

**Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)**



**МАТЕРИАЛЫ
XI ВСЕРОССИЙСКОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА**

«АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ДЕКАДА»

26 сентября — 02 октября 2018 г.

ОУЦ «Алушта», Республика Крым, Российская Федерация

Москва, 2018

УДК 629.7

Материалы XI Всероссийской студенческой научно-технической школы-семинара «Аэрокосмическая декада», ОУЦ «Алушта», Республика Крым, Российская Федерация, 26 сентября — 02 октября 2018 г. — М.: Изд-во «Доброе слово», 2018. — 62 с.: ил.

Организатор

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Редакторы *Р.Р. Анамова, А.В. Рипецкий*

Компьютерная верстка *Р.Р. Анамовой*

Издание публикуется с готового оригинал-макета

ISBN 978-5-89796-631-1

Сборник включает материалы XI Всероссийской студенческой научно-технической школы-семинара «Аэрокосмическая декада», посвященной теоретическим и практическим вопросам разработки авиационной техники, новым технологиям производства авиационной и космической техники, вопросам подготовки кадров для аэрокосмического комплекса.

Приведенные в сборнике материалы представляют интерес для широкого круга читателей.

© *Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет), 2018*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ежегодно Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) традиционно организует комплексное мероприятие под названием «Аэрокосмическая декада», в рамках которого проходит заседание Совета ФУМО по УГСН 24.00.00 «Авиационная и ракетно-космическая техника» и Всероссийская студенческая научно-техническая школа-семинар для студентов и аспирантов профильных специальностей вузов Российской Федерации. Цель мероприятия — повышение интереса молодёжи к аэрокосмической отрасли, формирование у студентов и аспирантов навыков выступления перед аудиторией, развитие умения грамотно и логично излагать мысль, оппонировать, аргументировано отстаивать свою позицию.

XI Всероссийская студенческая научно-техническая школа-семинар «Аэрокосмическая декада» проводилась с 26 сентября по 2 октября 2018 г. на базе учебно-оздоровительного центра МАИ «Алушта» в Республике Крым и включала в себя обсуждение следующих актуальных проблем аэрокосмической отрасли:

- применение цифровых технологий в производстве авиационной и космической техники;
- экологические проблемы аэрокосмической отрасли;
- подготовка кадров для аэрокосмического комплекса.

С докладами выступали более 50 студентов и аспирантов из ведущих аэрокосмических вузов Российской Федерации: Московского авиационного института (национального технического университета), Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Омского государственного технического университета, Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Воронежского государственного технического университета. Обсуждение докладов проходило в рамках заседаний следующих научных секций: «Актуальные вопросы разработки авиационной и космической техники», «Материалы и технологии производства авиационной и космической техники», «Развитие аэрокосмической отрасли: история, проблемы, перспективы».

Программным комитетом «Аэрокосмической декады» отмечена актуальность докладов и большой научный потенциал участников.

Тезисы докладов, представленных на школе-семинаре, включены в настоящее издание. Большая часть материалов приведена в авторской редакции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ЗАДАННОЙ ГЕОМЕТРИИ

Агапов А.В., Боровиков Д.А., Ионов А.В.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В настоящее время область применения малоразмерных газотурбинных двигателей с тягой до 600 Н продолжает увеличиваться. До недавнего времени такие двигатели в основном использовали авиамоделисты, создающие летающие копии пилотируемой техники. Однако в последнее время стали появляться образцы БЛА, использующие в силовой установке малоразмерные ТРД. Также одним из возможных применений малоразмерных воздушно-реактивных двигателей является использование их в наземных энергетических установках.

Представленные выше примеры показывают, что задача создания малоразмерного ГТД является актуальной. Важным является вопрос анализа конструкции и оценки располагаемых характеристик.

Характеристики малоразмерных двигателей во многом зависят от характеристик компрессора. Высокая нагруженность, однорежимность и малый запас газодинамической устойчивости отличают компрессор малоразмерного двигателя от компрессоров двигателей традиционной размерности, делают его одним из самых сложных для проектирования узлов. Получение характеристик малоразмерного компрессора необходимо как для уточнения проектировочных расчетов, так и для оптимизации параметров малоразмерного двигателя.

Авторами отработаны методы получения характеристик компрессоров двигателей PegasusMk3 и Titan. Трехмерные модели рабочих колес получены с помощью мобильной сканирующей системы ModelMakerD100. Полученная геометрия обработана в программном комплексе Siemens NX. Расчет характеристик рабочих колес выполнен в программном комплексе ANSYS CFX.

Рассмотренные в работе методы позволяют получить характеристики компрессоров малоразмерных ГТД для дальнейшего их использования при проектировочных расчетах и оптимизации параметров таких двигателей.

Литература

1. Боровиков Д. А., Ионов А. В., Селиверстов С. Д. Разработка микро-ГТД и методик их проектирования: сборник тезисов докладов 20-й научно-технической конференции молодых ученых и специалистов / Королев. 2014. С. 447 — 449.

2. *Ионов А.В., Катенин Д.А., Федосеев С.В.* Проектирование и технология производства малых серий центробежных колес турбомашин из алюминиевых сплавов / Ионов А.В., Катенин Д.А., Федосеев С.В // Конкурс научно-технических работ и проектов "Молодежь и будущее авиации и космонавтики": сборник аннотаций работ. Москва. 2011. — 18 с.

3. *Агапов А.В., Богданов В.Н., Ионов А.В., Селиверстов С.Д., Ионов А.В.* Направления совершенствования малоразмерных газотурбинных двигателей: сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс].

4. Агапов А.В., Богданов В.Н., Боровиков Д.А., Ионов А.В., Селиверстов С.Д., Стариков П.А. Математическая идентификация и проблемы проектирования малоразмерных ГТД // Научно-технический вестник Поволжья, 2016. №6. — 198 с.

5. *Ростопчин В.В.* Микро-ТРД для беспилотных летательных аппаратов. URL: http://www.uav.ru/articles/micro_trd.pdf (дата обращения: 26.09.2018).

6. *Gusarov S. A.* Evaluation of channel losses in blade grids of axial small size turbines // Труды МАИ: электронный журн., 2012. №53. URL: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=29397> (дата обращения: 26.09.2018).

7. *Ржавин Ю.А., Емин О.Н., Карасев В.Н.* Лопаточные машины двигателей летательных аппаратов. Теория и расчет. — М.: Изд-во МАИ ПРИНТ, 2008. — 700 с.

8. *Агульник А.Б., Бакулев В.И., Голубев В.А., Кравченко И.В., Крылов Б.А.* Термогазодинамические расчеты и расчет характеристик авиационных ГТД. — М.: Изд-во МАИ, 2002. — 257 с.

9. AMT Netherlands PegasusHP. URL: <http://www.amtjets.com/PegasusHP> (дата обращения: 26.09.2018).

10. *Болховитин М.С., Ионов А.В., Селиверстов С.Д.* Развитие области применения автоматизированных производственных систем при натурном моделировании процессов и конструкций ЛА: сборник тезисов докладов 20-й научно-технической конференции молодых ученых и специалистов / Королев. 2014. С. 398 — 400.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ПОЛЕТНОЙ СИТУАЦИИ

Акбашев Д.О.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

При текущем развитии военной авиации и повышении сложности как конструкции,

так и управления современных летательных аппаратов (ЛА) проблема обеспечения безопасности полетов (БзП) имеет большую актуальность.

Анализируя существующие на данный момент методы и средства снижения аварийности, можно заключить, что для снижения аварийности требуется разработка новой прямой методики обеспечения БзП. В основе решения данной задачи лежит моделирование процесса выполнения полета при различных способах управления авиационным комплексом (АК) с учетом воздействия различных источников опасности.

Опасность полетной ситуации (ПС) по физическому смыслу отражает возможность или угрозу гибели АК на прогнозируемом интервале времени. Поэтому опасность ПС можно охарактеризовать вероятностью гибели АК на прогнозируемом (рассматриваемом) интервале времени полета. Указанная вероятность должна учитывать не только мгновенные (текущие) воздействия на АК, но и прогнозируемые (неблагоприятные и защитные) воздействия.

В работе рассмотрен подход к количественной оценке опасности ПС, а также определению способов оптимального управления АК с минимизацией опасности в процессе достижения цели. Методики и алгоритмы, рассмотренные в данной работе, при реализации их на бортовых системах обеспечения безопасности полетов позволят значительно уменьшить вероятность гибели АК.

Литература

1. *Жмеренецкий В.Ф., Полулях К.Д., Акбашев О.Ф.* Активное обеспечение безопасности полета летательного аппарата: Методология, модели, алгоритмы. — М.: Изд-во: ЛЕНАНД, 2014. — 310 с.: ил.

2. *Антонов Д.А., Бабич Р.М., Балыко Ю.П. и др.* Авиация ВВС России и научно-технический прогресс: Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра. — М.: Дрофа, 2005.

ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ НА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ

Барышова Е.Д., Крылов Д.К.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Проанализирована возможность создания схемы нового типа летательного аппарата с использованием внутриземной высокоплотной гравитационной энергии (далее — ВВГЭ), обеспечивающей полеты в воздушной и космических средах.

Рассмотрен способ получения ВВГЭ с помощью электромагнитных и высокоэнергетических средств. Разработка схемы летательного аппарата на основе ВВГЭ осуществлена на основании закона всемирного тяготения и ряда опубликованных в научной литературе материалов о необычных внутриземных энергетических явлениях. В качестве основы было принято, что ВВГЭ превышает плотность энергии солнечного притяжения Земли.

Целью проекта является создание летательного аппарата на высокоплотной гравитационной энергии на новых физических принципах, заключающихся в использовании тяги, создаваемой от взаимодействия сил притяжения между высокоплотной внутриземной гравитационной энергией, выделяемой из разлома земной коры, и гравитационной энергии планеты солнечной системы.

Литература

1. *Иваненко Д. Д., Сарданашвили Г. А.* Гравитация. — М.: Изд-во ЛКИ, 2012. — 200 с.
2. *Кухлинг Х.* Справочник по физике / Перевод с немецкого под ред. Е.М. Лейкина, 2-е изд. — М.: Мир, 1985. — 520 с.
3. *Ефремкин А.* Гравитация распространяется со скоростью света / «Наука и Жизнь» № 3, 2003. — С. 23 — 25.
4. *Лозовская Е.* Жизнь с гравитацией и без нее / «Наука и Жизнь» № 9, 2004. — С. 15 — 21.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

Борисова И.А., Акилин В.И.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Рассматриваемый навигационный комплекс служит для автоматического измерения с высокой точностью величины ускорения силы тяжести g в процессе полёта летательного аппарата с целью получения данных о координатах его местоположения и скорости движения, что является необходимым для решения навигационных задач.

В качестве датчиков первичной информации в состав навигационного комплекса входят: динамически настраиваемый гироскоп, акселерометры с упругим подвесом

подвижной системы, гравиметрический чувствительный элемент, волоконно-оптический гироскоп.

Показатели качества навигационного комплекса в значительной степени определяются техническими параметрами вышеуказанных датчиков первичной информации, которые формируются технологией их изготовления.

В докладе рассматриваются принцип действия и конструкции навигационного комплекса, особенности технологических процессов производства датчиков первичной информации, которые оказывают доминирующее влияние на погрешности навигационного комплекса, приводятся результаты исследований влияния технологических факторов на его показатели качества, даются рекомендации по уменьшению погрешностей комплекса.

Литература

1. Асс Б.А., Жукова Н.М. Детали и узлы авиационных приборов и их расчёт/ Под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.Ф. Антипова. — М.: Машиностроение, 1996. — 320 с.
2. Павлов В.А. Теория гироскопа и гироскопических приборов. — Л.: Судостроение, 1964. — 457 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ В АВИАСТРОЕНИИ

Великородный Р.С., Рыжков В.В.

Воронежский государственный технический университет

В работе рассматривается применение многопроходной ротационной вытяжки при изготовлении деталей с обратной конусностью.

Спектр современных технологических процессов формообразования деталей из листовых металлических заготовок весьма широк. Это позволяет технологу сделать рациональный выбор с учетом конструктивных особенностей деталей. Вместе с тем задача оценки точности разработанного технологического процесса может быть решена лишь путем исследования фактических результатов каждой технологической операции.

В качестве объекта исследования выбрана деталь массового производства «Колесный диск». Заготовка выполнена из стали марки 08Ю, толщина листа 2,5 мм. Материал предназначен для деталей, изготавливаемых холодной штамповкой с особо сложной и сложной вытяжкой. Вид поставки: лист толстый ГОСТ 4041-71, ГОСТ 19903-74, лист тонкий ГОСТ 9045-93.

Технологический процесс изготовления детали включает холодную листовую штамповку на молотах для первоначального формования и ротационный обжим (обкатку) для получения обратной конусности боковой поверхности.

Листовая штамповка — хорошо изученный и весьма эффективный для серийного и массового производства процесс деформационного формообразования [1]. Стабильность и точность его определяется в основном качественными характеристиками штамповой оснастки. В случае приемлемой технологичности формы детали создание технологического процесса не вызывает принципиальных трудностей. Штамповая оснастка многовариантна по своему назначению. Штампы пластически деформируют материал заготовки, придавая ему форму рабочей части штампа.

Особенность формы исследуемой детали — наличие обратного конуса на боковой поверхности — ограничивает применение штамповки на заключительных операциях. Для образования обратного конуса использовался процесс ротационного обжима цилиндрической оболочки на токарно-раскатном станке с ЧПУ. При этом особенность процесса состоит в том, что обрабатываемая поверхность заготовки не касается технологической оправки, таким образом, обкатка осуществляется «по воздуху» [2]. Это обстоятельство существенно снижает точность формообразования [3].

Опытная отработка технологии показала, что хорошо известный и технологически эффективный однопроходный процесс ротационной вытяжки [4] неприменим, так как не приводит к получению необходимых геометрических характеристик детали (происходит заваливание торца детали). Положительный результат был получен путем применения многопроходной вытяжки [5]. Прямые проходы выполняются к шпинделю, обратные — от шпинделя.

Рабочие траектории движения ролика представляют собой прямые линии, проходящие под заданным углом α к горизонтали.

Литература

1. *Романовский В.П.* Справочник по холодной штамповке. — Л.: Машиностроение, 1979. — 520 с.
2. *Корольков В.И.* Технология и оборудование процессов ротационной вытяжки. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1999. — 115 с.
3. *Рыжков В.В., Великородный Р.С., Кривонос З.Р.* Сравнительный анализ точности выполнения операций штамповки и обкатки / Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации. Сб. тр. конф. Воронеж, 12 мая 2017. — с. 17 — 20.

4. Патент RU 2511166 C1 Российская Федерация, МПК 7 B21D 22/16, B21D 51/16. Способ ротационной вытяжки тонкостенных деталей сложного профиля / В.В. Горлищев, С.Н. Коденцев, Г.А. Сухочев // Оpubл.: 10.04.2014 Бюл. № 10.

