говердовский В. Н. и Чанг-Мён Ли благодаря введению дополнительного упругого элемента параллельно действию первого. Энергопоглощение энергии ударной нагрузки достигается применением в конструкции пневматических амортизаторов.

Наличие специальных узлов крепления к полу фюзеляжа актуальных винтокрылых летательных аппаратов предусмотрено в энергопоглощающих креслах в виде опорных узлов или рельс для жесткой установки на полу вертолета.

При создании системы управления как в патенте № 2597042 Говердовский В. Н. и Чанг-Мён Ли рационально вводить в устройство управления два канала, один из которых имеет возможность активации на частоте, меньшей основной частоты вибрационного движения системы. Таким образом, достигается расширение диапазона частот виброизоляции при заданных ограничениях амплитуд относительных перемещений. Наиболее выгодно будет заменить пневмосистему на электронную, при этом необходим предохранительный механизм, способный дублировать основную систему. Требования к массе удовлетворяются за счет снижения применения металлоемких и массивных элементов, а также замены

пневматической системы на электронную – сервоприводы.

Таким образом, наиболее выгодным решением является синтез элементов, обеспечивающих необходимые характеристики, с учетом того что система будет выполнять свой функционал (гасить вибрации в заданном диапазоне), не ограничивать пилота (посадка по высоте, ручки управления), а также иметь минимальную стоимость и массу.

Предполагается дальнейшая разработка конструкции кресла пилотов, выполняющее защиту от нежелательных вибрационных воздействий в заданном диапазоне, с минимальной массой, стоимостью разработки и производства, для актуальных гражданских винтокрылых летательных аппаратов.

Прототипом для разработки кресла является подвеска сидения виброизоляции пилота вертолета Говердовский В. Н. и Чанг-Мён Ли, с дополнительной проработкой каркаса узлов установки по примеру энергопоглощающего кресла Нафикова И.Ю и компании ОАО «НПО «Звезда».

Список использованных источников:

1. Патент РФ №2270138 Энергопоглощающее кресло летательного аппарата
2. Патент РФ №2500582 Энергопоглощающее кресло летательного аппарата Нафиков И.Ю 2013г.
3. Патент РФ №2504487 Устройство для уменьшения вибрации кресла пилота вертолета Р.Г. Камило, М.Т. Джонатан. 2014 г.
4. Патент № 2597042 Способ виброизоляции пилота вертолета и подвеска сиденья для реализации способа Говердовский В. Н. Чанг-Мён Ли.
5. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) Вибрация и удар.

6. ГОСТ 23718-2014 Самолеты и вертолеты пассажирские и транспортные. Допустимые уровни вибрации в салонах и кабинах экипажа и методы измерения вибрации.

7. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. В. Н. Челомей (пред). — М.: Машиностроение, 1980 — Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов/ Под ред. Ф. М. Диментберга и К. С. Колесникова. 1980. - 544 с.

8. Брамвелл А.Р.С. Динамика вертолетов: Пер. с англ./Пер. Т.П. Ампилова, Г.К. Жустрин. – М.: Машиностроение, 1982, - 368 с.

**Создание командной радиолинии с использованием  
стандартных микросхем бытовых  
FM-радиоприемников**

**Хохлова Анна Вадимовна**

Научный руководитель – Егоров В.В.

МАИ, Москва

[hohlova4717@mail.ru](mailto:hohlova4717@mail.ru)

В различных задачах, например, связанных с задачами гражданской обороны, задачами систем безопасности или иными, иногда требуется передача каких-либо управляющих команд непосредственно в эфире существующих радиостанций FM-диапазона. Одним из применений такой системы может быть передача сигналов точного времени для установки часов на самом устройстве или сигналы могут активировать те или иные устройства, включать приемники, включать выходные усилительные каскады, например, для экстренного оповещения населения. То есть, если что-то произошло, в эфире радиостанции может быть передан

управляющий код, который включит приемник, который изначально находился в режиме ожидания, и по сути принимал сигнал, на полную громкость, и приемник оповестит население о произошедшем.

Такие системы существуют, есть системы передачи информации поверх ФМ, но для декодирования пакетов такой системы требуется достаточно сложная обработка и для генерации таких информационных пакетов требуется широкая полоса приемника. В данном случае предполагается система, которая предполагает включение в конечный каскад приемника после демодуляции, и работает она непосредственно со звуком, т.е. реагирует на сигналы, передающиеся непосредственно в звуковом диапазоне и предполагается как устройство, модифицирующее существующие приемники (в низкочастотной части добавляем устройство, которое принимает сигналы и декодирует их). Поскольку мы ограничены полосой приемника, мы не можем использовать существующую систему.

## DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

1	2	3	A	697 Гц
4	5	6	B	770 Гц
7	8	9	C	852 Гц
*	0	#	D	941 Гц
1209 Гц	1336 Гц	1477 Гц	1633 Гц	

Для кодирования символа в DTMF сигнал необходимо сложить два синусоидальных сигнала. Частоты синусоид берутся по приведенной выше таблице из ряда и строки соответствующих передаваемому символу.

Рис. 1

Одной из систем передачи кода является система DTMF – двухтональная модуляция, которая применяется в телефонии. Она заключается в том, что цифры телефонного номера передают сочетание двух синусоид на различных частотах (они приведены на рисунке 1), т.е. одновременно в эфире звучит две частоты.

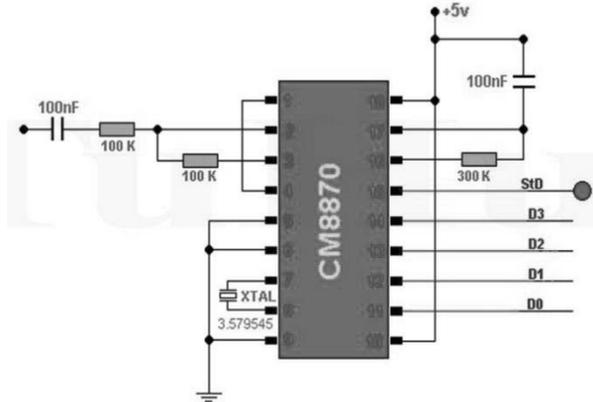
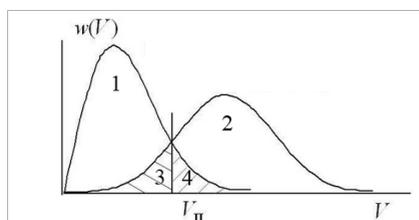


Рис. 2

Существует специализированная микросхема, так же приведенная на рисунке 2, которая демодулирует tonовый набор и преобразовывает его в код, который передается на контакты D0, D1, D2 и D3, а на канал SDT подается сигнал о факте превышения порога срабатывания (если по линии появляется единица, значит был превышен порог обнаружения, т.е. что-то было обнаружено). Изначально типовая схема включения микросхемы рассчитана под импульсы длительностью 0,5 секунды. Это стандартный tonовый набор. Это очень длинный импульс, и мы решили попытаться ускорить передачу информации. И, постепенно ускоряя, пришли к тому, что в принципе

предел этой микросхемы соответствует 32 миллисекундам. Для этого мы заменили номиналы  $C1$  и  $R1$  на 10 нФ и 10 кОм соответственно. При этом получилось добиться эффекта, при котором сигналы нормально воспринимаются и демодулируются, но не все это делают нормально, поэтому некоторые цифры пришлось исключить. Наиболее подходящими для наших целей оказались цифры 6, 8, 10 и 12. Для остальных приходится слишком сильно сдвигать пороговый уровень влево, что приводит к резкому росту вероятности ложного срабатывания, что для нас неприемлемо.