5. Патент RU 2638605 C2, Российская Федерация МПК 7 B21D 22/16, B21D 51/16. Способ изготовления тонкостенных оболочек сложной формы / В.В. Корольков, В.В. Рыжков, В.А. Калмыков, В.А. Слинько

ПЛАНИРОВАНИЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Власов А.В., Рипецкий А.В.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Планирование является незаменимой частью любой производственной отрасли. С его помощью крупные корпорации добиваются максимального результата в короткие сроки и с минимальными затратами. На сегодняшний день данная тема хорошо раскрыта для традиционных методов производства, однако для новых технологий, например, аддитивных, пока не существует готовых алгоритмов. Именно поэтому целью исследования стало создание средства информационной поддержки для планирования аддитивного производства.

Исследование проведено на базе проекта по производству мелкосерийной модели беспилотного летательного аппарата (БПЛА). В ходе выполнения проекта выявлены следующие организационные ошибки: изначально не было рассчитано время, затраченное на полное производство одной модели, объем потраченного материала, а также не были просчитаны риски на производстве. На основании этих данных сделан анализ и поставлена задача разработать оптимизированную систему организации аддитивного производства.

Оптимизация производства позволяет сократить расходы, уменьшить время производства продукции или повысить качество изделий. В данном случае оптимизация рассматривалась исходя из сокращения времени на производство, так как для создания модели БПЛА не требуется высокая точность, а, используя технологию FFF, можно также сократить расходы и на сырье. У оптимизации такой системы есть ряд ограничений, исходя из которых нельзя повысить качество продукции, не увеличив её конечную стоимость.

При производстве модели использована аддитивная технология, а именно технология послойного наращивания модели. Данный вид производства начинается с разработки будущей информационной модели, затем формируется G-code для 3D-

принтеров, после чего осуществляется 3D-печать готовой физической модели. Самым важным аспектом на любом производстве являются рабочие машины (станки). Именно исходя из их характеристик можно составлять и оптимизировать планирование. В данном случае модель изготовлена на 4-х 3D-принтерах AnetA6. Сравнив все имеющиеся данные, включающие общее количество потраченного времени и материала, время и риски, составлен оптимальный план производства. Применение полученной методики организации производства позволило не только сэкономить на сырье, но, что важнее, сократить время изготовления одной модели до трех дней, что также позволяет избежать большого количества рисков.

Предложенная методика организации производства пока не является универсальной из-за конкретных особенностей аддитивной технологии и, как правило, требует адаптации для каждого случая в отдельности. В дальнейшем планируется усовершенствовать разработанную методику и интегрировать ее в средства информационной поддержки для планирования аддитивного производства.

Литература

1. *Когаловский В.М.* Особенности оперативного планирования сборочного производства. URL: <http://hr-portal.ru/article/sistemy-planirovaniya-proizvodstva-otechestvennye-kompromissy-razvitiya> (дата обращения: 25.09.2018 г.)
2. Планирование на предприятии. Учебное пособие для экономических специальностей вузов / Под ред. А. И. Ильина. М.: Новое знание, 2000. (В 2 т.)
3. *Уайт О.У.* Управление производством и материальными запасами в век ЭВМ. — М.: Прогресс, 1978. — 303 с.
4. *Ковалевский А.М.* Техпромфинплан в новых условиях и типовая методика его разработки. — М.: Экономика, 1968. — 471 с.
5. *Данилин В.В.* Комплекс моделей внутризаводского планирования. В кн. «Экономико-математические методы и модели планирования и управления». — М.: Знание, 1973. — 381 с.

ПЕРВЫЙ РЕГУЛЯРНЫЙ ПАССАЖИРСКИЙ АВИАРЕЙС В РОССИИ

Гуцин М.С.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

9 февраля 1923 г. принято постановление Совета труда и обороны РСФСР «Об организации Совета по гражданской авиации», а 17 марта 1923 г. образовано Российское

акционерное общество «Добролет», которое является прямым предшественником «Аэрофлота».

30 апреля СНК СССР утверждает устав, в котором записано, что «Добролет» создан «для развития гражданского воздушного флота в пределах СССР путем организации воздушных линий для перевозки пассажиров, почты и грузов, производства аэрофотосъемок и иных отраслей применения воздушного флота на основе отечественной авиапромышленности».

Уставной капитал составил 2 млн. руб. золотом. Каждый желающий мог купить акции «Добролета» и своим собственным рублем поддержать отечественное самолетостроение. 10 июня 1923 г. собрано более 500 000 рублей золотом на закупку самолетов для «Добролёта». В Московском представительстве компании «Юнкерс» заказано 14 самолетов «Юнкерс Ф-13». Своих авиаспециалистов в «Добролёте» тогда не было, поэтому летчиков, механиков и штурманов выделял Рабоче-Крестьянский Красный воздушный флот (РККВФ — так в 1923 году назывались Военно-воздушные силы РСФСР).

15 июля 1923 г. в «Добролёте» поступила первая партия из четырех самолетов, названных «ВСНХ» (Всесоюзный Совет Народного Хозяйства), «ОДВФ» (Общество Друзей Воздушного Флота), «Промбанк» и «Червонец». Открылась первая внутренняя регулярная пассажирская авиалиния «Москва — Нижний Новгород».

В 1923 году газета «Нижегородская коммуна» напечатала объявление: «Сегодня, 15 июля, часов в 8-9 вечера прибудет из Москвы аэроплан «Ультиматум».

29 июля 1922 года состоялся вылет из Москвы в 11.00. Полет выполнила авиакомпания «Добролёте» на немецком самолете «Юнкерс Ф-13», на борту которого находились 4 пассажира (Александр Краснощеков, член правления «Добролёта» Игнатий Дзевалтовский и начальник авиалинии Аникин), за штурвалом — военный летчик, ас высшего пилотажа Яков Николаевич Моисеев, получивший приказ освоить немецкую технику и начать полеты.

Это был пробный рейс с пятью пассажирами по маршруту «Москва — Нижний Новгород». Самолет взлетел со второго аэродрома завода Главвоздухфлота в Москве и приземлился в Канавине, на поле Гордеевского ипподрома.

«Юнкерсы» летали со скоростью 140 км/час и преодолевали 500-километровую трассу примерно за 4 часа летного времени, но общее время авиапутешествия было больше: двигатели самолета были ненадежными, поэтому для их проверки выполнялись посадки через каждые полчаса-час полета. Чтобы устранять неисправности, в состав экипажа входил механик.

В последующие годы самолёт вылетал из Москвы (Ходынское поле) в 8 часов утра, а из Нижнего Новгорода (Гордеевский ипподром) — в 18 часов.

Весь путь от Москвы до Волги в 420 км был преодолен за 3,5 часа (сегодня на это требуется 50 минут). Самолет летел на высоте ~250 метров без всякой связи с землёй, ориентировался по речкам и по железной дороге. В случае вынужденного спуска в пути пассажиры могли следовать на первом отходящем поезде в ту или иную сторону (БЕСПЛАТНО).

Полёты выполнялись только в хорошую погоду и днём. Самолёты брали на борт 6 пассажиров. Каждый мог провезти бесплатно 8 килограммов багажа. За 3,5 месяца работы на этой линии было перевезено 270 пассажиров и 85 пудов почты, газет, посылок.

Созданное в марте 1923 г. Общество друзей воздушного флота (ОДВФ), уже через 3 месяца имело в своих рядах 196 895 чел., а через год — около 1 млн. чел. ОДВФ сыграло важную роль в укреплении материально-технической базы, пропаганде достижений Гражданской авиации СССР. 19 октября 1923 г. СТО утвердил ориентировочный план развития воздушных линий на 1924-26 гг., предусматривавший открытие новых авиалиний протяжённостью свыше 6 тыс. км. в индустриальных районах, а также в Сибири, на Дальнем Востоке, в Закавказье и Средней Азии. На внутренние линии вышли отечественные самолёты АК-1, У-2, К-5.

Литература

1. История отечественной гражданской авиации / [Е. В. Алтунин, П. К. Драгозов, В. С. Дегтев, И. А. Филатов; Отв. ред. И. А. Филатов]; М-во трансп. Рос. Федерации, Департамент воздуш. трансп. — М. : Воздуш. трансп., 1996. — 583 с.: ил.

2. *Дэвис Р.Е.* Аэрофлот — авиакомпания и его самолеты (на англ.яз.). — R.E.G Davies. Aeroflot: an airline and its aircraft. Paladwr Press, 1992.

3. Материалы Центрального архива Нижегородской области

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА СПЕЦИАЛИСТОВ В АВИАЦИОННОЙ КОМПАНИИ

Доброва Я.А.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В настоящее время исследователи уделяют большое внимание изучению стрессовых ситуаций, возникающих в процессе работы специалистов в авиационной сфере, их влиянию на удовлетворенность условиями труда.

Сложность условий труда связана с тем, что члены лётного экипажа, а также сотрудники, обеспечивающие безопасность полётов с земли, несут ответственность за жизни людей. Это обстоятельство может порождать психологическую напряженность, неудовлетворённость своей профессией и, как следствие, высокую текучесть кадров.

Опрос сотрудников, обеспечивающих безопасность полётов с земли в одной из авиационных компаний, показал, что они регулярно испытывают на себе воздействие различных стрессовых факторов. Более половины (64%) ощущают это практически каждый день, 28% сталкиваются со стрессом от 3-х до 5-ти раз в неделю. Одним из главных источников стресса (28%) является большая вероятность возникновения нештатной (форс-мажорной) ситуации во время осуществления перевозки пассажиров. Она может быть связана с неблагоприятными метеоусловиями, человеческим фактором на борту воздушного судна, его неисправностью и т.д. Вторым по значимости выступает фактор напряжённости труда (26%). Наименьшим источником стресса является большая материальная и нематериальная ответственность (20%).

Опрос показал, что половина сотрудников не удовлетворены условиями труда, но их недовольство связано не только со стрессовыми ситуациями, но и с карьерным ростом и материальными поощрениями. Для снижения влияния стрессовых ситуаций на работоспособность специалистов необходимо более рационально распределять рабочее время, периодически выделять время для отдыха, а также использовать материальные и нематериальные методы стимулирования их трудовой деятельности.

Литература

1. Глушач Н.Н., Манухина С.Ю., Манухина Н.М. Профессиональный стресс в организационной среде // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. № 4 (60).

2. Коган Е.А., Перкова Е.П. Молодёжь об авиационной отрасли: состояние, привлекательность, качество образования // Высшее образование сегодня. 2015. №1. С. 45 — 50.

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Доренская В.И.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

XX-XXI столетие назвали веками атома, космонавтики и тревожным словом «экология». Россия, как и многие зарубежные страны, проводит исследования по вопросам засорения околоземного космоса фрагментами ракетно-космической техники.

Эта проблема приобретает особую актуальность. Глобальный характер проблемы и потребность ее решения показывают необходимость тесного международного сотрудничества с целью принятия своевременных и действенных мер по снижению темпа роста «космического мусора» и обеспечению безопасности орбитальных полетов.

За годы космической эры на околоземных орбитах было зарегистрировано свыше 20 тысяч космических объектов искусственного происхождения. Это отработавшие верхние ступени ракет-носителей и разгонные блоки, отслужившие свой срок космические аппараты (КА), в том числе отделившиеся от них в космосе элементы конструкции типа переходников, крышек, пружинных толкателей, пироболтов. На данный момент в космосе находится около 7 200 наблюдаемых искусственных объектов, причем лишь 5% из них представляют собой действующие КА, а остальные, по существу, являются «космическим мусором». Основная опасность «космического мусора» связана с огромными, поистине космическими скоростями столкновения орбитальных фрагментов с КА. Не менее серьезную опасность, наряду с механическим засорением низких околоземных орбит, представляют возможные отказы и аварии КА с радиоизотопными и ядерными энергоустановками на борту, которые могут приводить и уже приводили к радиоактивному загрязнению Земли, атмосферы и близлежащего пространства.

В настоящее время при существующем темпе запусков КА количество фрагментов на орбитах, наблюдаемых наземными средствами слежения, в среднем увеличивается на 5% в год. Темп роста числа мелких, не отслеживаемых осколков предполагается еще более высоким. Если не будут приняты усилия по замедлению роста количества орбитальных фрагментов, то со временем может возникнуть сложная обстановка на орбите, способная при достижении критической плотности засорения вызвать каскадное увеличение количества осколков за счет взаимопорождающих друг друга столкновений (каскадный эффект).

Литература

1. *Мамедов Н.М.* Освоение космоса и проблемы экологии / Н.М. Мамедов // Н.М. Мамедов, И.Т. Суравегина. Экология: учеб. пос. для 9 — 11 кл. общеобразовательной шк. — М.: Школа-пресс, 1996. — С. 442 — 445.

2. *Фадин И.М.* Пути предотвращения засорения космоса / И.М. Фадин // Инженерная экология и экологический менеджмент: учеб. / под. ред. Н.И. Иванова и И.М. Фадиной. — 2-е изд. — М.: Логос, 2006. — С. 411 — 414.

**ПРОЕКТ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО
ГТД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РАБОТУ СИСТЕМ МОБИЛЬНОГО
ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ЛАЗЕРА**

Едигарев А.Д., Мустейкис А.И.

Балтийский государственный технический университет

«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Газодинамический лазер (ГДЛ) авиационного базирования, способный работать в непрерывном режиме, представляет собой одно из наиболее перспективных средств атаки и обороны в авиации. Такое устройство в зависимости от его мощности позволяет оставаться летательному аппарату (ЛА) неуязвимым практически от всех видов средств поражения, а также само представляет собой серьезное оружие. Реализовать такой лазер представляется возможным на базе вертолетного двигателя, оснащенного дополнительными отборами.

Целью работы является разработка эскизного проекта двигательной установки (ДУ) на основе газотурбинного двигателя (ГТД) с целью генерирования рабочего тела для ГДЛ.

Задачи работы:

1) обзор ранее разработанных конструкций, типов и компоновочных схем вертолетных ГТД, их параметров и характеристик с целью анализа возможности применения в качестве основной ДУ на ЛА и вместе с тем источника рабочего тела для ГДЛ;

2) проведение термогазодинамических расчетов существующих ГТД для оценки возможности достижения требуемых параметров рабочего тела для ГДЛ;

3) выбор аналога и рассмотрение возможных вариантов его модернизации с наименьшими доработками;

4) проведение газодинамических, термодинамических и прочностных расчетов элементов двигателя;

5) разработка конструкции модернизированных агрегатов двигателя.

В соответствии с планом работ осуществлен обзор существующих компоновочных схем вертолетных ГТД, их параметров и характеристик. В ходе работы над данным этапом предложено два варианта решения поставленной задачи: схема, базирующаяся на отборе воздуха от компрессора основного двигателя, а также схема с отбором мощности от свободной турбины через главный вертолетный редуктор для привода вспомогательного компрессора.

Применительно к рассмотренным в аналитическом обзоре двигателям

предложенные решения наиболее реализуемы на двигателях разработки АО «ОДК-Климов», а именно на ВК-2500 и ТВ7-117ВК.

Далее проведен ряд термогазодинамических расчетов, в ходе которых получены термодинамические модели двигателей ВК-2500 и ТВ7-117ВК. Затем смоделирован отбор воздуха из-за последней ступени компрессора.

Расчет показал, что для ВК-2500 отбор заявленного количества воздуха приводит к снижению мощности на валу более чем в 1,5 раза. Увеличение характеристик двигателя до реализуемых при модернизации не позволяет осуществить данную схему.

Для ТВ7-117ВК отбор воздуха возможен при модернизации компрессора и турбин с предсказуемым ухудшением экономичности, но без потерь мощности свободной турбины.

Моделирование отбора мощности от свободной турбины проводилось для двигателя ВК-2500. Расчет показал, что применение данного двигателя в данной схеме после некоторой модернизации возможно.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- 1) проведен обзор ранее разработанных конструкций, типов и компоновочных схем вертолетных ГТД, их параметров и характеристик;
- 2) выбраны аналоги ГТД для модернизации;
- 3) получены термогазодинамические модели двигателей — аналогов;
- 4) ведутся газодинамические и предварительные прочностные расчеты узлов, разрабатывается конструкция модернизированных агрегатов.

Литература

1. *Иноземцев А.А.* Газотурбинные двигатели / А.А. Иноземцев, В.Л. Сандрацкий — Пермь: ОАО «Авиадвигатель», 2006. — 1204 с.
2. *Зрелов В.А.* Отечественные ГТД. Основные параметры и конструктивные схемы (Часть 2): Учебное пособие / Самар, гос. аэрокосм, ун-т. Самара, 2002. — 250 с.
3. *Зрелов В.А.* Отечественные ГТД. Основные параметры и конструктивные схемы (Часть 1): Учебное пособие / Самар, гос. аэрокосм, ун-т. Самара, 2002. — 210 с.

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Затолюкина А.Р.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Профессиональная ориентация в школе является неотъемлемой частью всей

системы учебно-воспитательной работы. В целом профориентация тесно связана с процессом формирования личности, подготовкой учеников к жизни и будущей работе, которая осуществляется на протяжении всего времени обучения детей в школе.

Профессиональная ориентация в школе включает в себя следующие аспекты:

- воспитание интереса к рабочим профессиям;
- выявление у школьников предрасположенности к той или иной сфере деятельности;
- определение склада ума у ученика и, в будущем, склонности к техническим или гуманитарным направлениям;
- более подробное ознакомление учащихся с различными отраслями народного хозяйства;
- выявление, изучение и развитие интересов, склонностей и способностей подростка;
- развитие физических и психологических возможностей каждого ребенка;
- развитие умений, навыков ученика, которые пригодятся ему непосредственно в выбранной им трудовой деятельности.

В процессе исследования проанализированы способы и виды профессиональной ориентации школьников, которые помогают им больше узнать о себе и понять, какие качества необходимо развивать для более удачной адаптации на будущем месте работы и успешного взаимодействия с коллективом. Работа проведена с учетом особенностей аэрокосмической отрасли.

Следует отметить, что главная цель профессиональной ориентации — выработка у школьников сознательного отношения к труду, профессиональное самоопределение в условиях свободы выбора сферы деятельности в соответствии со своими возможностями, способностями и с учетом требований рынка труда. Поэтому мероприятия, проводящиеся в школах и центрах профессиональной ориентации в основном лишь поверхностно дают знания о какой-либо сфере и отрасли профессиональной деятельности. В связи с этим данный проект включает в себя идеи о разработке профильного центра, который будет включать в себя комплекс мероприятий, помогающих окунуться в выбранную школьником специальность. Данный центр должен располагаться на территории института. Плюсами такого решения являются: знакомство со студенческим режимом, организация совместных мероприятий ВУЗа и предприятий/организаций для школьников, возможность работы в таком центре студентов, более бюджетный вариант организации/создания данного центра, а также соответствие направлений ВУЗа с

профилем мероприятий в центре (каждый центр будет олицетворять одну отрасль профессиональной деятельности).

Мероприятия, связанные с погружением школьников в среду многообразия профессий, проводятся в ВУЗах в большом количестве, и одной из составляющей такого центра будет объединение информации о всех олимпиадах, экскурсиях, квестах и т.д., проводящихся в этой области.

Специфику данного центра предлагается рассмотреть на примере Московского авиационного института. Некоторые мероприятия, которые будут организованы на базе данного профильного центра уже начали проводиться. Так, совместно с Роскосмосом были разработаны и организованы квесты для школьников на тему «Космос» в детских домах и школах города Москвы, проводились экскурсии в музей «Космос» на ВДНХ. Также в Артеке проводят профильные смены от МАИ, которые помогают школьникам больше узнать об авиации и получить практические знания в этой сфере.

КАМЕРА ЖРД МАЛОЙ ТЯГИ С УЛУЧШЕННЫМИ ИМПУЛЬСНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ, АДАПТИРОВАННАЯ ПОД АДДИТИВНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Каминский Я.В., Левихин А.А.

Балтийский государственный технический университет

«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В течение всей истории освоения человеком космического пространства и по настоящее время жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) остаются основным способом управления летательными аппаратами космического назначения. ЖРД малой тяги (ЖРДМТ) — это неотъемлемая часть реактивной системы управления космического корабля. ЖРДМТ используются в качестве апогейных, вспомогательных и рулевых двигательных установок. Очевидно, что масса двигательной установки в целом влияет на конструктивное совершенство летательного аппарата, т.е. уменьшение массы ДУ является одной из основных задач инженера-конструктора. Применение в производстве аддитивных технологий, в частности технологии селективного лазерного наплавления (SLM), позволяет снизить массу конструкции и повысить ее прочность за счет отсутствия сварных соединений и упрощения конструкции камеры сгорания.

Для разработки выбран двигатель-аналог 11Д457Ф производства ФГУП «НИИМАШ» с номинальной тягой 54 Н и топливной парой амил и гептил.

Целью данной работы является разработка конструкции камеры сгорания ЖРДМТ, удовлетворяющей особенностям работы силовой установки в составе летательного аппарата и пригодной к производству методом селективного лазерного наплавления.

Основными задачами работы являются:

- 1) термодинамический, геометрический и прочностной расчет камеры сгорания;
- 2) расчет охлаждения стенок камеры сгорания;
- 3) оптимизация конструкции камеры сгорания с точки зрения массогабаритных характеристик.

Сопутствующие задачи исследования:

- 1) оптимизация конструкции камеры сгорания для обеспечения равномерного поля температур и давлений, а также наилучшего смесеобразования;
- 2) разработка технических решений по снижению таких недостатков изделий, выполненных с помощью аддитивных технологий, как анизотропия и высокая шероховатость поверхности.

На данном этапе проекта выполнен патентный поиск, в результате которого проанализирована российская патентная база ФИПС. Патентный поиск выявил значительное количество патентов в области конструкции ЖРДМТ [1], [2], [3], [4], [5]. Одновременно с этим проанализирована учебная литература на предмет конструкции и особенностей работы ЖРДМТ [6]. Осуществлен термогазодинамический, геометрический расчет камеры, расчет смесеобразования и регенеративного охлаждения, а также выполнен эскизный проект.

Литература

1. Камера сгорания жидкостного ракетного двигателя малой тяги: пат. RU 2572261: F02K9/62; Андреев Ю.З., RU.
2. Жидкостный ракетный двигатель малой тяги: пат. RU 2577908: F02K9/62; Агеенко Ю.И., Ильин Р.В., Баженов Д.Н., Пегин И.В., RU
3. Камера жидкостного ракетного двигателя малой тяги: пат. RU 2192555: F02K9/62; Казанкин Ф.А., Кутуев Р.Х., Ларин Е.Г., Мезенин П.Б., RU
4. Камера жидкостного ракетного двигателя малой тяги: пат. RU 2318130: F02K9/62; Крылов Л.В., Казанкин Ф.А., Архипов С.Е., Булатов М.С., Ларин Е.Г., Долгих А.А., Сергеев В.В., Лапшин А.М., RU
5. Способ изготовления деталей послойным лазерным сплавлением металлических порошков жаропрочных сплавов на основе никеля: пат. RU 2623537: B23K26/342, B22F3/105, C23C4/12, C23C4/18, B33Y10/00, B33Y10/00; Сухов Д.И., Василенко С.А., Каблов Е.Н., Неруш С.В., Ходырев Н.А., Рогалев А.М., Евгенов А.Г.

6. Гахун Г.Г. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. — М.: Машиностроение, 1989. — 424 с.: ил.

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАЛЕДНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ РЕК МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН

Константинова Е.П.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В докладе рассматривается проблема наледеобразования на малых реках. На территории межгорных котловин Селенгинского среднегорья была изучена роль и значение наледей в долинах малых рек хребта Цаган-Дабан (Республика Бурятия) в функционировании ландшафтов и развитии хозяйства территории. Были выявлены общие условия и закономерности развития наледей, изучена многолетняя динамика процессов наледеобразования, а также разработана система прогноза чрезвычайных ситуаций в долинах малых рек и предложены методы защиты от негативных последствий.

Для выявления количественных характеристик и расположения наледей по долинам малых рек использовались мультиспектральные космические снимки Landsat 4-5, Landsat 8 за период 1998—2015 гг. Снимки анализировались с использованием программного обеспечения ENVI 4.8. Для лучшей дешифровки наледей была подобрана комбинация каналов 3-5-6 (4-6-7 для Landsat 8), при которой даже самые маленькие объекты выделяются ярким красным фототонем. Все объекты были оцифрованы с использованием MapInfo. При сравнении снимков разных годов получены данные по многолетней динамике наледей.

Для изучения наледей разработана универсальная методика, позволяющая избежать некоторых трудностей при работе в условиях горно-таежных ландшафтов. Так как в районах работ, в основном приуроченных к пойменным участкам реки с густой древесно-кустарниковой растительностью, использование теодолита или других оптических приборов, позволяющих снимать площадные объекты, невозможно, то в качестве прибора измерения применялся GPS-навигатор. С его помощью записаны маршрутные треки, определяющие контуры объектов, которые можно использовать в различных программах для подсчета площадей объектов. Подобный метод зачастую дает погрешность в измерениях, поскольку GPS-привязка по контуру объектов незначительной площади не всегда точна. Для нивелирования погрешности результаты неоднократно заверялись в ходе полевых работ. В 2015—2016 гг. проводилась проверка, которая показала относительную точность работы с GPS-навигацией. Все полученные материалы

сравнивались с ретроспективными космическими снимками и данными аэрофотосъемки, которые затем анализировались с использованием GoogleEarth. Подсчеты объемов запасов льда производились по стандартным методикам (Алексеев, 1987) в 2015 и 2016 годах при помощи бурения ледяной толщи по профилю и установки ледемерных реек.

Литература

1. *Алексеев В.Р.* Наледи. — Новосибирск: Наука. Сиб.отделение. 1987. — 259 с.
2. *Алексеев В.Р.* Наледи и наледные процессы (вопросы классификации и терминологии). — Новосибирск: Наука, 1978. — 188 с.
3. *Метечко Л.Б., Сорокин А.Е., Новиков С.В.* Введение в экологию аэрокосмической отрасли. Учебник. — Калуга: Изд-во Эйдас, 2016. — 320 с.
4. *Метечко Л.Б., Дацюк М.М., Вострикова С.М.* Аэрокосмические средства дистанционного зондирования в экологическом мониторинге: учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2016. — 85 с.
5. Эффективность применения малых космических аппаратов в социально-экономических и научных целях. Отчет по итогам круглого стола в аналитическом центре Российской Федерации. Информационный бюллетень. Ноябрь 2015. URL: <http://leaderid.ru/upload/file/get/2973> (дата обращения: 25.09.2018)
6. *Петрукович А.А., Никифоров О.В.* Малые спутники для космических исследований / Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2016. Т.3, вып. 4. С. 22 — 31.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАМЕНЫ ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ 3D-ПЕЧАТИ РАЗНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА FFF/FDM ПРИНТЕРЕ

Королев А.И., Рипецкий А.В.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Создание сложных деталей с множеством полостей на FFF-принтере является непростой задачей из-за особенностей технологии: 3D-печать осуществляется послойно, и нависающие части под действием силы тяжести прогибаются, что негативно сказывается на качестве готового изделия. Чтобы избежать провисания таких частей, как правило, используются поддерживающие элементы из того же материала, что и само изделие. Однако после 3D-печати поддерживающие элементы («поддержки») требуется удалять механическим способом, что плохо сказывается на качестве поверхности в местах соединения поддержки с деталью. Чтобы избежать механического воздействия при

отделении поддерживающих элементов, во время 3D-печати для поддержек используется дополнительный материал, например, пластик PVA, который после окончания 3D-печати удаляется с использованием растворителя (чаще всего это простая вода). После очистки поддержек качество поверхности, для построения которой использовалась поддержка, сравнимо с качеством других поверхностей готовой детали.

Для 3D-печати с использованием дополнительного материала поддержек требуется 3D-принтер с двумя экструдерами. Конечно, на рынке существует множество 3D-принтеров с многоцветной печатью, но у них имеется множество недостатков. Один из основных — это смешение материалов во время 3D-печати, что плохо сказывается на качестве и прочности готового изделия. Смешение материалов происходит из-за того, что оба сопла расположены на одной печатающей головке.

Для решения данной проблемы в лаборатории аддитивного производства Московского авиационного института разработана и апробирована система «ОЭНБ» (один экструдер на «борту»). Ее особенностью является смена целого экструдера для одновременной 3D-печати разными материалами. Такой подход позволяет избежать смешивания материалов во время 3D-печати, облегчить печатающую головку, а также не ограничиваться одновременным использованием двух материалов (количество используемых материалов может быть увеличено за счет увеличения количества сменных экструдеров). Еще одно достоинство данной конструкции — цена. Благодаря использованию одного двигателя для подачи всех материалов стоимость конструкции сравнима со стоимостью конструкции 3D-принтера, печатающего одним материалом.

К преимуществам разработанной системы также относится возможность применения экструдеров с разными видами сопел для ускорения скорости 3D-печати. Например, сопло с диаметром 0,2 мм можно использовать для 3D-печати наружной стенки, а сопло диаметром 0,6 мм — для внутренней структуры. Ещё один вариант применения системы — использование одинаковых сопел, но с разными материалами. Например, при изготовлении с помощью 3D-печати крыла для беспилотного летательного аппарата можно для силовых элементов (элероны, нервюры) применить более дорогой инженерный пластик, а для обшивки — цветной материал.

Разработанная система «ОЭНБ» была успешно апробирована в конструкции FFF-принтера, спроектированного в лаборатории аддитивных технологий МАИ. 3D-принтер позволяет печатать разными материалами и создавать конструкции сложной формы с разными физическими и механическими свойствами.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ В АВИАСТРОЕНИИ

Кривонос З.Р., Рыжков В.В.

Воронежский государственный технический университет

В докладе проанализировано применение технологии ротационной вытяжки в авиастроении.

Ротационная вытяжка — это технологический процесс последовательного формообразования плоских или полых осесимметричных вращающихся заготовок путем приложения локальной деформирующей нагрузки, перемещающейся по поверхности заготовки по винтовой линии.

Этот метод имеет следующие преимущества:

- сравнительно простая и недорогая технологическая оснастка, и инструмент;
- достижение значительно больших пластических деформаций (более 90%) без термической обработки по сравнению с другими операциями холодной листовой штамповки;
- достаточно малая энергоемкость и мощность применяемого оборудования;
- высокая точность деталей до сотых долей миллиметра;
- высокая чистота поверхности, не требующая финишных операций;
- осуществление локального нагрева очага пластической деформации;
- реализация совмещения на одном станке с одной установки основных и доделочных операций (выглаживание поверхности, подрезка фланца, отрез припуска или доньшка, загиб или завивка кромок и др.);
- совмещение в одном автоматизированном цикле нескольких основных операций (вытяжка, раскатка, обжим, раздача, отбортовка);
- получение детали с заданным переменным сечением стенок;
- обработка деталей из листовой, штампованной, ковальной, литой или сварной заготовки, с получением при этом улучшенной структуры металла (твердость и предел прочности материала детали увеличивается до 2 раз по сравнению с материалом заготовки).