- 1 – вероятность верного не срабатывания
- 2 – вероятность верного срабатывания
- 3 – пропуск сигнала
- 4 – ложное срабатывание

Рис. 3 Проблема обнаружения

Классическая локационная проблема заключается в том, что при уменьшении длительности импульса нам пришлось снизить величину порога. При снижении величины порога мы неизбежно получили рост вероятности ложного срабатывания, т.е. система стала очень чувствительной и стала реагировать на помехи в эфире, что приводило к ошибкам. Чтобы уйти от этих ошибок, были применены два этапа кодирования и создания пакетов информации, которые позволили сделать сигналы в точке обнаружения более уникальными, чтобы случайным образом вероятность ложного срабатывания была снижена до значения 0,001.



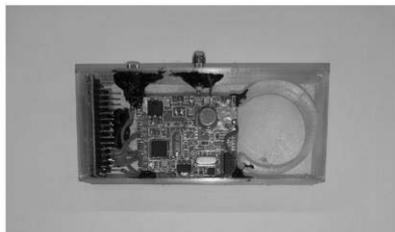
Рис. 4

При этом мы получили структуру пакета, изображенную на рисунке 4. Ее суть заключается в том, что приемнику известны комбинации серых цифр, представленных на слайде. А белым указаны два состояния битов, т.е. эти значения неизвестны приемнику. Приемник принимает весь этот пакет и проверяет, есть ли в тех местах, где должны быть известные ему значения. Если он не видит в этих ячейках нужные значения, то пакет отбраковывается как ошибочный.

Если все совпало и по всем позициям присутствуют верные значения, то приемник как бы вытаскивает из пакета код, показанный белым и формирует 16 бит информации. В этих 16 битах 12 бит – это информация, которая передавалась, и 4 бита – это контрольная сумма. Контрольная сумма считается по четырем трехбитным группам, как это показано на слайде (по каждой трехбитной группе формируется бит проверки четности, и он передается далее четырьмя отдельными битами). В точке приема анализируется то что было принято по всем этим пунктам, собирается в пакет, и по 12 первым битам считается контрольная сумма. Если эта контрольная сумма совпала с той, которая передавалась, то принимается решение, что пакет правильный. А если не совпало, то пакет отбраковывается. Это было сделано в виде программы, вписанной в микроконтроллер, и с использованием этой программы и указанной ранее

микросхемы, был сделан экспериментальный образец, приведенный на рисунке 5.

• Передатчик



• Приемник



Рис. 5

Список используемых источников:

1. Яковлев, О. И Якубов В. П. Распространение радиоволн / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов, А. Г. Павель-ев; под ред. Яковлева О. И. — М.: ЛЕНАНД, 2009. — 399с.
2. Руденко, Е. В. Хохлова А. В. Организация командной радиолинии с применением стандартных радиоприемни-ков УКВ-2 диапазона // 28—й Всерос. межвузовская научно-технической конф. студентов и аспирантов «Мик-роэлектроника и информатика — 2021» — М.: МИЭТ, 2021. — 159с.

**Стелс покрытия**  
**Хохлова Анна Юрьевна**  
МАИ, Москва  
annah2002@mail.ru

Современные условия жизни и стремление стран выиграть гонку поколений в авиации требует от инженеров новых идей по созданию новых и улучшению уже существующих самолётов пятого поколения. В процессе создания данных воздушных судов нужно совмещать в самолете все необходимые признаки таких летательных аппаратов и в тоже время

учитывать все экономические затраты на его создание, изучать предыдущие неудачи и искать пути их решения, создавать новые материалы, помогающие сделать самолёт «незаметным». В проделанной работе описаны и проанализированы используемые в авиации стелс системы и проблемы, связанные с их покрытием.

Около четверти века назад появилось деление самолётов на поколения, каждое из которых обладает определёнными характеристиками. В настоящее время продуктивно идёт разработка новых и доработка старых воздушных судов пятого поколения. Для таких летательных аппаратов в Америке инженеры сформулировали основные признаки:

1. Малоаметность для локаторов (стелс системы).

2. Сверхзвуковой двигатель без форсажной камеры

3. Сверхманёвренность.

Под технологией "стелс" (от англ. Stealth – втихомолку, украдкой), понимается свойство оставаться незамеченным как для радаров других воздушных судов, так и для наземных установок. К сожалению, не всегда удаётся совместить в самолёте все данные качества, которые были предложены американскими инженерами. Очень часто с попытками создать новый истребитель со сверхзвуковым двигателем и без форсажной камеры, а также с мощным БРЭО и малой заметностью, происходит ухудшение манёвренности самолёта.

Одним из ключевых компонентов малой заметности является именно стелс-покрытие.

Стелс покрытие – это радиопоглощающие покрытия и материалы, которые делают летательный аппарат менее заметным. Наиболее распространённым является iron ball paint, содержащий микроскопические

сферы, покрытые карбонильным железом или ферритом. Действие данного покрытия заключается в том, что излучение локаторов вызывает молекулярные колебания в покрытии в результате наложения переменного магнитного поля, энергия излучения превращается в тепло, что позволяет уменьшить заметность объекта. Такие технологии использовались на самолёте SR-71 Blackbird.

Типы стелс покрытий:

- Резонансные - обладают толщиной в четверть длины волны, из-за чего возможно отражение излучения от внешней и внутренней поверхностей покрытия с образованием интерференционной картины нейтрализации исходной волны. Происходит подавление падающего излучения. Однако эффективен только для неизменяемой частоты.

- Нерезонансные магнитные - содержат частицы феррита. Данный тип покрытия рассеивает энергию высокочастотного излучения по большой поверхности. Несмотря на ограниченность эффективности резонансных РПМ небольшим диапазоном расчётных частот излучения. Главное преимущество - широкополосность — эффективность поглощения излучения в широком диапазоне частот.

- Нерезонансные объёмные - относительно толстые слои, поглощающие большую часть подводимой энергии до подхода и возможного отражения волны от металлической задней пластины. Используются диэлектрические и магнитные потери за счет добавления соединений феррита, а иногда графита в пенополиуретановую матрицу.

- Тонкие покрытия, из диэлектриков и проводников, являются узкополосными, поэтому в тех случаях, когда добавленная масса и стоимость не

являются критичными, используются магнитные материалы и в резонансных РПМ, и в нерезонансных РПМ.

- Градиентные РПМ — многослойные структуры с плавным или ступенчатым изменением по толщине комплексной диэлектрической (или магнитной) проницаемости,. Этот тип РПМ технологически сложен в изготовлении.

В настоящее время применяется стелс покрытие на фонарях самолётов Су-57, Су-30, Су-34, Су-35, МиГ-29К и является слоем оксидов металлов толщиной 70-90 нм. Именно благодаря данному покрытию снижается заметность летательного аппарата для радиолокационных средств противника и происходит защита пилота истребителя от теплового фактора, ультрафиолета и иных негативных воздействий, что является не менее важным. В результате тепловая составляющая солнечной радиации снижается в три раза, а ультрафиолетовое воздействие снижается почти в шесть раз.