Метод ротационной вытяжки применим для мелкосерийного производства, когда невыгодно изготовление штампов.

Несмотря на достоинства ротационной вытяжки, данная технология широкого распространения не получила. Это связано с тем, что процесс вытяжки связан с большим числом параметров. Для получения стабильности изготовления необходима высокая

квалификация исполнителей и большой опыт. На предприятиях технология производства каждой детали отрабатывается опытным путем, что не всегда позволяет получить деталь с заданными характеристиками.

Для авиационной техники ротационной вытяжкой изготавливаются осесимметричные детали различной формы: конической, сферической, цилиндрической, ступенчатой и других. Габариты деталей — от нескольких десятков миллиметров до 10 м, толщины от 0,1 до 6,5 мм. Точность изготовления деталей — до сотых долей миллиметра. Например, при изготовлении неразрезных несимметричных обтекателей воздухозаборников двигателей.

Ранее обтекатели дозвуковых летательных аппаратов выполнялись симметричными (круглыми). Среди современных летательных аппаратов заметна тенденция применения несимметричных обтекателей эллиптической и треугольной формы.

В настоящее время обтекатели несимметричной формы изготавливаются составными при помощи штамповки. Такие конструкции по сравнению с цельными, имеют ряд недостатков: сложная конструкция, более высокая трудоемкость изготовления, большая масса, плохое аэродинамическое обтекание, меньший срок службы, дорогостоящая оснастка (штампы) [1].

Применение технологии изготовления неразрезных несимметричных обтекателей позволит уйти от этих проблем и повысить технологические и конструктивные характеристики изделий, улучшить лётно-технические характеристики новой авиационной техники. Технология изготовления неразрезных несимметричных обтекателей позволит расширить возможности для выбора форм поперечного сечения обтекателей при конструировании летательных аппаратов.

Основными этапами разработки являются: моделирование технологии изготовления обтекателя, проведение экспериментов по определению технологических режимов и, как итог, разработка типовой директивной технологии и её дальнейшее применение в производстве неразрезных несимметричных обтекателей, на базе малого инновационного предприятия при ВГТУ (НТП «Авиапроект»). [2].

Литература

1. *Попов И.С.* Исследование технологии ротационной вытяжки для изготовления неразрезного некруглого носка обтекателя воздухозаборника дозвукового летательного аппарата // *Авиакосмические технологии (АКТ-2014)*. Тезисы I тура XV Всероссийской научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. 2014. С. 63 — 64.

2. Попов И.С. Изготовление неразрезных несимметричных обтекателей воздухозаборников летательных аппаратов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8. № 12 — 2. С. 92 — 93.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК КРУПНОГАБАРИТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ANSYS

Крылова М.А., Хромихин Д.А.

Балтийский государственный технический университет

«Военмех» имени Д.Ф. Устинова

Сегодня крупногабаритные космические антенны (диаметром от 30 до 50 метров) являются важнейшей составляющей в обеспечении космической связи, зондирования Земли и исследования объектов космоса. Рассмотрим вариант конструкции такой антенны (рис. 1).

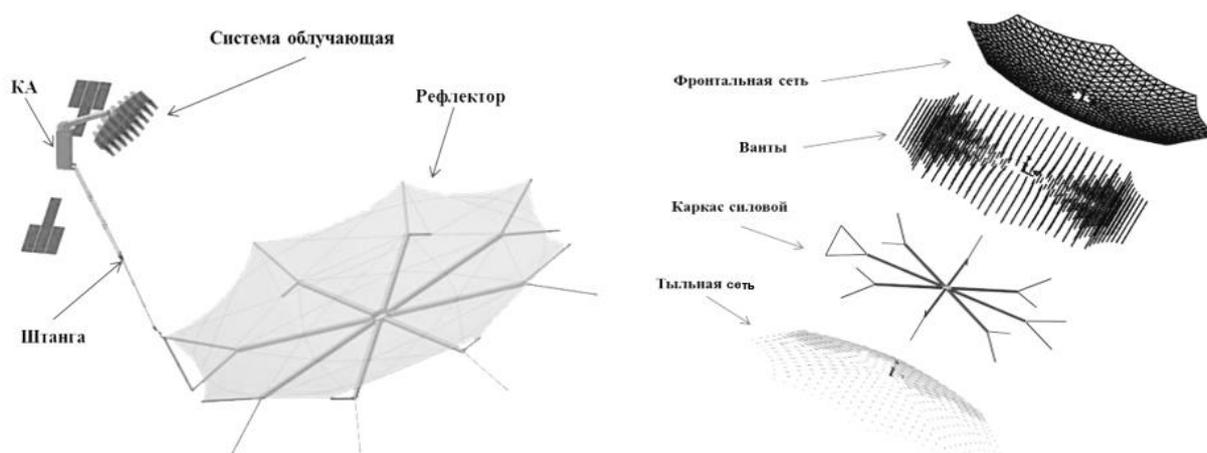


Рис. 1. Конструкция крупногабаритной космической антенны [1]

На силовой каркас сверху и снизу крепится сетеполотно с помощью вант. Ослабляя или усиливая их натяжение, используя небольшие двигатели (исполнительные устройства), можно корректировать форму антенны, тем самым изменяя её диаграмму направленности (ДН).

Энергия к исполнительным устройствам будет доставляться по беспроводной системе передачи энергии (представлена на рис. 2).

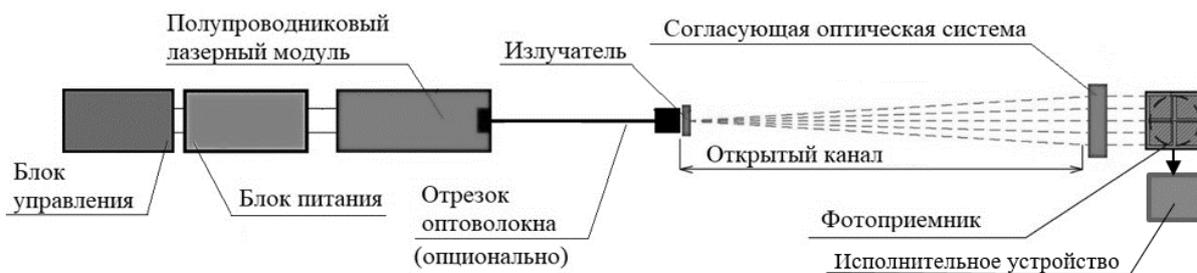


Рис. 2. Структура беспроводной (оптической) системы передачи энергии к исполнительному устройству [2]

Преимуществом такой структуры является не только существенная экономия массы благодаря отсутствию в составе конструкции металлических проводников, но и исключение проблем с электромагнитной совместимостью.

Для нахождения оптимального варианта расположения и количества контрольных точек, в которых будут расположены фотоприемники и исполнительные устройства, предложено применять программное обеспечение ANSYS. Специальный подмодуль HFSS (*High Frequency Structural Simulator*) позволяет исследовать различные трехмерные СВЧ структуры. В данной среде для проведения расчетов используется метод конечных элементов и метод моментов. Применение двух методов одновременно (гибридный метод) позволит существенно упростить и ускорить моделирование.

Весь процесс исследования антенны в данной среде можно свести к следующим этапам:

- построение объемной геометрической модели с заданной геометрией;
- установка волновых портов излучения [3] и граничных условий;
- задание параметров модели;
- проведение исследования путем моделирования;
- анализ результатов моделирования.

Выполнив моделирование простейших антенн (симметричного вибратора и рупорной антенны) мы убедились, что ANSYS дает точные результаты, которые можно легко анализировать и обрабатывать.

После проведения моделирования работы антенны можно построить её трехмерную ДН. Изменив местоположение контрольных точек на рефлекторе и/или их количество и выполнив повторное моделирование, увидим, как же изменилась ДН нашей крупногабаритной космической антенны. Проведя серию экспериментов, мы сможем выбрать оптимальный для нас вариант количества и расположения контрольных точек.

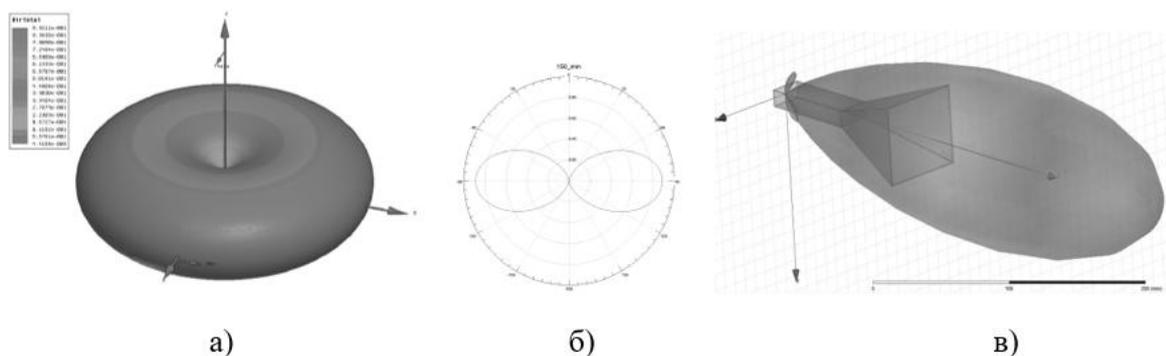


Рис. 3. Примеры моделирования простейших антенн в ANSYS:

- а) объемная ДН симметричного вибратора; б) сечение ДН симметричного вибратора;
 в) объемная ДН рупорной антенны, совмещенная с геометрической моделью

Использование программного обеспечения ANSYS позволит существенно уменьшить экономические затраты и сократить время исследований, т.к. нам не потребуется создавать реальный макет, и над решением данного вопроса оптимизации может работать всего один человек.

Литература

1. Отчет о прикладных научных исследованиях и экспериментальных разработках «Создание высокоэффективной системы беспроводной узконаправленной передачи энергии и информации для управления состоянием объектов космического базирования на основе лазерных и волоконнооптических технологий» по теме «Теоретическое обоснование и разработка технической концепции системы энергоинформационного обмена на основе комплексирования оптоволоконных и лазерных технологий» / Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0201 от 27.10.2015 г., идентификационный номер проекта RFMEFI 57715 X 0201. Этап 2. / СПб, БГТУ, 2016г. 1383 с.

2. Отчет о ПНИЭР «Создание высокоэффективной системы беспроводной узконаправленной передачи энергии и информации для управления состоянием объектов космического базирования на основе лазерных и волоконнооптических технологий» / Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0201 от 27.10.2015 г., идентификационный номер проекта RFMEFI 57715 X 0201. Этап 3. / СПб, БГТУ, 2017г. 1523 с.

3. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft. — М.: ЗАО «НПП «РОДНИК», 2009. — 256 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ УЗЛА КРЕПЛЕНИЯ ЛОПАСТИ ВЕРТОЛЕТА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Ларионова А.А.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В докладе проанализирован узел крепления типовой лопасти вертолета.

Актуальность данной работы заключается в повышении усталостной долговечности лопасти за счет создания оптимального узла крепления типовой лопасти вертолета.

В процессе работы получены формулы, которые позволяют оптимизировать распределение силовой нагрузки в узле крепления лопасти и тем самым повысить ресурс эксплуатации. Также смоделирован узел крепления лопасти и проведен статический расчет прочности конструкции методом конечно-элементного анализа.

Проведен расчет усталостной долговечности материалов вертолетной лопасти и крепежа болтов. Расчет вертолетной лопасти показал, что лопасть с болтами диаметром 8 мм имеет ресурс больший, чем лопасть с болтами диаметром 30 мм за счет уменьшения нагрузки каждого болта на материал лопасти. Меньший диаметр предпочтителен, так как это приводит к существенному уменьшению перерезания волокон, что увеличивает прочность материала конструкций и уменьшает концентрацию напряжений в районе отверстий.

В данной работе изложена методика расчета усталостной долговечности, благодаря которой можно повысить усталостную прочность лопасти несущего винта вертолета в связи со снижением концентраторов напряжений и увеличить ресурс.

Литература

1. *Дудченко А.А.* Расчет напряженно-деформированного состояния элементов авиационных, ракетных и машиностроительных конструкций из композиционных материалов. — М.: НПУ «Федеративная информационная система», 2013. — 232с.
2. *Стрижжис В.Е.* Методы оценки усталостной прочности элементов композитных авиаконструкций: справочное пособие. — М.: Машиностроение; Инновационное машиностроение, 2015. — 270 с.

МОНИТОРИНГ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Мокрова М.И., Евдокименков В.Н., Ким Н.В.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В данной работе рассматривается процесс мониторинга пожарной обстановки с помощью группы беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Мониторинг пожарной обстановки предъявляет высокие требования к безопасности полета БЛА и наблюдаемости объектов поиска. Современные достижения в сфере разработок управления БЛА и в области систем технического зрения позволяют обеспечить автоматический полет и обнаружение объектов БЛА. В то же время нерешенными остаются вопросы, связанные с учетом сложных и экстремальных условий функционирования БЛА.

Задача данной работы заключается в повышении эффективности мониторинга очагов пожара. Целью операции является обнаружение находящихся в опасности людей. Важный фактор, влияющий на эффективность мониторинга, — это повышение надежности решения заданной целевой задачи. Для уменьшения ошибок обнаружения и, как следствие, затрат, связанных с ложными вызовами группы спасения, необходимо уменьшение высоты полета БЛА. С другой стороны, уменьшение высоты может привести к потерям БЛА. Следовательно, в процессе обнаружения людей в условиях воздействия огня может возникнуть конфликт интересов. Рассмотренные затраты будем считать критериями потерь.

Для решения описанной выше задачи разработана модель безопасности полета БЛА и модель наблюдаемости, учитывающая условия видимости в каждом конкретном очаге пожара. На основе этих моделей разработаны три критерия, позволяющих найти оптимальное решение данной задачи для каждого из очагов. Выбор одного из разработанных критериев обусловлен: ограничением безопасности полета БЛА; ограничением вероятности обнаружения объектов интереса; минимизацией суммарного уровня потерь при выполнении операции.

В данной работе представлены результаты исследований алгоритмов, которые могут использоваться при организации мониторинга пожарной обстановки с помощью БЛА для оперативной оценки условий, определяющих безопасность полета БЛА, анализа условий наблюдения, определяющих возможность достоверного обнаружения искомых объектов, планирования полета группы БЛА с учетом решаемых целевых задач и необходимой безопасности БЛА.

Литература

1. Веремеенко К.К., Желтов С.Ю., Ким Н.В. и др. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 556 с.

КОНЦЕПЦИЯ БПЛА

Морозов А.И., Николаев А. И., Соколов Н.С.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время беспилотная авиация стремительно развивается во всех сферах её применения. При создании многих моделей упор делается на укороченный или вертикальный взлёт.

Коллектив авторов представляет свой концепт многоцелевого беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Он представляет собой конвертоплан с двумя крыльями без ГО (рис. 1). В будущем он будет доработан и, возможно, немного поменяет свой облик. Аппарат должен обладать следующими характеристиками: крейсерская скорость 200 — 250 км/ч, продолжительность полёта 24 ч и дольше, может нести от 50 до 100 кг полезной нагрузки в зависимости от модификации.

В нашем беспилотнике будут поворачиваться не только гондолы с двигателями, но и консоли каждого из двух крыльев. Это позволит увеличить безопасность полёта: в случае отказа 2-х двигателей или поворотной системы двигателей будет задействована компенсация в виде поворота консолей для сохранения устойчивости, либо при вынужденной горизонтальной посадке.

Предполагается установка на аппарат двух обычных камер, а также тепловизора на разведывательный и грузовой варианты. Кроме того, может быть изготовлен и военный вариант, поскольку БПЛА способен «зависать», но при этом и достаточно быстро двигаться горизонтально, обладает достаточной манёвренностью и, при некотором увеличении и усилении, способен нести в себе приличное количество боеприпасов. Но основными являются грузовой и разведывательный варианты.

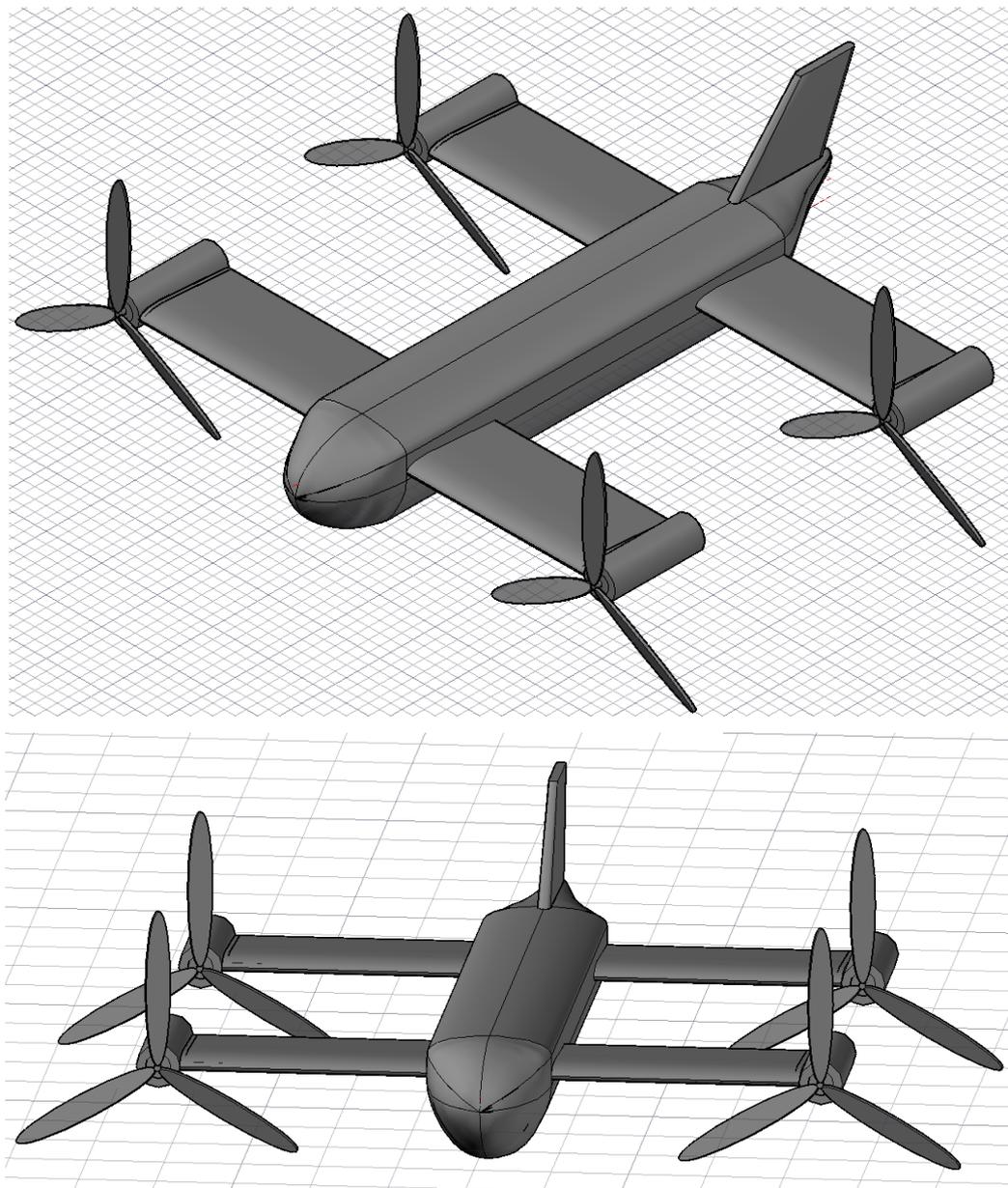


Рис. 1. Многоцелевой беспилотный летательный аппарат

На данный момент проведены оценочные расчёты и выполнены первые чертежи аппарата. Сейчас проводятся испытания в аэродинамической трубе и более подробные и качественным расчёты как по аэродинамике, так и по прочности и работоспособности конструкции.

РАЗРАБОТКА ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ ДЛЯ РАКЕТ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА

Носова В.С., Меньших В.В., Башарина Т.А., Ильина А.К., Шилов В.Н., Шматов Д.П.

Воронежский государственный технический университет

В течение последних лет наблюдается тенденция к переходу от тяжелых спутников массой несколько тонн к аппаратам микро и нано-классов. Современные отечественные

средства выведения легкого класса имеют избыточную полезную нагрузку, что приводит к неудобствам для заказчиков запусков отдельных аппаратов.

Современные наноспутники имеют массу от 1 до 10 кг, а микроспутники от 10 до 100 кг, в связи с чем возникает необходимость создания легкой и сравнительно недорогой ракеты, для этого требуется ЖРД малой тяги.

Цель научной работы – разработка ЖРД малой тяги, его изготовление с применением селективно-лазерного спекания (SLM-метод), проведение огневых испытаний и создание опытного образца для двухступенчатой ракеты-носителя лёгкого класса.

На первом этапе работ был проведен анализ научно-технической литературы, патентный поиск и выбрана наиболее подходящая топливная пара, проведены термодинамический и газодинамический расчет основных параметров двигателя, спрофилированы камера и сопло двигателя, разработана головка смешения компонентов топлив. Во втором этапе намечены огневые испытания экспериментального образца ЖРДМТ.

В качестве среды огневого испытания двигателя используется специализированная бронекamera, способная обеспечить испытания устройства и защитить персонал от факторов, возникающих при разрушении испытываемых изделий. Она представляет собой сварную конструкцию, состоящую из стальной трубы внутренним диаметром 300 мм, стенками 12 мм, длиной 2 000 мм и приваренными к ней с торцов стальными фланцами. Внешний вид камеры представлен на рис. 1.



Рис.1. Внешний вид бронекamеры

С одной стороны установлена откидная крышка, состоящая из стальной эллиптической заглушки на петлях. Противоположный от крышки торец бронеканеры оставлен открытым и может быть присоединен к вентиляционному каналу для отвода газов. Внутри трубы вварены две направляющие, обеспечивающие установку и снятие газогенератора в сборе с узлом тензодатчика, а также фиксацию газогенератора во время работы.

Сбор информации и контроль состояния стенда осуществляется набором электроники. Блок-схема электроники представлена на рис. 2.

Для проверки возможностей технологии SLM был напечатан элемент смесительной головки двигателя. После печати деталь была обработана на токарном станке. Результаты обработки представлены на рис. 3.

Изготовленная с применением аддитивных технологий форсунка не уступает по своим прочностным и гидравлическим характеристикам своим выполненным стандартными методами аналогам. Это подтверждает возможность изготовления всего двигателя при помощи 3D-печати с использованием жаропрочных сплавов.

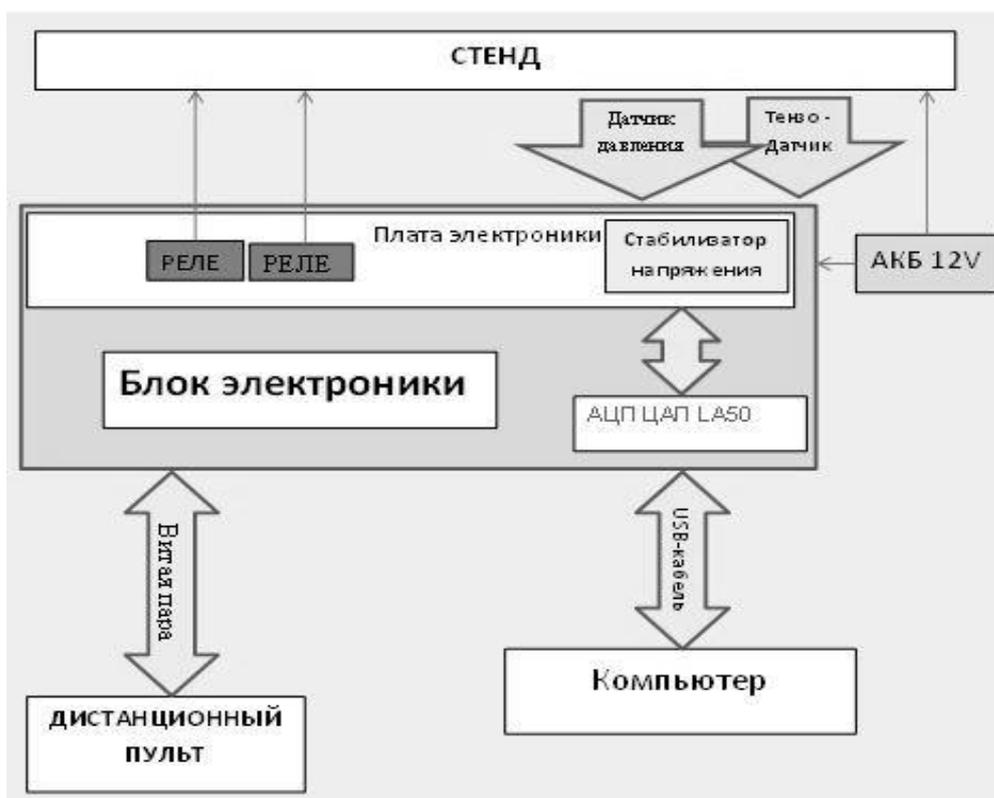


Рис. 2. Блок-схема электроники



Рис. 3. Форсунка после обработки

ЖРД малой тяги обеспечивает существенную экономию при выведении малых спутников на околоземную и геостационарную орбиту. Применение ЖРДМТ в качестве маршевых двигательных установок для ракет лёгкого класса является выгодной альтернативой многотонным ракетам-носителям и позволяет существенно сократить расходы при их строительстве и запуске за счет малых размеров и простоты метода изготовления (SLM-метод) по сравнению с традиционным методом изготовления ЖРД.

Литература

1. *Добровольский М.В.* Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. Д.А. Ягодникова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 488 с.: ил.
2. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. В 2 кн. Кн. 1. Учеб. для авиац. спец. вузов/А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов и др.; Под ред. В. М. Кудрявцева. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1993. — 388 с.: ил.
3. *Бережинский Р. А., Горохов В. Д., Коробченко В. А.* Основы проектирования камер сгорания ЖРД: Учеб. пособие / Под общ. ред. В. С. Рачука. Воронеж. гос. техн. ун-т, 2004. 129 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ

БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Падалка М.А., Кохтырев А.С., Кузьмин Г.Н., Соколов Е.И., Побелянский А.В.

Балтийский государственный технический университет

«Военмех» им. Д.Ф. Устинова

Мировая промышленность находится в состоянии постоянных изменений, что обусловлено появлением новых и развитием существующих производственных и

вычислительных технологий. В частности, с появлением аддитивного производства происходит постепенная смена принципов проектирования.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — летательный аппарат, пилотируемый дистанционно или выполняющий полёт автономно без помощи пилота. На данный момент 75% созданных в России БПЛА используются в военных целях. БПЛА применяются в разведке местности, наблюдении, геодезии, а также для атаки условного противника. Сейчас в производстве БПЛА занято около 1500 человек. Но через пару десятков лет производство и обслуживание БПЛА будет обеспечивать около полумиллиона человек.

Одним из перспективных направлений применения аддитивных технологий является направление по созданию БПЛА различного назначения. Изменения подходов к облику и конструктивным элементам таких аппаратов под аддитивные технологии потенциально может дать выигрыш в тактико-технических характеристиках.

Первым объектом исследования в работе стал микро-БПЛА «VAFT-10» ближнего радиуса действия и массой до 5 кг (рис. 1). При его разработке сделан акцент на технологические особенности, такие как: толщина слоя, направление построения, ограниченность печатной камеры 3D-принтера и детальная проработка трехмерной модели. Одним из критериев оценки работ является нерациональность использования аддитивных технологий во всей конструкции БПЛА. Из этого можно сделать вывод, что необходимо проводить поиск элементов конструкции с высоким потенциалом повышения тактико-технических характеристик БПЛА от применения аддитивных технологий.



Рис. 1. БПЛА «VAFT – 10»

Вторым объектом исследований в работе стал БПЛА «Anser-2» (рис. 2). Особенностью конструкции является изготовление методом 3D-печати силового корпуса.

Данный элемент конструкции выбран из-за высокого уровня детализации.

Проектирование внешних обликов обоих беспилотных летательных аппаратов проведено с нуля. По методике проектирования сверхлегких самолетов получены массовые и габаритные характеристики.



Рис. 2. БПЛА «Anser-2»

Новые подходы к проектированию с учетом возможностей аддитивных технологий могут дать существенные улучшения технологичности и тактико-технических характеристик БПЛА.

Литература

1. Чумак П.И., Кривокрысенко В.Ф. Расчет проектирование и проектирование и постройка сверхлегких самолетов. — М.: ПАТРИОТ, 1991. — 240 с.
2. Комаров В.А. Концептуальное проектирование легких самолетов. — Самара: Изд-во СГАУ, 2007. — 87 с.
3. Афонин П.М. Беспилотные летательные аппараты. — М.: Изд-во Машиностроение, 1967. — 440 с.
4. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. — Санкт-Петербург: Изд-во БХВ-Петербург, 2012. — 448 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Пыжикова А.А., Долгов О.С.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Всем известно, что климат Земли достаточно изменчив: от высоких температур до самых низких. Эти изменения происходят как в течение нескольких лет, так и в течение тысячелетий, поэтому вполне возможно, что в скором времени нас ожидает глобальная перемена в виде потепления. В свою очередь, глобальное потепление несет за собой множество последствий: волновое тепло, штормы и наводнения, уменьшение количества ледников, засуха, повышение уровня моря.

И поскольку из-за парникового эффекта рост температуры на планете прогрессирует, в России следует опасаться возгораний торфяных заболоченных лесов. Нам и сейчас известно, какой колоссальный вред наносит пожар. В огне погибает не только такой ценный материал, как древесина, но и в целом флора и фауна. Таким образом, борьба с лесными пожарами является одним из важнейших направлений в авиации, а в частности гидроавиации.