Современные радиопоглощающие покрытия:

- Имеют переменную толщину по профилю.
- Обладают сложной структурой с меняющимися значениями диэлектрической и магнитной проницаемостей по толщине и вдоль поверхности обшивки.

- Состав покрытия способен изменить падающую на него электромагнитную волну, в результате чего она не может передавать противнику информацию о параметрах военной техники.

- Обрабатываются с помощью лакокрасочных технологий.

- Широко применяются плазменные технологии.

Недостатки стелс покрытия:

- При сложных климатических условиях, таких как песчаные бури, происходит потеря прочности радиопоглощающего покрытия и оно быстрее изнашивается.

- При длительных полётах на сверхзвуковых скоростях стелс покрытие сгорает, в результате самолёт становится заметным для других воздушных судов.

- Уязвим для не метровых радиоволн.

- Сильно снижается скорость летательного аппарата при отсутствии комплексной аэродинамической формы.

- Радиолокационные комплексы, ведущие отслеживание самолётов на одной, или более высокой высоте способны увидеть летательный аппарат со стелс покрытием.

- Очень дорогое.

Для решения проблем стелс покрытий, связанных с потерей прочности из-за плохих погодных условий, можно применять материалы на основе наноструктур. В настоящее время их изучению уделяется большое внимание. Наноматериалы с каждым годом всё больше и больше внедряются в авиацию, поэтому вполне рационально использовать их для стелс покрытий. Такие покрытия становятся с малой удельной массой, повышенной прочностью и термостойкостью, а также более устойчивые к агрессивным средам.

Вывод.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что наличие радиопоглощающих покрытий на самолёте является одним из критериев, который позволяет отнести данный летательный аппарат к пятому поколению. Мечты инженеров о том, чтобы создать малозаметный самолёт, но в то же время с хорошими лётными характеристиками, вот уже на протяжении

многих лет стимулируют для разработки и совершенствования различных способов «маскировки» воздушного судна от радаров. Однако всё ещё не удалось создать такое «идеальное» покрытие, которое смогло бы удовлетворять всем требованиям. При создании самолётов пятого поколения следует использовать специальные радиопоглощающие покрытия (краски), радиопоглощающие материалы в конструкции, радиопрозрачные материалы, а также необходимо учитывать все климатические условия, в которых будет использоваться данный летательный аппарат. В создании лёгкого, прочного и устойчивого к плохим погодным условиям стелс покрытия целесообразно использовать новейшие технологии с использованием наноматериалов.

Список использованных источников:

1. «Метод краевых волн в физической теории дифракции», Уфимцев П. Я., изд. «Советское радио», 1962, тираж 6.5 т. экз.

2. А. Н. Лагарьков, М. А. Погосян. Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий // Вестник РАН. — 2003. — Т. 73, N 9. — С. 848.

3. Бочкарев А. М., Долгов М. Н. Радиолокация малозаметных летательных аппаратов // Зарубежная радиоэлектроника. — 1989. — N 2. — С. 3—17.

**Изучение влияния пандемии на объем авиаперевозок  
в России и сравнение этих показателей с  
общемировыми тенденциями.**

**Чайка Антон Анатольевич,  
Коваль Глеб Ярославович,  
Козлова Дарья Сергеевна**

Научный руководитель – к.т.н. Кучейко А.А.

МАИ, Москва

[antonchajjka@gmail.com](mailto:antonchajjka@gmail.com)

Пандемия вируса COVID-19 оказала значительное влияние на многие сферы жизни общества. Определенные области, такие как отрасль авиаперевозок, являются особенно чувствительными, так как они зависят от множества внешних факторов. Ведущие зарубежные космические агентства, используя открытые данные спутниковой съемки и ресурсы нейронных сетей, вывели ряд индикаторов, которые позволяют оценивать влияние ограничительных мер на объем авиационных перевозок. Однако в России аналогичные исследования ещё не получили широкого распространения, вследствие чего вышеупомянутая область является особенно актуальной.

Целью нашего исследования является поиск и анализ индикаторов, позволяющих производить оценку загруженности аэропорта и устанавливать связь между введением коронавирусных ограничений и уровнем пассажиропотока. С помощью открытых снимков дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) был проведен анализ отечественных и зарубежных аэропортов по двум индикаторам – изменение числа самолетов на стоянках и загруженность долговременных парковок автотранспорта у аэропортов. Для оптимизации обработки данных было необходимо

обучить нейронную сеть обнаруживать самолеты на снимках с оптическим разрешением 10 метров на пиксель.

Область изучения данной работы направлена на оценку макро- и микроэкономических показателей с помощью индикаторов, полученных в результате обработки открытых снимков ДЗЗ с применением нейронных сетей. Значимость данной работы состоит в том, что полученные индикаторы и подходы позволяют объективно оценивать состояние отрасли авиасообщений, выявить уязвимые места аэропортов и построить возможный прогноз в подобных ситуациях.

В ходе исследования применялись открытые данные ДЗЗ программ SENTINEL и LANDSAT, так же использовались веб-ресурсы, позволяющие определить назначение и характер стоянок. Для создания наборов данных и последующего обучения нейросети были задействованы ресурсы кампании ГеоСпейсЛаб.

Объектом исследования являлись три аэропорта Московского авиаузла, данные по которым из-за звездной топологии авиалиний внутренних и зарубежных сообщений позволяют оценивать интенсивность перевозок в стране в целом по стране. Для сравнения были проведены исследования по аэропортам Пулково (Санкт-Петербург), Адлер и Гамбург.

Были отобраны и проанализированы снимки аэропортов за 4 основных периода:

- осень 2019 года – как этап, не затронутый пандемией COVID-19;
- весна 2020 года - время основных ограничений;
- конец лета – ранняя осень 2020 года – период ослабления ограничений и постепенное восстановление авиaperвозок;

- конец осени 2020 года – этап второй волны распространения вируса.

В результате работы подтверждена обратная зависимость между изменением числа самолетов на стоянках и строгостью принятых мер. Среднее увеличение самолетов на стоянках составило 30-60%, в зависимости от характера аэропорта, что согласуется с общим уменьшением пассажиропотока на 70 – 80%. На основе анализа временных серий снимков были выявлены территории, наполненность которых характеризует интенсивность авиаперевозок – к ним относятся площадки около телескопических трапов и стоянки для хранения самолетов. Также были обнаружены особые зоны, которые указывают на перегрузку инфраструктуры аэропорта. К ним относятся рулевые дорожки, которые в период максимальных ограничений использовались для временного хранения самолетов.

Полученные данные сопоставлены с официальной статистикой с помощью соотношений (решающих правил), которые учитывают скорость изменения самолетов, оцененных по космоснимкам, и скорости изменения пассажиропотока (получены из официальных данных с сайта федерального агентства воздушного транспорта). Для составления данных отношений использованы два графика: – график изменения общего количества самолетов, полученный путем поэтапного суммирования самолетов, находящихся на стоянках и у телескопических трапов; второй – график, построенный на основе официальной статистики пассажироперевозок. Подсчет происходил непосредственным вычислением производной на рассматриваемом этапе. В ходе вычислений получились значения, которые могут изменяться от 0 до  $\infty$ . Был

выведен ряд положений, которые позволяют обосновать полученные данные:

1. Если скорость изменения пассажиропотока большая и скорость изменения числа самолетов большая (и по темпу изменения они примерно равны), то полученный коэффициент будет находиться в интервале  $0.5 \dots 1.5$  и данная связь будет иметь прямую зависимость, т.е. уменьшение/увеличение самолетов происходит напрямую с изменением трафика, что не влечет за собой серьезных проблем с размещением самолетов в аэропорте.

2. Если скорость изменения пассажиропотока большая, а скорость изменения числа самолетов малая, то коэффициент будет  $\ll 1$  и располагаться в интервале  $0 \dots 0.5$ . Данный результат будет свидетельствовать о состоянии авиаперевозок в целом и о заполненности самолетов в частности, так как количество самолетов практически не изменилось, а пассажиропоток стремительно вырос или уменьшился.

3. Если же скорость изменения пассажиропотока малая, а скорость изменения числа самолетов большая, то полученный коэффициент будет  $\gg 1$  и находиться в интервале от  $1.5 \dots \infty$ . Полученная зависимость может свидетельствовать о возможном перераспределении самолетов между аэропортами, так как пассажиропоток остался примерно на прежнем уровне, однако количество самолетов заметно изменилось.

Между автомобильными парковками и ограничениями была также установлена прямая зависимость, примерно пропорциональная изменению самолетов. График плотности трафика на парковках полностью повторяет первую и вторую волны распространения вируса. Так, падение плотности

автомобилей на стоянке близ Домодедово составило около 50%, близ Пулково – 55%.

В целом было установлено, что сфера отечественных авиаперевозок пострадала несколько меньше общемировых значений и существенно меньше, чем в США и странах Европы. Это связано с тем, что отечественные аэропорты продолжали работать на внутренних авиалиниях.

Список использованных источников:

1. Earth Observing Dashboard // URL:<https://eodashboard.org/>.
2. JAXA for Earth // URL:<https://earth.jaxa.jp/covid19/en.html>.
3. EO BROWSER // URL:<https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>.
4. nakarte.me // URL:<https://nakarte.me/#m=10/55.75185/37.61856&l=O>.
5. ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА РОСАВИАЦИЯ // URL:<https://m.favt.gov.ru/deyatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-stat-dannye/>.

**Улучшение аэродинамического качества самолета  
малой авиации путём применения  
аэродинамического акульего профиля**

**Черкунов Максим Алексеевич**

Научный руководитель – Шавелкин Д.С.

МАИ, Москва

[cherkunovm@mail.ru](mailto:cherkunovm@mail.ru)

В жизни большой страны немаловажную роль играет малая авиация, обеспечивающая транспортное сообщение в труднодоступных районах. В российской малой авиации основной рабочей лошадкой является архаичный Ан-2, эксплуатируемый не один десяток лет. Такой срок службы увеличивает стоимость эксплуатации изначально неэкономичного самолёта, но достойной замены для “кукурузника” на данный момент нет, поэтому оптимальным способом будет улучшение аэродинамического качества самолёта, позволяющее уменьшить расход топлива, что, в свою очередь, уменьшит стоимость лётного часа.

В этой работе было проведено исследование по улучшению аэродинамического качества для самолёта малой авиации. За основу были взяты исследования природы акульей кожи и обтекания потоком зубцов, из которых она состоит. Результаты показали, что применение нового аэродинамического профиля, основанного на структуре акульей кожи, будет являться самым оптимальным решением, так как оно значительно увеличивает коэффициент подъёмной силы и уменьшает коэффициент лобового сопротивления, что соответственно приводит к увеличению аэродинамического качества.

Территория Российской Федерации является самой большой по площади во всём мире, что вызывает

определённые трудности в организации транспортного сообщения в отдалённых регионах страны. Порой только за счёт малой авиации можно обеспечить это жизненно необходимое сообщение. Одной из знаменитых рабочих лошадок российской малой авиации является самолёт Ан-2 (Рис. 1), спроектированный ещё в конце 40-ых годов и имеющих архаичную бипланную схему крыльев. Но даже несмотря на то, что этот самолёт, также как и бипланная схема, морально и технически устарели к началу 21-го века, Ан-2 продолжает активно эксплуатироваться.

Согласно [1] в 2017 году коммерческий парк самолётов Ан-2 в России составлял 227 единиц, а порядка 90% задач малой авиации выполнялось именно этими самолётами. Со временем эксплуатация данных самолётов становится всё дороже, так как многие из них летают более 40 лет, а налёт некоторых достигает 20 тыс. часов. Вследствие этого возникает необходимость в удешевлении эксплуатации данных летательных аппаратов. Одним из оптимальных вариантов является уменьшение расхода топлива, сокращающее финансовые затраты путём удешевления стоимости лётного часа.



Рис. 1 Ан-2

В работе мы сосредоточимся на исследовании увеличения аэродинамического качества и новаторских способах уменьшения лобового сопротивления самолёта.

Окружающая нас природа даёт много поводов для исследований, и одним из интереснейших поводов является движение акулы в воде, а если быть точнее, процесс обтекания потоком воды тела акулы. Акулья кожа обладает уникальным строением (Рис. 2) – она кажется гладкой, но на самом деле её покрывает плакоидная чешуя, представляющая мельчайшие подвижные ромбовидные пластины-зубцы. Именно такая поверхностная микроструктура позволяет акулам развивать в воде очень высокую скорость. В статьях [3] и [4] исследуются различные варианты искусственных зубцов и их влияние на аэродинамические характеристики, от этого мы и будем отталкиваться в своей работе.

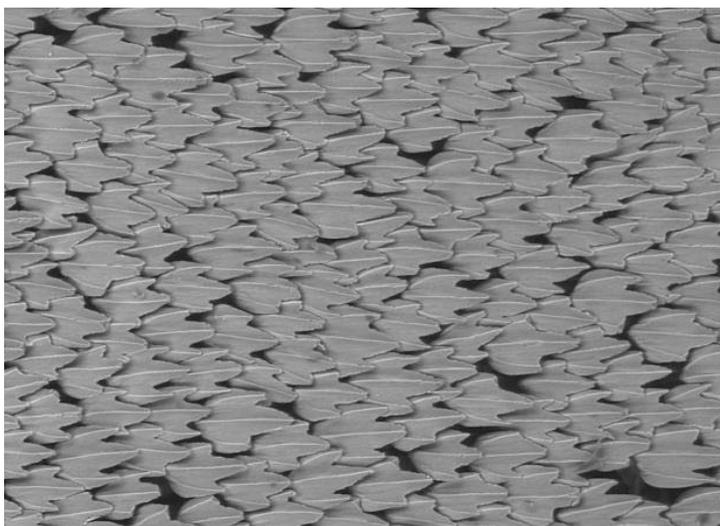


Рис. 2 Микрофотография поверхности кожи акулы, покрытой зубцами

Для начала необходимо понять отчего зависит аэродинамическое качество. Согласно [2]:

$$K = \frac{c_{ya}}{c_{xa}} = \frac{Y_a}{X_a} \quad (1)$$

Где  $K$  – аэродинамическое качество,  $c_{ya}$  – коэффициент подъёмной силы,  $c_{xa}$  – коэффициент лобового сопротивления,  $Y_a$  – вертикальная аэродинамическая сила  $X_a$  – горизонтальная аэродинамическая сила.