На данный момент создано множество летательных аппаратов для борьбы с пожаром — это различные вертолеты, сухопутные самолеты, оснащенные противопожарным оборудованием и самолеты-амфибии. У каждого из них есть свои преимущества и недостатки. Нельзя однозначно определить универсальный ЛА для решения данной задачи. Однозначно, такая проблема должна решаться комплексом различных летательных аппаратов. Ведь уже сейчас одна из самых технически оригинальных машин — гидросамолет Бе-200 — не всегда может справиться с поставленной задачей. Главной проблемой данного самолета-амфибии является недостаточное количество подходящих водоемов, которые можно использовать для сбора воды, а также их подготовка в виде проверки на чистоту водной поверхности от посторонних предметов, измерения глубины, оценка высоты, направления и типа волны. При самом пожаротушении возникает проблема с выбором высоты для эффективного орошения площади, охваченной пожаром: спуститься слишком близко не позволяет «огненное облако», которое нарушает работу двигателя, а если оказаться выше положенного, то распыление воды не покроет нужный объем площади возгорания.

Если сейчас возникают проблемы при тушении лесных пожаров, то что будет тогда, когда будут гореть площади гораздо больше сегодняшних? Необходим

усовершенствованный летательный аппарат, а для разработки такого ЛА нужно выявить критерии безопасности полета над огненным облаком, его влияние на аэродинамические свойства самолета и динамику полета, а также определить нужную высоту, которая позволит удовлетворить требуемую площадь тушения.

Одним из ведущих научно-технических комплексов в области исследования параметров эффективности применения различных ЛА является ТАНТК им Г.М. Бериева. Опыт пожаротушений такими самолетами-амфибиями, как Бе-200 позволяет сделать вывод о том, что на данный момент необходимо проводить больше исследований для комплексной оценки ЛА.

РАДИОСИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С БОРТА БПЛА НА КА-РЕТРАНСЛЯТОР

Ракитский М.Ю.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В докладе проанализирована возможность использования глобальной спутниковой системы связи для передачи высокоскоростной информации путём ретрансляции с борта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на наземные удалённые пункты.

Недостатком передачи информации с БПЛА напрямую на наземный пункт управления (НПУ) является необходимость наличия НПУ в районе работы данного ЛА, что снижает скорость развёртывания такой системы.

На начальном этапе проектирования такой системы в целом, необходим расчёт требуемого количества спутников, количества орбит, размеров зон и подзон обслуживания. Одним из ключевых вопросов является выбор высоты орбиты. В данном докладе рассмотрены низкоорбитальные спутниковые системы, показаны их достоинства и недостатки.

Основными преимуществами низких орбит по сравнению с геостационарными являются:

- относительно небольшая дальность связи, что обеспечивает меньшее затухание сигналов, поскольку оно пропорционально квадрату расстояния;
- небольшие задержки распространения.

При этом недостатки таких орбит тоже весомы. К примеру, время, в течение которого можно наблюдать низкоорбитальный космический аппарат (КА), не превышает 15 минут. Поэтому для обеспечения непрерывной связи между потребителями необходимо создание такой орбитальной группировки космических аппаратов, при

которой достигается непрерывность зоны видимости. Очевидно, что для обслуживания абонентов на всей поверхности Земли необходимо большое количество спутников, поскольку с уменьшением высоты орбиты происходит уменьшение зоны видимости.

При проектировании бортового радиотехнического комплекса (БРТК) разработчикам необходимо выбрать тип антенных систем, число лучей, их формы, а также методы уплотнения информационных каналов и множество других параметров.

Для обеспечения заданной достоверности и скорости передачи информации по шумящим каналам необходимо использование помехоустойчивого кодирования, позволяющего снизить требования к энергетике каналов связи, а также узкополосной модуляции, обеспечивающей экономию полосы частот при фиксированной скорости передачи.

С учётом этих особенностей проектирования показан пример расчёта основных параметров системы, параметров радиолинии передачи информации с борта БПЛА на борт КА-ретранслятора.

Литература

1. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики. — М.: Эко-Трендз, 2005.
2. Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. — М.: Радио и связь, 2004. — 328 с.
3. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые системы связи. — М.: Альпина, 2004. — 536 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САМООЦЕНКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ратькина Д.С.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Глобальная цифровая трансформация — современная реальность, в полной мере определяющая развитие компаний и глобальных рынков. Программа *Industrie 4.0* сегодня требует фактического технологического отрыва от конкурентов. Это означает, что для обеспечения конкурентоспособности на глобальных рынках в перспективе 10–20 лет, высокотехнологичной компании нужно быть лидером уже сейчас.

Тотальная цифровая трансформация экономики и высокотехнологичной промышленности, идет в ногу с требованиями современного глобального рынка:

сокращение времени принятия решений (*Time-to-Decision*, T2D), их исполнения (*Time-to-Execution*, T2E) и вывода продукции на рынок (*Time-to-Market*, T2M), где под рынком, безусловно, понимается глобальный рынок.

Разработка и производство в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной кастомизированной продукции нового поколения возможны сегодня с применением Фабрик Будущего (*Factories of the Future*) — систем комплексных технологических решений, ключевым элементом которых становятся «умные» модели и цифровые двойники (*Smart Digital Twins*) изделий и процессов (технологических, производственных и др.).

Для ускорения развития компании предложено начинать программы цифровых изменений с диагностики предприятия. В этом случае многие организации используют самооценку.

Самооценка — всесторонний и систематический анализ деятельности организации. Она показывает общее представление о функционировании компании, указывает на области, которые больше всего нуждаются в усовершенствовании.

Одной из главных целей самооценки является предоставление предприятием рекомендаций, базирующихся на фактах в сфере использования ресурсов для улучшения работы компании. Также самооценка содержит в себе много моделей социальной мотивации организации. Самыми популярными являются премии в области качества. Все они базируются на определённых критериях, по которым проводится оценка и создаётся отчёт. В дальнейшем экспертная комиссия выбирает организацию-победителя, набравшую наибольшее количество баллов. На территории нашей страны признанной считается Премия Правительства РФ в области качества, целью которой является стимулирование отечественных предприятий выпускать качественную продукцию и предоставлять услуги высокого уровня.

Если рассматривать самооценку как процедуру, при которой измеряется деятельность организации в области управления качеством, то она будет тесно связана с концепцией внутреннего аудита. Только по сравнению с внутренним аудитом самооценка имеет бальную систему. Она привлекает всех работников организации и охватывает всю деятельность, даже самые трудноизмеримые характеристики. Также её отличие заключается в более выраженном диагностическом характере.

Таким образом, процесс самооценки очень полезен для любого предприятия. Самооценка является уровнем зрелости организации, диагностирует сильные и слабые стороны, определяет области улучшения. Самооценка — это эффективный путь

проектирования траектории развития компании, который так необходим в цифровую эпоху.

ПРИМЕНЕНИЕ РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛОЖЕМЕНТА

Савельев А.В., Рыжков В.В.

Воронежский государственный технический университет

Для проведения исследования о возможных областях применения технологии ротационной вытяжки выбрана деталь «Ложемент для невулканизированных шин».

При изготовлении детали используется метод проецирования, то есть формования за один проход [1]. Деталь изготавливают путем однопереходной обработкой листовой заготовки, установленной на вращающейся оправке при продольном перемещении давящего инструмента, установленного с зазором между оправкой и роликом. Материал заготовки проецируется с одного уровня на другой путем перемещения ролика параллельно оправке. Таким образом, можно изготавливать детали с конической или выпуклой формой поверхности с расчетными механическими свойствами при минимальном весе самой детали. Материал заготовки смещается под давлением ролика в осевом направлении, толщина стенки при этом уменьшается соответственно углу проецирования. Этот метод подкупает своей эффективностью, т.к. при коротком времени формования достигается точная обработка в соответствии с запрограммированным контуром и очень высокое качество поверхности [2].

В нашем случае для изготовления ложемента используется прямоугольная заготовка из листа алюминия марки АМг2М толщиной 1,5 мм, получаемая вырубкой на гильотинных ножницах СТД-9АН.

Преимущества прямоугольной заготовки перед круглой очевидны для опытного технолога. На сегодняшний день в процессе ротационной вытяжки невозможно избежать потери устойчивости материала и дальнейшей деформации фланца детали. Этим явлениям способствует встречающаяся на производстве неоднородность материала и изменяемая толщина листа заготовки. В дальнейшем закончить изготовление детали и устранить деформации из прямоугольной заготовки можно будет с меньшими затратами труда.

Стоит отметить, что на глубину ротационной вытяжки влияет ширина недеформируемого фланца.



Рис. 1. Явление деформации краев детали (вид сбоку)

При несимметричном фланце создаются условия для неравномерной вытяжки и искривления фланца [3]. Традиционно это затруднение разрешается путем равномерной подрезки фланца. Типовое раскаточное оборудование имеет специальное ножевое устройство для автоматической подрезки. Для нашей детали подрезка невозможна в силу конструктивных особенностей детали.

Опытная отработка технологии изготовления показала, что после операции ротационной вытяжки происходит потеря устойчивости необрабатываемого фланца, что приводит к изгибу края детали на десятки миллиметров (рис. 1).

Выправление деформации выколоткой или прессованием оказалось невозможным из-за эффекта пружинения. Проблема была решена ручной доводкой детали (гиб вручную на поверхности стола).

Литература

1. Рыжков В. В., Савельев А. В. Применение статистических методов при контроле размеров ложементов / Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации. Сб. тр. конф. Воронеж, 12 мая 2017 г. С. 65 — 68.

2. Патент РФ № 2380184. Способ изготовления деталей с повышенными механическими свойствами из партии заготовок из алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей ротационным выдавливанием одно или несколько переходной обработкой листовой заготовки // Бондарь А.В., Гребенчиков А.В., Сухоруков Н.В., Гордон А.М., Борисов В.Н., Аксенов В.С. Опубл. 27.01.2010.

3. Смородинов М.И., Корольков В.И., Рыжков В.В. Исследование влияния ширины недеформируемого фланца на глубину ротационной вытяжки: тезисы XVIII Международной научно-технической конференции и школы молодых ученых, аспирантов и студентов. — Воронеж: ООО Фирма «Элист», 2017. — 167 с.

**К РАЗРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА
ПО ОСУШКЕ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ
КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАКЕТ**

Севоян В. А., Трушляков В.И.

Омский государственный технический университет

Осушка в ракетно-космической технике (РКТ) имеет решающее значение для подготовки РКТ к эксплуатации. Это необходимо для осушки топливных магистралей после проведенных гидроиспытаний, для осушки ракетных баков перед заправкой топливом, осушки полостей оборудования после изготовления, для удаления влаги из микрощелей в сочленениях элементов изделия, а также из микротрещин и микропор твердых тел, включая металлические оболочки, имеющие шероховатые поверхности, либо поверхности, имеющие микро- и нанопоры после очистки и мойки. В частности, при некачественной осушке в микротрещинах топливных баков остается значительное количество влаги, которое может во время длительного хранения выделиться в виде конденсата на стенках емкостей и трубопроводов и привести к аварийной ситуации [1], [2].

Для разработки программы теоретических и экспериментальных исследований проведен патентно-информационный поиск и сравнительный анализ с классификацией существующих методов осушки капиллярно-пористых структур (КПС).

В результате сравнительного анализа отобранных источников проведена классификация методов осушки КПС по видам подаваемой энергии для осушки:

- тепловой (конвективный, радиационный, кондуктивный, энтальпия газа (в том числе изменение давления газа (повышение, понижение, пульсация)));
- механической (центрифугирование);
- акустической (передача энергии по воздуху, по конструктивным мостам);
- химической (абсорбция, адсорбция);
- электромагнитной (СВЧ излучение) и т.д.

Дополнительно рассмотрены физические процессы, применение которых позволяет решить поставленную задачу по осушке КПС. Установлено, что в ряде случаев применяются две и более комбинаций физических процессов, усиливающих совместной «работой» процесс осушки, например, в работе [3] для осушки внутренних поверхностей гидросистемы применяют изменение давления и температуры, а также вынужденную конвекцию. Сделан вывод о необходимости анализа влияния каждого вида воздействия по отдельности и их сочетания на эффективность осушки КПС.

По результатам поиска разработана принципиальная схема экспериментального стенда (ЭС) для осушки КПС, который обеспечивает подвод к испытываемому образцу разных видов энергии:

— тепловой — нагрев радиацией, конвективный нагрев газовым потоком, кондуктивный, а также энтальпия газа;

— акустической (в том числе ультразвуковой) — передача энергии по воздуху и по конструктивным мостам.

В функции ЭС предусматривается как отдельное, так и одновременное воздействие на КПС нескольких видов энергий. Кроме того, на ЭС предусмотрена возможность подключения других типов энергии, например, электромагнитное поле СВЧ или тепловое химическое воздействие.

Физическая модель элемента конструкции РКТ с микротрещинами будет реализована в двух видах:

— металлическая пластина, на которой слой материала, спеченного из металлического порошка;

— КПС в виде пластины.

Геометрические, гранулометрические и теплофизические характеристики физических моделей конструктивных элементов подбираются исходя из следующих требований: одинаковые характеристики КПС (средний диаметр пор; пористость; теплопроводность структуры; плотность). Суммарный объем открытых пор должен вмещать в себя 5-10 г модельной жидкости (дистиллированная вода, керосин, спирт и т.д.) для получения конкретных экспериментальных результатов и сравнения с теоретическими результатами.

В настоящее время проводится этап технического проектирования экспериментального стенда, а также разработка физико-математической модели процессов нагрева и осушки образцов с КПС.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 9.1023.2017/ПЧ от 31.05.2017 г.

Литература

1. *Бронштейн В.М., Красночуб Е.К., Маркин А.А.* Исследование влажностного режима в топливных баках ракет-носителей тяжёлого класса во время хранения и авиационного транспортирования // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. №3(19). 2009. С.352 — 359.

2. Повышение экологической безопасности и экономической эффективности ракет-носителей с маршевыми жидкостными ракетными двигателями. [Текст]: отчёт о патентно-

информационных исследованиях НИР задание № 9.1023.2017/ПЧ от 31.05.2017 г./ ФГБОУ ВО «ОмГТУ». — Омск, 2018. — 93 с.

3. Пат. 2182691 Российская Федерация, МПК F26B 7/00, F26B 5/04. Способ сушки внутренних поверхностей гидросистемы / Атаров М.Н., Зяблов В.А., Лебедев В.К., Лебедев М.И. № 2000127293/06; заявл. 30.10.2000; опубл. 20.05.2002, Бюл. № 14.

АЛГОРИТМ ПОИСКА КОМПОНОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сидельников В.В., Рипецкий А.В.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Рынок трехмерной печати растет. Все больше предприятий используют трехмерную печать не только для изготовления прототипов, но и для изготовления функциональных узлов. Это происходит даже несмотря на то, что многие проблемы, связанные с запуском аддитивного производства до сих пор не решены. Одна из таких проблем — автоматическая компоновка производственной камеры. На данный момент не существует решения этой проблемы, целиком и полностью отвечающего всем необходимым требованиям компоновки.