Отсюда приходим к выводу, что для увеличения аэродинамического качества необходимо увеличить  $c_{ya}$  и уменьшить  $c_{xa}$ . Без серьёзных изменений конструкции планера это возможно за счёт искусственного изменения геометрии крыла самолёта. К нужному эффекту может привести как использование дополнительных элементов, таких как закрылки и законцовки, так и модификация геометрии поверхности

крыла. Такие изменения не требуют дополнительных источников энергии и улучшают аэродинамику крыла только за счёт взаимодействия потока воздуха с поверхностью крыла. Как правило, такие аэродинамические элементы основаны на изменении направления воздушных потоков и формировании в них небольших вихрей.

Применение генераторов вихрей позволит уменьшить коэффициент лобового сопротивления, вследствие создания турбулентных вихрей, задерживающих срыв пограничного слоя из-за переноса слоя с большим импульсом ближе к поверхности, тем самым увеличивая импульс слоя, контактирующего с несущей поверхностью, и задерживая его срыв.

Для ещё более прогрессивного увеличения аэродинамического коэффициента стоит обратиться к исследованию акульей кожи – уникальной природной структуре, состоящей из подвижных ромбовидных пластин-зубцов, являющихся естественными генераторами вихрей. Но помимо создания турбулентных вихрей они ещё создают позади себя разделительный пузырь, который обеспечивает дополнительное всасывание пограничного слоя вдоль хорды, тем самым увеличивает подъемную силу (Рис. 3).

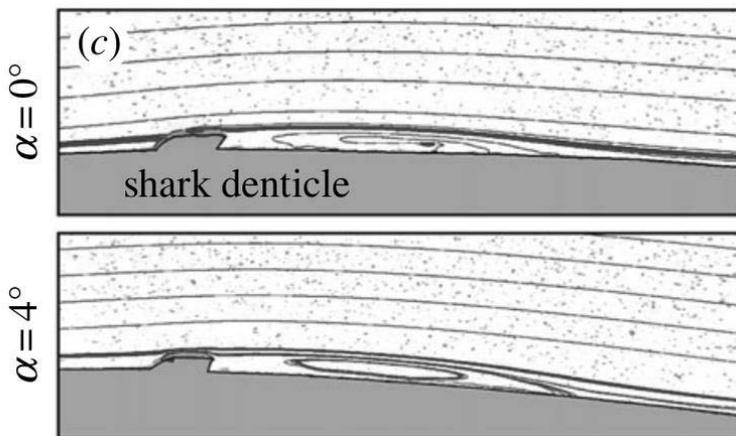


Рис. 3 Обтекание крыла, покрытого зубцами, воздушным потоком при углах атаки  $0^\circ$  и  $4^\circ$

Создание искусственных моделей зубцов и исследование многочисленных параметров, влияющих на размеры и формы геометрии зубцов позволит понять точный характер обтекания и подобрать облик, максимально увеличивающий аэродинамическое качество [3]. Но помимо вычисления параметров зубцов необходимо наиболее эффективно применить их на крыле самолёта. В работе [4] проводится исследование аэродинамических профилей, характеризующихся различным расположением (включая один или несколько рядов зубцов), концентрацией, размерами и углами наклона этих зубцов. Применение данных профилей даёт весомый прирост в аэродинамическом качестве на углах атаки от  $0^\circ$  до  $15^\circ$ . Благодаря этим исследованиям в [4] решили исследовать совершенно новый вид аэродинамического профиля – “акулий профиль” (Рис. 4), представляющий из себя профиль с выпуклостью на верхней поверхности, повторяющей рельеф зубцов акулий кожи. Как показали опыты, проведённые в [4], акулий профиль выигрывает в аэродинамических характеристиках у профиля,

покрытого зубцами. Помимо этого, акулий профиль проще в изготовлении, так как отсутствует необходимость полностью воссоздавать сложный рельеф зубцов.

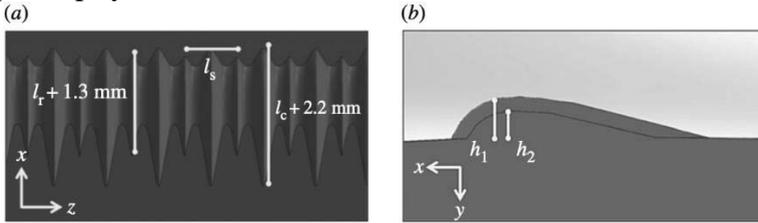


Рис. 4 Верхнее (а) и боковое (b) изображение акулий профиля

По сравнению с обычным гладким профилем крыла акулий профиль увеличивает аэродинамическое качество в 2 раза, а профиль, покрытый зубцами, в 1.5 раза. По отношению к профилю, покрытому зубцами, акулий профиль даёт выигрыш порядка 1.2, что, вместе с вышесказанным, определяет применение данного профиля как самое оптимальное решение по уменьшению лобового сопротивления и повышению подъёмной силы, или, говоря другими словами, увеличению аэродинамического качества.

Из-за отсутствия полноценных исследований и невозможности создать крыло, изначально использующее акулий профиль, возникает необходимость создания отдельных накладных элементов, которые будут применяться на существующих летательных аппаратах.

## Заключение

Таким образом, на взятом за основу самолёте малой авиации Ан-2 мы можем применить аэродинамический акулий профиль, улучшающий аэродинамические характеристики, а именно -

аэродинамический коэффициент путём повышения подъёмной силы, возникающей вследствие образования разделительного пузыря и засасывания в него пограничного слоя, и путём уменьшения лобового сопротивления, благодаря созданию турбулентных вихрей, переносящих потоки с большим импульсом из пограничного слоя к прилегающему к поверхности слою, тем самым оттягивая срыв потока с крыла. Такое технологическое решение позволяет кардинально не изменять конструкцию крыла, что не влечёт за собой затрат на перепроектирование всей конструкции – именно это позволяет наиболее эффективно и экономично решать задачу по снижению расхода топлива, поставленную изначально.

Данный профиль можно будет создать за счёт производства и установки искусственной накладке на верхнюю поверхность крыла. Это позволит нам повысить эффективность и экономичность нашего самолёта, а также даст толчок к развитию новых типов самолётов малой авиации, изначально имеющие в конструкции крыльев проанализированные ранее технологические решения.

Список использованных источников:

1. Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ан-2>
2. Бочкарев А.Ф., Андреевский В.В., Белоконов В.М. Аэродинамические характеристики самолета // Аэромеханика самолета / под ред. А.Ф. Бочкарева, В.В. Андреевского. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Машиностроение 1985. С. 37-44.
3. Algorithmic-driven design of shark denticle bioinspired structures for superior aerodynamic properties / J. Ott, M. Lazalde and G. X Gu // Bioinspiration & Biomimetics. 2020.

4. Shark skin-inspired designs that improve aerodynamic performance / A.G. Domel, M. Saadat, J. C. Weaver, H. Haj-Hariri, K. Bertoldi, G. V. Lauder // The Royal Society Publishing. 2018

### **Беспилотный пожарный самолёт «GA Aircraft 70»**

**Широков Александр Игоревич**

Научный руководитель – Прокопенко Д.А.

МАИ, Москва

[xirokov@mail.ru](mailto:xirokov@mail.ru)

В настоящее время особую популярность набирают беспилотные летальные аппараты (БПЛА). Они могут использоваться в опасных условиях, неприхотливы, просты в обслуживании. Одним словом, БПЛА способны решать самые разнообразные задачи, затруднительные для авиации общего назначения.

Львиную долю среди БПЛА составляют поливочные самолеты для сельского хозяйства. Однако в ходе маркетингового анализа мы выяснили, что до сих пор большие сегменты рынка БПЛА остаются незанятыми. Это обусловлено относительной новизной применяемых технологий и малой вовлеченностью крупных авиастроительных корпораций в развитие беспилотной авиации.

*Актуальность* данной работы обусловлена отсутствием в мире БПЛА массой до 500 кг, который бы мог брать химические вещества на борт и использоваться для внесения удобрений в сельском хозяйстве. Таким образом, *целью моей работы* является создание БПЛА, способного занять свободный сегмент рынка поливочных с/х самолетов массой до 500 кг.

*Гипотеза исследования:* БПЛА будет наиболее эффективным средством решения задач внесения

удобрений в сельском хозяйстве благодаря выдающимся летным характеристикам, неприхотливости и малой стоимости. Наша команда нацелилась на нижнюю часть ниши беспилотников до 500 кг и разработала самолет массой 170 кг, который сможет брать до 70 кг воды на борт и летать с крейсерской скоростью до 150 км/ч. Ширина захвата - 10 м.

Скорость полета - 90 км/ч

Производительность - 27 - 35 га/час при норме внесения 8 л/га.

А теперь о нише, в которой наш самолет. Все аппараты, выполняющие авиационные работы, можно поделить на три группы:

1) Дроны (DJI AGRAS T-20, T-30, T-40) - используются на полях размером до 10 га (200 на 500 м). Объем бака дронов - (20 - 40) л. Применяется (УМО) ультра-малообъемное опрыскивание, причем нормы внесения 3 - 10 л/га). Производительность дронов при таких условиях колеблется в пределах 9,7 - 13,3 га/час для нормы внесения 5 л/га и 9,5 - 13,0 га/час для нормы внесения 10 л/га. Размер капельки - 0,1 микрон. Это самая мелкая капелька, и самое эффективное опрыскивание. Вокруг листьев образуется мелкодисперсное облако, которое долгое время держится в воздухе, что очень хорошо. Чем крупнее капля, тем хуже будет этот эффект. Ширина захвата у дронов - 6-8 м.

Основными задачами в данной нише являются борьба с сорняками (гербициды) и насекомыми-вредителями (инсектициды), а также проведение десикация подсолнечника, сои.

Стоимость обработки - 700 руб/га без учета стоимости химикатов.

## 2)Сверхлегкая авиация (СЛА).

СЛА для средне- и малообъемного опрыскивания. (Это аппараты СП-30, СК - 01, Х - 32 Бекас, Авиатика МАИ - 890СХ). Размер бака 100 - 300 л. Самый распространенный самолет в РФ - СП-30 (бак 150 л). Нормы внесения такие же, как и у дронов 2-10 л/га. Но размер капли уже больше - 10 - 60 микрон, что конечно хуже. Но тем не менее, облако вокруг листьев продолжает образовываться, хоть и менее эффективно, чем у дронов. Задачи опрыскивания у дронов и СЛА совпадают. Однако СЛА работает уже на полях размером 800 га, они имеют скорость работы в 4 раза больше, чем у дронов и ширину полосы захвата 16 -25 метров, поэтому их производительность составляет 56 - 76 га/час при внесении 5 л/га и 51 - 68 га/час при внесении 10 л/га. Стоимость обработки 120 руб/га - дельталеты, 160 - 200 руб - для ультралегких самолетов без учета стоимости химикатов.

## 3) «Тяжелая» авиация.

Здесь относятся аппараты (Су - 38Л, Ан - 2, Т-500, АТ - 802А, вертолеты КА-26 и Ми-2). Нормы расхода номинальные 15-50 литров, а при внесении удобрений 50 - 150 л/га (Внесение азотных и фосфорных удобрений, десикация). Производительность Ан-2 при работе с традиционными нормами рабочей жидкости (50-100 л/га) орошает 60-90 га в летный час при среднем тарифе 250 руб./га, а производительность вертолета Ми-2 при расходе 50 - 100 л/га) составляет 40-70 га в летный час при тарифе 300-350 руб./га

Размер капли у этих аппаратов уже 200-1000 микрон, и такое опрыскивание является крупнодисперсным. Оно самое неэффективное: капли быстро скатываются с листьев в почву, и не образуется обволакивающее облако, поэтому чтобы достичь такой

же эффективности, как у дронов и СЛА, надо лить на гектар в разы больше (это и видно по большим нормам внесения для тяжёлой авиации). Но зато тяжелая авиация может вносить азотные, калийные и фосфорные удобрения, чего не могут делать дроны и СЛА.

Азотные удобрения вносятся в виде сухого порошка (селитра) при норме 200 кг/га. Дронам и СЛА такое просто не поднять. Калий и фосфор либо вносят отдельно, либо вместе с азотом в виде комплексного удобрения (КАС). В этом и есть уникальность тяжелой авиации. Также в некоторых районах страны запрещено (УМО), так как действующие вещества представляют собой концентрированный яд, и облако часто уносит на другие посевы. В этом случае вместо дронов и СЛА применяют тяжелую авиацию.

Наш же самолет по характеристикам сопоставим с СЛА, но в то же время обладает простотой обслуживания и не требует пилота.

Самолет GA – 70 представляет собой одномоторный цельнодеревянный биплан с мотором воздушного охлаждения Turnigy 55cc. Бипланная схема обеспечивает высокие летные характеристики на скоростях около 100 км/ч. В купе с задней центровкой, данный БПЛА обладает очень низкой нагрузкой на крыло, что гарантирует превосходные характеристики на малых скоростях, а также обеспечивает отличную стабильность в полете.

К настоящему моменту командой осуществлены все необходимые расчеты, составлена таблица оптимальных скоростей полета для разных видов полезной нагрузки и конфигурации механизации. Кроме того, произведены экспериментальные продувки модели на разных режимах полета в программной среде Solid works. Павлом Андреевым создан полный комплект

чертежей, полностью разработана конструкторская документация, и самолет передан в производство.

На 28 февраля 2021 года изготовлен фюзеляж, горизонтальное и вертикальное оперение, консоли верхнего и нижнего крыла произведена навеска ДВС. Завершение изготовления летного образца и проведение летных испытаний запланировано на июль-август 2021 года. В будущем планируется дальнейшая модернизация самолёта и доведение полезной нагрузки до 100 кг.

По завершении создания самолёта командой делаются следующие выводы:

- 1) Данный самолет уверенно претендует на нишу поливочных беспилотников массой до 100 кг, оставаясь единственным представителем в мире.
- 2) Уникальные решения в области аэродинамики и систем управления значительно повышают эффективность использования данного самолета, а несложная конструкция и доступные материалы упрощают его изготовление.

Список использованных источников:

- [1] С. М. Егер, А. М. Матвиенко, И. А. Шаталов Основы Авиационной Техники, Москва, “Машиностроение”, 2003 г
- [2] Grant C.H. Model Airplane Design and Theory of flight//Air Age Inc. 551 Fifth Avenue New York – 1944\

**Разработка измерительного комплекса основных параметров беспилотного летательного аппарата**

**Юденков Вениамин Эдуардович**

**Лебитков Владимир Константинович**

**Балакшина Дарья Вячеславовна**

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербург

qwerty20609@mail.ru

При создании малоразмерных БПЛА существует проблема, связанная с отсутствием необходимых данных о характеристиках микро воздушно-реактивных двигателей (мВРД), например - высотная и тяговая характеристика двигателя. Основываясь на этих параметрах (характеристиках) силовой установки, можно улучшить основные характеристики БПЛА, а именно: максимальную дальность полета и практический потолок полета летательного аппарата.