Целью работы является нахождение алгоритма оптимальной компоновки ограниченного прямоугольного пространства камеры 3D-принтера, использующего технологию FFF (Fused Filament Fabrication). В качестве критерия оптимальности была взята максимальная заполненность плоскости камеры с учетом ограничений, обусловленных данной технологией аддитивного производства. Была поставлена задача изучить существующие алгоритмы, решающие подобные задачи, сравнить их и выбрать наиболее подходящие.

В рамках проекта, исследующего метод производства БПЛА при помощи аддитивных технологий, использовано компоновочное решение, предложенное компанией, создавшей электронную модель. Оно отвечает условию 3D-печати деталей планера по «функциональным группам» (элероны, стабилизаторы и т.д.), но не отвечает условию максимального заполнения камеры. Поэтому пришлось сформировать группы элементов планера по одинаковым режимам 3D-печати и уже из получившихся групп формировать компоновочные решения.

В качестве алгоритма компоновки выбран алгоритм, основанный на решении задачи об упаковке прямоугольников в ограниченную прямоугольную область, и

алгоритмы, позволяющие определить набор деталей, который представляется возможным расположить на столе 3D-принтера.

Полученная компоновка обеспечит сокращение общего времени печати планера. Предложенные алгоритмы могут стать основой для решения задачи автоматического объемного размещения объектов в камерах порошковых принтеров трехмерной печати, использующих технологии SLS, DSLM, EBM, SLM, SHS.

Литература

1. *Семен Попадюк* Как вырастет рынок 3D-печати к 2020 году: инфографика. [Электронный ресурс]// IQB technologies, 2017. URL: <https://goo.gl/bKpWhj> (дата обращения: 16.08.2018)
2. *Барлыбаев Р.Х., Мухачева А.С., Усманова А.Р.* Исследование эффективности алгоритмов распределения одномерного ресурса. // Проблемы оптимизации и экономические приложения. Материалы международной научной конференции. — Омск, 1997. — С. 24.
3. *Гимади Э.Х., Залюбовский В.В.* Задача упаковки в контейнеры: асимптотически точный подход. // Известия высших учебных заведений. № 12(427). 1997. — С. 25 — 33.
4. *Rhee W.T., Talagrand M.* Optimal bin packing with items of random sizes. // SI AM J. Comput., Vol.18, No 3, 1989. — pp. 473 — 486.
5. *Matt Perdek* Fast optimizing rectangle packing algorithm for building CSS sprites [Электронный ресурс] // Code Project, 2011. URL: <https://goo.gl/5TvV6C> (дата обращения: 18.08.2018)

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА АГРЕГАТОВ БПЛА

Тверкаева А.Э., Рипецкий А.В.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Аддитивные технологии используются во многих областях, одной из которых является авиастроение. Трехмерная печать давно применяется для создания оснастки при производстве авиационной техники, а прототипирование стало привычным инструментом для поиска лучших технических решений и раннего выявления ошибок. Сегодня можно сказать, что в скором будущем аддитивное производство будет рассматриваться как альтернатива изготовлению агрегатов летательных аппаратов с помощью фрезерования и литья.

Целью работы являлось изучение возможностей трехмерной печати и проведение ее сравнительного анализа с традиционными методами производства, такими как литье, фрезерование, штамповка, и исследование наиболее подходящих параметров печати на примере создания планера БПЛА с помощью технологии *Fused Filament Fabrication (FFF)*, то есть по методу послойного наплавления. Была поставлена задача проанализировать имеющиеся управляющие программы и вывести рекомендации по их созданию.

В ходе работы проведен сравнительный анализ технологического оснащения традиционных методов производства и трехмерной печати. Например, для литья необходимо подготовить расплав, литейную форму, стержни (при необходимости), модели и другие средства технологического оснащения. Для фрезерования требуется фрезерный станок с числовым программным управлением, управляющая программа, 3D-модель, заготовка, приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках, режущий инструмент, конусные оправки и втулки для установки режущего инструмента. Для изготовления деталей с помощью штамповки необходимы: чертежи, 3D-модель, штампы, устанавливающие детали, удаляющие детали, формоизменяющие детали и пресс.

В технологическое оснащение аддитивного производства входит меньшее число компонентов: 3D-принтер, материал, из которого печатается модель, управляющая программа, калибровочные щупы, инструменты постобработки.

Зная характеристики принтера и материала, можно производить детали, необходимые для реализации проекта, в любой точке Земли. Такой принцип давно применяется в интернациональных промышленных корпорациях, где работа и над цифровыми моделями, и процесс производства не прекращается. На выполнение данной задачи традиционными методами, такими как литье, фрезерование и штамповка, потребовалось бы большее количество времени, трудовых и денежных ресурсов.

Таким образом, технологии аддитивного производства в задачах прототипирования не только обладают универсальностью, но и открывают новые возможности для реализации цифровых проектов. Для студенческих проектов, стартапов и малого бизнеса 3D-печать становится инструментом для быстрой реализации идеи и вывода продукта на рынок. Трехмерная печать позволяет значительно сэкономить время и затраты на подготовку к производству. В этом удалось убедиться на примере создания планера БПЛА с помощью аддитивных технологий. На подготовку его технологического оснащения ушло несколько дней.

При производстве планера в качестве материала использовался PLA-пластик. Был выбран данный материал, так как он нетоксичен (производится из крахмалистого

растительного сырья), менее подвержен деформации, обладает большей стойкостью к УФ-излучению и лучшим адгезивным свойством, быстрее остывает после процесса 3D-печати, что позволяет сократить время производства планера по сравнению с ABS-пластиком. Также с данным материалом у коллектива, работавшим над проектом, имеется больший опыт работы, чем с другими видами пластиков.

Во время работы для создания планера выбрана и использована программа-слайсер *Simplify 3D*, в которой спроектированы управляющие программы для трехмерной печати. Данное программное обеспечение имеет в сравнении с аналогичными программами ряд преимуществ: множество настроек печати, возможность автоматически или вручную создавать поддерживающие элементы, сохранение параметров печати, наличие функции просмотра послойной печати детали и другое. Параметры печати деталей планера задавались на основе наработанного опыта в лаборатории аддитивных технологий Московского Авиационного Института. Проведен поиск схожих с элементами планера напечатанных ранее деталей. На основании управляющих программ таких деталей выведены закономерности по настройке печати, которые использованы для создания деталей планера. В дальнейшем их можно использовать при решении задач подобного рода.

Полученный опыт работы показывает, что применение трехмерной печати для создания агрегатов малоразмерных БПЛА может дать преимущества при производстве малой серии перед литьем, фрезерованием и штамповкой. Выявленные критерии настройки для трехмерной печати различных типов 3D-моделей позволяют сэкономить время на создание управляющих программ, упростить процесс подготовки и избежать брака при производстве. Проведенная работа показывает возможности текущего уровня технологий послойного наплавления термопластичных материалов, применяемых в настольных и промышленных трехмерных принтерах для производства агрегатов малоразмерных БПЛА.

Литература

1. Аддитивные технологии для российского авиапрома [Электронный ресурс] // Ассоциация представителей отрасли аддитивных технологий, 2016. URL: <http://ariat.ru/news/mechanical/additive-technologies-for-the-russian-aviation-industry/> (дата обращения: 15.09.2018)

2. Бакарджиева С. Аддитивное производство: на пике завышенных ожиданий [Электронный ресурс] // Федеральный промышленный журнал «Умное производство», выпуск 42, 2018. URL: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=610&- (дата обращения 16.09.2018)

3. Горобец О. 8 российских предприятий, успешно внедряющих аддитивные технологии [Электронный ресурс] // Информационный портал об аддитивных технологиях, 2017. URL: <http://blog.iqb-tech.ru/am-technologies-russian-experience> (дата обращения: 09.09.2018)

4. Специалисты ЦИАМ рассказали о применении аддитивных технологий в авиадвигателестроении [Электронный ресурс] // Информационный портал об авиации, 2018. URL: <http://aviation21.ru/specialisty-ciam-rasskazali-o-primenenii-additivnyx-texnologij-v-aviadvigatelestroenii/> (дата обращения: 15.09.2018)

5. Шумакова Л.С., Андреевская Ю.С. Проектирование заготовительно-штамповочной оснастки / Шумакова Л.С., Андреевская Ю.С. // Учебное пособие. ФГБОУ ВПО «МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского». Москва, 2008. С. 1 — 3.

АНИЗОТРОПИЯ СМАЧИВАНИЯ В ЖК УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Ткаченко Т.П., Жуков А.А., Пожидаев Е.П.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Потребности в миниатюризации систем отображения информации при одновременном увеличении их информационной ёмкости привели к замене электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) на плоские жидкокристаллические (ЖК) панели [1].

Целью работы является исследование смачивания анизотропной поверхности ориентанта (натёртой батистом полиимидной пленки) анизотропной жидкостью (нематическим жидким кристаллом), для моделирования поведения жидкого кристалла внутри пикселя ЖК-ячейки. В эксперименте использовалась модель поверхности пикселя, что позволило измерить углы смачивания ориентанта жидким кристаллом с помощью интерференционного микроскопа МИИ-4 [2].

Задачи работы:

- 1) методом «висячей капли» определить краевые углы смачивания на границе раздела фаз «жидкость» — «твёрдое тело» с использованием систем разной изотропии;
- 2) проанализировать влияние обработки поверхности ориентанта на анизотропию свойств жидкого кристалла.

В результате исследования методом «висячей капли» с помощью интерференционного микроскопа определены углы смачивания (Θ_{\parallel} , Θ_{\perp} – угол

смачивания, параллельный и перпендикулярный ориентации полиимидной пленки, град). Жидкий кристалл проявляет анизотропные свойства на сушеной ориентированной полиимидной поверхности: $\Theta_{П(1)}, \Theta_{П(2)} = 36^\circ/20^\circ$; $\Theta_{\perp(1)}, \Theta_{\perp(2)} = 28^\circ/20^\circ$ и на не ориентированной: $\Theta_{П(1)}, \Theta_{П(2)} = 52^\circ/34^\circ$; $\Theta_{\perp(1)}, \Theta_{\perp(2)} = 61^\circ/48^\circ$. На имидизованной полиимидной поверхности анизотропии не наблюдается: $\Theta=53^\circ/50^\circ$.

Литература

1. *Blinov L.M., Chigrinov V.G.* Electrooptic Effects in Liquid Crystal Materials Springer, New York, 1994. — 464 p.

2. *Жуков А.А., Пожидаев Е.П., Бакулин А.А., Бабаевский П.Г.* Энергетические критерии ориентации смектических С* жидких кристаллов в электрооптических ячейках. — Кристаллография. Т. 51. № 4. 2006. С. 722 — 726

ИСТОРИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМЕНИ Н.Е. ЖУКОВСКОГО

Турнаева А.С., Бордик К.А.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

В докладе проанализирован вклад Центрального аэрогидродинамического института в историю Российской авиации.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» — крупнейший в мире центр авиационной науки.

С 1925 по 1929 год при ЦАГИ была создана первая экспериментальная база с самой большой в то время аэродинамической трубой в мире, гидравлической лабораторией и другими установками. В 1930 — 1932 гг. на базе научных отделов ЦАГИ были организованы самостоятельные научно-исследовательские институты: ВИАМ, ЦИАМ, ВИГМ, ЦВЭИ.

В годы Великой Отечественной войны ЦАГИ проводил исследования, направленные на повышение тактико-технических характеристик советских боевых самолетов.

Самой крупномасштабной работой двух последних десятилетий, проведенной с привлечением всех подразделений института, стало создание воздушно-космического самолета «Буран».

На сегодняшний день комплекс аэродинамических труб и газодинамических установок содержит более 60 установок. Экспериментальная база для исследования динамики полета летательных аппаратов и систем управления состоит из различных пилотажных стендов и вычислительных комплексов.

Литература

1. Большая Советская Энциклопедия (в 30 томах), главный редактор А.М. Прохоров / М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1977.
2. URL: <http://www.tsagi.ru> (дата обращения: 25.09.2018)

РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПАНЕЛИ

Усов С.Н., Анучин М.С., Будник А.П., Некравцев Е.Н.

Воронежский государственный технический университет

Рассмотрены основные методы расчета трехслойной панели. Проведено сравнение данных, полученных в результате расчетов, с результатами эксперимента.

В конструкциях летательных аппаратов нашли широкое применение трехслойные панели, образованные из тонких несущих слоев и среднего слоя заполнителя. Такие панели не нуждаются в подкреплении, так как имеют большую поперечную жесткость. Проведены экспериментальные исследования ряда образцов и проделан аналитический расчет пластины, представленной на рис.1.

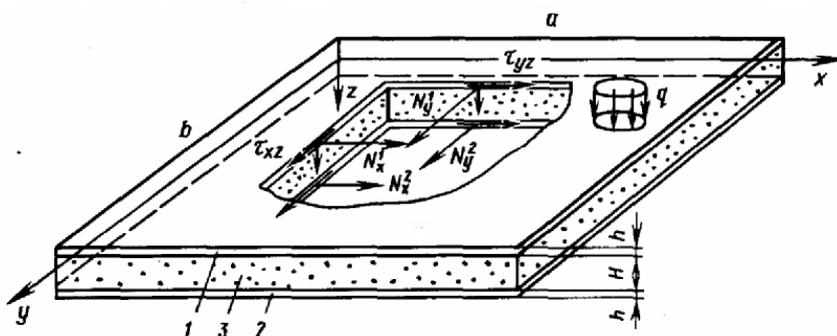


Рис. 1. Трехслойная панель: 1, 2 — несущие слои, 3 — наполнитель.

Несущие слои будем считать одинаковыми, изотропными и настолько тонкими, что их изгибную жесткость можно не учитывать. В слоях возникают усилия $N_x^1, N_y^1, N_{xy}^1, N_x^2, N_y^2, N_{xy}^2$. Заполнитель считаем легким, т. е. напряжениями σ_x, σ_y и τ_{xy} в заполнителе можно пренебречь. Таким образом, в заполнителе отличными от нуля остаются касательные напряжения τ_{xz}, τ_{yz} и нормальные напряжения σ_z , обеспечивающие совместную работу.

Классическая теория изгиба пластин основывалась на гипотезах Кирхгофа, предполагающих, что материал несжимаем вдоль оси z, т. е. перемещения $\omega = \omega(x, y)$ и

деформации сдвига γ_{xz} , γ_{yz} отсутствуют. При этом модуль сдвига $G_0 \rightarrow \infty$, т.е. наполнитель должен быть абсолютно жестким при сдвиге. Однако жесткость легкого наполнителя весьма мала, и образующиеся в нем сдвиговые деформации оказывают значительное влияние на поведение трехслойной панели. Поэтому вторая гипотеза Кирхгофа не используется при построении теорий трехслойных пластин и оболочек. Что касается первого предположения — о не сжимаемости пакета в поперечном направлении — то оно, как правило, не приводит к существенным погрешностям.

Проведем расчет трехслойной панели, содержащей соты ССП-1-2,5 высотой $H = 20$ мм, толщиной стенки $\delta = 0,1$ мм, пределом прочности $[\sigma] = 4,5$ МПа и модулем сдвига $G = 90$ МПа. Толщина несущих слоев $h = 1,5$ мм. Коэффициент Пуассона и модуль Юнга материала несущих слоев $\mu = 0,25$ и $E = 130$ ГПа соответственно. Панель имеет форму окружности диаметром 60 мм.

В результате аналитического расчета определится сила, при которой происходит разрыв по материалу сот $P = 994,41$ Н, максимальный изгибающий момент $M_x = M_y = 832$ Н·м и максимальный крутящий момент $M_{xy} = 312$ Н·м.

В результате эксперимента, сила при которой происходит разрыв по материалу сот $P = 998$ Н, максимальный изгибающий момент $M_x = M_y = 846$ Н·м и максимальный крутящий момент $M_{xy} = 315$ Н·м.

Полученные экспериментальным путем результаты хорошо согласуются с результатами аналитического расчета.

Таким образом, проводимые эксперименты по определению механических характеристик трехслойных панелей можно заменить аналитическими вычислениями.

Литература

1. Панин В.Ф. Конструкции с сотовым наполнителем. — М.: Машиностроение, 1982. — 152 с.
2. Конструкции с наполнителем: Справочник / В.Ф. Панин, Ю.А. Гладков — М.: Машиностроение, 1991. — 272 с.
3. Расчёт трёхслойных конструкций: Справочник / В.Н. Кобелев, Л.М. Коварский, С.И. Тимофеев; Под общ.ред. В.Н. Кобелева. — М.: Машиностроение, 1984. — 304 с.
4. Строительная механика летательных аппаратов / под ред. И.Ф. Образцова. — М.: Машиностроение, 1986. — 536 с., ил.
5. Будник А.П. Прочность конструкции. Расчет крыла: учеб.пособие / Будник А.П., Корольков В.И. — Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. — 100 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВОРОТНЫХ ИНДУКТОСИНОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Федотикова М.В., Гребенюк Е.И.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Индукционные датчики угла с печатными обмотками получили достаточно широкое распространение в различных системах, служащих для измерения с высокой точностью и последующей дистанционной передачи электрических сигналов, пропорциональных угловым перемещениям подвижных систем машин и механизмов. Поворотные индуктосины нашли применение как в системах автоматического управления сложными объектами, так и в системах управления станков с ЧПУ [1], где они обеспечивают точности измерения порядка нескольких угловых секунд при малой потребляемой мощности.

Современные технологии производства индуктосинов с печатными обмотками предполагают применение одного комплекта фотошаблонов, с которых может производиться фотопечать обмоток. Это обеспечивает высокую стабильность параметров качества индуктосинов в условиях серийного производства при невысокой трудоемкости и себестоимости и вполне соответствует требованиям, предъявляемым к изделиям авиационной и космической техники и технологическим процессам их производства.

В докладе приводится методика расчета индуктосинов, которые могут быть использованы в информационно-вычислительных системах управления летательных аппаратов. Дан анализ погрешностей измерения [2].

На основании анализа современных технологий получения печатных обмоток сделан вывод о перспективности технологии лазерного напыления проводников в производстве поворотных индуктосинов с печатными обмотками для систем управления летательных аппаратов.

Литература

1. *Федотов А.В.* Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля: монография / А.В. Федотов. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. — 176 с.
2. *Проворова И.П.* Влияние полей от тангенциальных проводников обмотки возбуждения на формирование методической погрешности измерения поворотного индукционного преобразователя // Рукоп. деп. в Информэлектро, № 2 — эт 05, М., 2005.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СХЕМ ДВУХХОДОВЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕАКТОРОВ

Цыганова В.Д., Савченко Г.Б.

Балтийский государственный технический университет

«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

На основе анализа алгоритма проектирования установок получения водородсодержащего газа для топливных элементов выдвинут ряд предложений по модификации отдельных узлов установки.

Предлагается внедрение ВТР новой конструкции — многоходовой (коаксиальной), которая является развитием известной конструкции по патенту RU №2521377 С2 [6]. Принципиальная схема предлагаемого многоходового ВТР представлена на рис. 1.

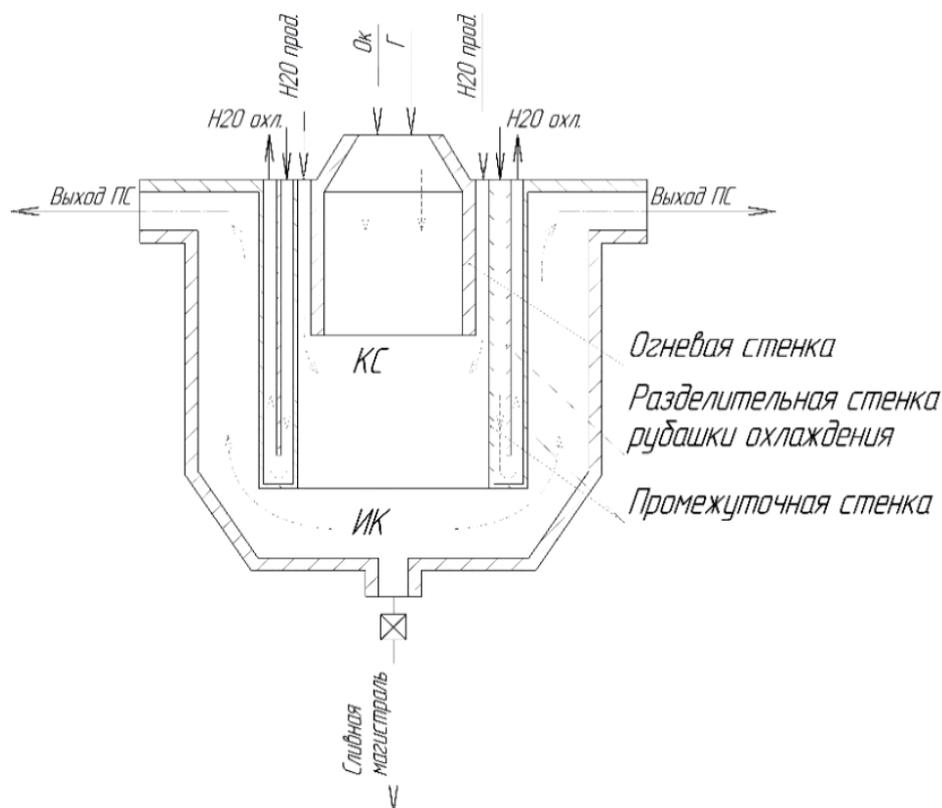


Рис. 1. Схема многоходового (коаксиального) ВТР

В традиционном ВТР камера сгорания (КС) и испарительная камера (ИК) расположены последовательно. В предлагаемой конструкции они располагаются концентрически друг в друге, разделяются цилиндрическим вкладышем. В КС также концентрически помещается внутренний парогенератор для подачи продуктовой воды.

При проектировании двухходового ВТР важно учесть ряд факторов:

- охлаждение элементов конструкции;
- связь количества потребной продуктовой воды с расходом и соотношением

ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ;

- разворот потока продуктов сгорания (ПС);
- интенсивное сажеобразование.

Предложен ряд конструктивных решений, обобщенная схема которых представлена на рис. 2.

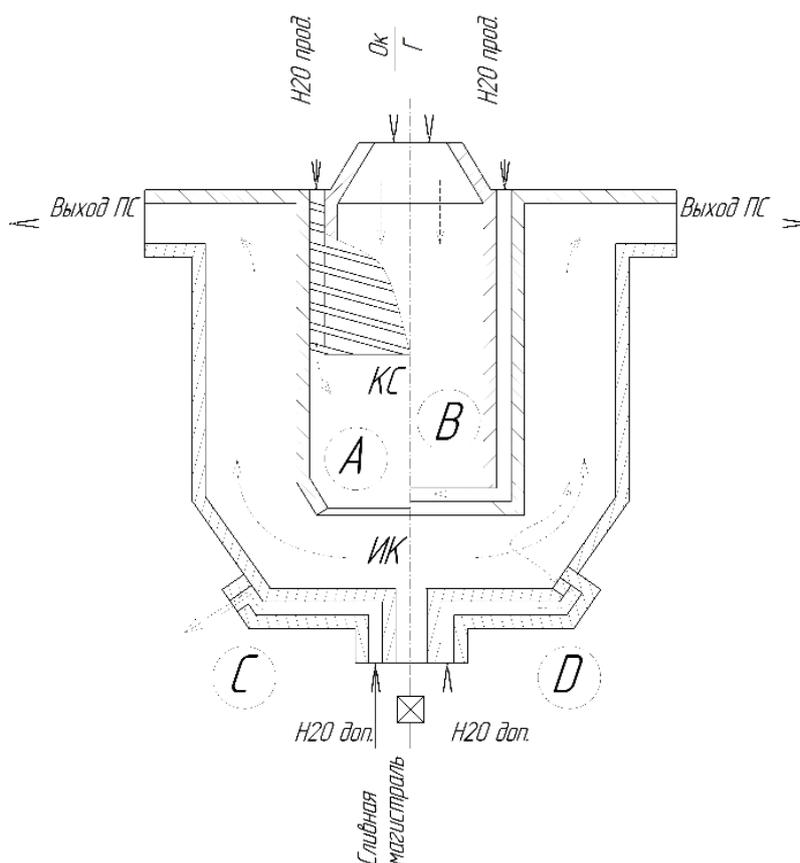


Рис. 2. Собирающая схема конструктивных решений многоходового ВТР: А — вкладыш с воронкой; В — вкладыш с боковой подачей; С — охлаждение днища проточной водой; D — охлаждение днища продуктовой водой с подачей в ВТР.

Рассмотрены варианты реализации охлаждения промежуточной стенки и днища ВТР, описан процесс работы внутреннего парогенератора, предложен ряд конструктивных решений для снижения сажеобразования в ВТР.

Таким образом, предложенная схема поможет не только уменьшить габариты ВТР, но и снизить сажеобразование, а в предельном наиболее благоприятном случае, отказаться от линии подачи воды охлаждения в рубашку промежуточной стенки.

Однако, в отличие от ВТР традиционной схемы, математические модели двух- и более ходовых реакторов на сегодняшний день еще не разработаны. Разработка такой математической модели является следующим этапом работы над данным проектом. По

окончании её нужно будет проверить экспериментально на различных вариантах конструкции, так как часть протекающих процессов не поддается моделированию.

Литература

1. *Аникина В.Д.* Разработка высокотемпературного реактора в составе заправочного комплекса для обеспечения работы беспилотных летательных аппаратов: 13.03.03 Энергетическое машиностроение. — СПб., 2017. — 75 с.

2. *Аникина В.Д., Савченко Г.Б.* Алгоритм проектирования установки получения водородсодержащего газа, как топлива летательных аппаратов // *Материалы X Всероссийской студенческой научно-технической школы-семинара «Аэрокосмическая декада», ОУЦ Алушта, Республика Крым, 26 сентября — 2 октября 2017.* — М.: Изд-во «Доброе слово», 2017. — С. 7 — 9.

3. *Аникина В.Д., Савченко Г.Б.* Результаты анализа алгоритма проектирования установки получения водородсодержащего газа для топливных элементов // *Материалы III Общероссийской научно-технической конференции «Старт-2017» / Балт. гос. техн. ун-т.* — СПб., 2017.

4. *Цыганова В.Д.* Новая схема блока каталитической конверсии СО в установках получения водорода // *Материалы XVI молодежной научно-технической конференции «Взгляд в будущее — 2018».* — СПб.: АО «ЦКБ МТ «Рубин», 2018. — С.18 — 24.

5. *Аникина В.Д.* Конструкция многоходовой камеры сгорания высокотемпературного реактора // *Материалы X Общероссийской молодежной научно-технической конференции «Молодежь. Техника. Космос».* — СПб: БГТУ «Военмех», 2018.

6. Патент №2523824 РФ С01В 3/32 В01J 19/26 Устройство для получения синтез-газа / Филимонов Ю.Н., Анискевич Ю.В. и др., патентообладатель ООО «ВТР» - заявл. №2012130048/05, 06.07.2012, опубл. 27.07.2014, бюл. № 21

РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОДУГОВОГО МИКРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Ячменев П.С.

Омский государственный технический университет

Созданные с участием ОмГТУ корректирующие двигательные установки (КДУ) на аммиаке с электротермическими микродвигателями обладают удельным импульсом тяги до 230 с, при потребляемой мощности до 100 Вт [1]- [3].

Дальнейшее совершенствование аммиачных корректирующих двигательных установок связано с созданием электродугового микродвигателя (ЭДМД) с удельным импульсом тяги более 300 с.

В ОмГТУ создан опытный образец ЭДМД с блоком управления и проведены экспериментальные исследования с использованием в качестве рабочего тела азота на отработочном образце КДУ.

В ЭДМД катод изготовлен из торированного вольфрама, а анод из лантанированного. На катоде установлен завихритель газового потока, выполненный в виде навивки проволоки.

Блок управления работает в диапазоне мощностей от 40 до 160 Вт (верхняя граница потребляемой мощности обусловлена теплофизическими свойствами конструкционных материалов ЭДМД) и 12 — 18 В. Для возбуждения основного дугового разряда в ЭДМД происходит формирование импульсов высокого напряжения до 5 кВ. Формирование импульсов высокого напряжения прекращалось при стабильной работе основного дугового разряда и возобновлялось при нестабильной работе.

Экспериментальные исследования проводились в вакуумной камере с полезным объёмом 0,47 м³. Вакуумная система откачки создавала давление 6 Па перед включением и 60 Па при работе ЭДМД.

Характеристики ЭДМД:

- потребляемая мощность: 150 — 160 Вт;
- время работы — 600 с;
- расход рабочего тела — 15,4 мг/с.

С использованием полученных экспериментальных данных проведены расчеты характеристик ЭДМД.

Получены следующие значения параметров: температура рабочего тела в камере ЭДМД — 3 366 К, удельный импульс тяги — 250 с, тяга — 38,5 мН, расход рабочего тела — 15,4 мг/с при энергопотреблении 150 — 160 Вт.

Результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований с использованием в качестве рабочего тела азота, свидетельствуют о технической возможности создания ЭДМД на аммиаке с потребляемой мощностью 150...160 Вт с удельным импульсом тяги более 300 с.

Литература

1. Блинов В.Н. [и др.] Исследования электротермических микродвигателей корректирующих двигательных установок маневрирующих малых космических

аппаратов: Монография. — Омск: ОмГТУ, 2014. — 264 с.

2. Пат. № 2442011 Российская Федерация, МПК F 02 К 9/68. Электротермический микродвигатель / В.Н. Блинов В.Н. [и др]. – № 2010127372 ; заявл. 02.07.10 ; опубл.10.02.12 ; Бюл. № 4.

3. Пат. № 2538374 Российская Федерация, МПК F 02 К 9/68. Электротермический микродвигатель / В.Н. Блинов [и др]. –заявл. 06.09.13; опубл. 10.01.2015; Бюл. № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
<i>Агапов А.В., Боровиков Д.А., Ионов А.В.</i> Определение характеристик центробежных компрессоров малоразмерных газотурбинных двигателей по заданной геометрии.....	4
<i>Акбашев Д.О.</i> Методика оценки опасности полетной ситуации.....	5
<i>Барышова Е.Д., Крылов Д.К.</i> Возможность создания летательного аппарата с силовой установкой на новых физических принципах.....	6
<i>Борисова И.А., Акилин В.