Однако, не только высотная характеристика является важным параметром, на который следует опираться при проектировании. Также, необходимо знать, какие напряжения возникают в силовой конструкции БПЛА при воздействии на него нагрузок от набегающего потока. Последующий анализ этих данных позволяет выявить особо опасные места в конструкции усилить их.

Для снятия высотной и тяговой характеристики микро ВРД, а также осуществления измерения напряжений в силовой конструкции БПЛА, необходимо создать малоразмерный БПЛА, в который будет встроен комплекс измерительного оборудования, состоящий из датчиков и записывающего устройства, объединённых системой единого времени.

Для анализа высотной и скоростной характеристики ВРД необходимо в ходе полета измерять следующие характеристики, а именно:

- тягу двигателя;
- расход топлива;
- скорость БПЛА;
- высоту полета БПЛА.

Для решения задачи по измерению тяги двигателя, его необходимо закрепить на направляющих, тем самым придав двигателю одну степень свободы по продольной оси самолета, и осуществить упор подвижных кареток в тензодатчики модели 1 НМ [1]. Возникающее от силовой установки усилие передается на тензометрические датчики, выходной сигнал с которых и показывает тягу, развиваемую силовой установкой.

Измерения расхода топлива в магистрали подачи будет осуществляться датчиком расхода топлива МОЮ MJ-HZ06K [2]. Данный датчик дает возможность измерить расход топлива на любом режиме работы двигателя, так его диапазон измерений полностью перекрывает диапазон изменения массового расхода топлива на любом режиме работы двигателя. Вкупе с полученными данными о тяге, развиваемой силовой установкой, можно качественно проанализировать её характеристики.

Для того, чтобы провести оценку изменений параметров двигателя или силовой конструкции БПЛА, необходимо их соотнести с параметрами полета в данный момент.

Для оценки параметров полета БПЛА необходимо измерять следующие данные с датчиков:

- скорость относительно воздушного потока;
- угол атаки БПЛА;

- высота полета;
- перегрузка (G) действующая на БПЛА.

Для измерения скорости набегающего потока будет использован датчик воздушной скорости Hobbypower MPXV7002DP [3]. Работа датчика основана на принципе работы трубки Пито-Прандтля и измеряет полное и статическое давление, по разнице которых и определяется воздушная скорость летательного аппарата.

Для измерения высоты, угла атаки и перегрузок выбран десятиосный датчик положения GY-91 [4]. На данной плате расположен барометр BMP-280 [5] – датчик давления, который и является высотомером, а также микросхема MPU-9250 [6] которая включает в себя магнитометр, гироскоп и акселерометр. Трехосевой гироскоп в связке с трехосевым магнитометром позволяют измерить угол атаки, а акселерометр измеряет ускорения (перегрузки) по трем осям.

Для анализа состояния силовой конструкции летательного аппарата в ходе полета, необходимо предварительно определить места максимальных напряжений в балках силовой конструкции. Так как в крыле основную нагрузку несет балка – лонжерон, места установки тензометрических датчиков на ней выбирались на основании проведенного прочностного расчета. Для нее место возникновения максимальных напряжений находится в области стыковки консоли крыла к фюзеляжу, а для хвостовой балки- в области ее крепления к фюзеляжу. Данные элементы являются наиболее напряженными в силовой конструкции, поэтому устанавливать датчики необходимо именно в эти места. Для измерения напряжений в основной балке крыла и в хвостовой балке, выбраны резистивные датчики давления (тензодатчик, тензорезистор) BF350.

Основываясь на данных, получаемых с датчиков в ходе полета, можно, при необходимости, провести модернизацию силовой конструкции БПЛА.

Основываясь на задачах, поставленных при разработке интегрированного измерительного комплекса, был определен его облик и выбраны необходимые датчики и оборудование.

**Список использованных источников:**

1. Тензодатчик Zemic 1HM [Электронный ресурс]. URL: <https://atmaplus.com/tenzodatchik-zemic-1hm.html> (дата обращения – 17.02.2021).
2. 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).
3. Датчик воздушной скорости Hobbypower MPXV7002DP [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPXV7002.pdf> (дата обращения – 17.02.2021).
4. Десятиосный датчик положения GY-91 [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/ricardozag/GY91-MPU9250-BMP280/blob/master/Datasheet/ak8963c-datasheet.pdf> (дата обращения – 17.02.2021).
5. Барометр BMP-280 [Электронный ресурс]. URL: <https://datasheetspdf.com/pdf/1389332/Bosch/BMP280/1> (дата обращения – 17.02.2021).
6. Микросхема MPU-9250 [Электронный ресурс]. URL: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf> (дата обращения – 17.02.2021).

## **Анализ эффективности РКК «Морской старт»**

**Языков Михаил Дмитриевич,**

**Рыкалин Андрей Владимирович**

Научный руководитель – профессор, д.т.н. Родченко В.В.

yazykov\_m01@mail.ru

Идея разработанного в 1990-х годах проекта «Морской старт» заключалась в создании плавучего ракетно-космического комплекса, исключительные характеристики которого предоставляют спутниковым операторам большое количество преимуществ. Одним из них является значительное увеличение массы полезной нагрузки, отправляемой на орбиту, вследствие запуска космических аппаратов (КА) непосредственно из экваториальных вод Тихого Океана с любым азимутом (из зоны наиболее благоприятных условий для запусков) и доставке ракет-носителей (РН) к месту старта по морю. Помимо этого, значимыми преимуществами запуска с «Морского старта» являются: возможность запуска ракет-носителей (РН) непосредственно с экватора, что снижает удельную стоимость их доставки на целевую орбиту; снижение загрязненности земных территорий; отсутствие необходимости отчуждения земли под районы падения отделяемых частей КА и ступеней РН.

Первоначально точка старта находилась близ Острова Рождества, в Тихом океане, и запуски КА различного назначения на околоземные орбиты выполнялись с океанской платформы с помощью трёхступенчатой РН «Зенит-3SL» с разгонным блоком (РБ) ДМ-SL [6]. При осуществлении стартов выполняются: транспортировка, хранение, предстартовая подготовка ракеты и полезной нагрузки, запуски и управление полетом [9].

По ряду причин к 2014 году пусковая деятельность «Морского старта» была приостановлена. Весной 2018 года владельцем РКК «Морской старт» стала группа компаний S7. Пусковая деятельность комплекса будет осуществляться компанией S7 Space [7]; также известно, что их партнерами по запускам с «Морского старта» станут «Роскосмос» и «Южмаш», руководство проектом же будет осуществляться из Москвы. Ввиду данной сложившейся ситуации, а также перечисленных выше преимуществ проекта, вопрос модернизации РКК остается актуальным и по сей день. Для того чтобы рассматриваемый комплекс был востребован на рынке космических услуг, необходима замена РН Зенит-3SL на новую перспективную возвращаемую РН Союз-5SL, являющейся модификацией среднего класса РН Союз-5 [1].

В настоящей работе предлагается рассмотреть основные преимущества планируемого запуска РН Союз-5SL с точки зрения эффективности по сравнению с одним из прошедших запусков РН Зенит-3SL с того же плавучего космодрома «Морской старт», а также с планируемым запуском Союза-5 с наземных космодромов. Для сравнительного анализа рассматриваемых РН в работе использовались следующие показатели: техническая эффективность ракетно-космической системы (РКС); коэффициент, характеризующий конструктивное совершенство ракетного блока РН; экономическая эффективность РКС. Полученные в работе приближенные значения данных показателей позволяют сделать вывод об экономической целесообразности перспективных пусков РН Союз-5SL с РКК «Морской старт».

В работе также был проведен расчет экономии топлива при запуске РН Союз-5 со стартовой

платформы «Одиссей» с экватора и с космодрома «Байконур». Получилось, что экономия в этом случае составляет 181 т. Получению приближенного результата поспособствовало изучение основных технических характеристик сравниваемых РН, а также динамики движения тела переменной массы.

Поскольку немаловажным является то, что при движении к месту запуска на РН оказывает влияние волнения океана, то в процессе транспортирования РН на стартовую платформу к месту старта было учтено, что возможен шторм со значительной высотой волны 6,5 м. Была произведена оценка максимальной высоты волны, которая допустима для стартовой платформы, чтобы не переходить в полупогруженное состояние. Для выполнения в работе расчета были подробно изучены условия нагружения РН Зенит-3SL в составе комплекса «Морской старт» [4].

Необходимость в скорейшей модернизации и вводе в эксплуатацию РКК «Морской старт» подтверждается рядом обоснованных причин, представленных в работе. Среди них: создание мультипликативного эффекта для развития уровня жизни в Дальневосточном регионе в результате восстановления проекта комплекса; оценка себестоимости пуска РН в 3,77 млрд. рублей (при широкой государственной поддержке, а также заказах со стороны иностранных государств); «Морской старт» будет третьим полностью Российским космодром, вследствие чего Россия не будет зависеть от других государств.

Таким образом, в работе были получены основания для скорейшего ввода в эксплуатацию РКК «Морской старт» российскими компаниями, заключающиеся в рассмотрении преимуществ

комплекса над наземными космодромами, а также в расчете нескольких параметров, характеризующих как техническую, так и экономическую эффективность рассматриваемой перспективной РН «Союз-5SL». Полученные в настоящей работе результаты будут способствовать составлению плана проекта модернизации РКК «Морской старт».

Список использованных источников:

1. Афанасьев, И. «СОЮЗ» Универсальный [Текст] / И. Афанасьев // Русский Космос. – 2020. - № 9. - С.44-47.
2. Благовещенский С. Н., Холодилин А. Н. Справочник по статике и динамике корабля. В двух томах. Изд. 2-е, перераб. и доп. Том 2. Динамика (качка) корабля. Л., «Судостроение», 1976. 176 с.
3. Калинин С.Ю., Рождественский А.В., Шленов Ю.В. Оценка экономической эффективности эксплуатации ракетно-космического комплекса // Труды МАИ. № 56.
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. Мухамеджанов, Р. Космодром Мечты [Текст] / Р. Мухамеджанов // Русский Космос. - 2020. - № 8. - С. 36-39.
6. Конструкция Ракеты Носителя «Зенит» [Электронный ресурс]. URL: <https://russ-kosmos.livejournal.com/4108.html> (дата обращения: 01.10.2020).
7. Морской Старт [Электронный ресурс]. URL: <https://s7space.ru/launch-sea/> (дата обращения 15.10.2020). S7 Space.
8. Новости ВПК. [Электронный ресурс]. URL: [https://vpk.name/news/229949\\_glavkosmos\\_puskovye\\_uslu](https://vpk.name/news/229949_glavkosmos_puskovye_uslu)

gi\_raskryla\_stoimost\_zapuska\_rakety\_soyuz\_21.html (дата обращения: 10.04.2021).

9. РКК Морской Старт [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energia.ru/ru/launchers/sea-launch/purpose.html> (дата обращения: 30.09.2020). РКК Энергия.

## *Алфавитный указатель*

- Астапов А.Н., 33, 132  
Афонин П.А., 8  
Балакшина Д.В., 201  
Бикинсева А.П., 11  
Богатков И.С., 17  
Боярский Г.Г., 168  
Брыкин В.А., 21  
Вовк М.Ю., 158  
Волков К.А., 25  
Воронка Т.В., 29  
Гордеева М.И., 8, 152  
Горохов А.С., 33  
Григорьев М.С., 51  
Гришина А.Ю., 36  
Денисов Л.В., 25  
Дерен Е.А., 163  
Диденко А.А., 33  
Добрянский В.Н., 21  
Должанский М.П., 41  
Егоров В.В., 117, 127, 172  
Ефремов А.В., 11, 29, 36  
Ефремченков И.С., 44  
Зуев Д.А., 49  
Иванов Д.А., 51  
Исаев В.В., 49  
Кададова А.В., 54  
Казанцева А.А., 59  
Качалин А.М., 41  
Кирсанов Г.Р., 64  
Коваль Г.Я., 68, 183  
Коган Е.А., 103  
Козлова Д.С., 183  
Козловцев С.А., 73  
Колинько У.О., 75  
Коновал Д.В., 163  
Коробков М.А., 49  
Коробов К.С., 80  
Костиков А.К., 51  
Кривилев А.В., 129  
Кучейко А.А., 68, 183  
Лебитков В.К., 201  
Липатова С.В., 85  
Лобанов А.В., 89  
Макарова Л.В., 92  
Магуляк А.И., 132  
Мишучков В.И., 73  
Мокряков А.В., 64  
Мухай М.А., 99, 138  
Надежкина Е.В., 44  
Назаренко П.А., 92  
Новосельцев М.Л., 103  
Павлов О.В., 49  
Пантелеев А.В., 89  
Предеин К.В., 107  
Прокопенко Д.А., 85, 99, 138, 196  
Прохоров Д.Л., 109, 135  
Радыгина Д.П., 114  
Резниченко Г.М., 163  
Рипецкий А.В., 21, 80, 114  
Родченко В.В., 123, 205  
Руденко Е.В., 117  
Рудой И.А., 107  
Рыкалин А.В., 123, 205  
Сазонов О.И., 127  
Самодина К.М., 129  
Сандин А.С., 132  
Сатарова В.И., 92  
Семина А.П., 59  
Сертаков В.В., 109, 135  
Ситников В.А., 99, 138  
Смирнов И.А., 144  
Созинов М.О., 148  
Спасскова С.А., 152  
Спирин И.В., 158  
Старостина Е.А., 163  
Сукманов И.В., 33  
Сухарев Д.А., 107  
Тараненко А.В., 17  
Тяглик М.С., 29

Уткин В.В., 54  
Фёдорова Н.А., 168  
Хохлова А.В., 172  
Хохлова А.Ю., 178  
Чайка А.А., 68, 183  
Черкунов М.А., 188  
Черникова Е.А., 75

Чириков С.А., 51, 148  
Шавелкин Д.С., 188  
Широков А.И., 85, 196  
Щербаков А.И., 29  
Юденков В.Э., 201  
Языков М.Д., 123, 205  
Яковенко Н.Г., 144

Научное издание

**Сборник трудов  
XIV Всероссийской научно-технической  
студенческой школы-семинара  
«Аэрокосмическая декада»**

*в авторской редакции*

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 12,32. Тираж 80 экз. Заказ № 09А/18.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТИПОГРАФИЯ «АРИАЛ»  
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,  
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ»  
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,  
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru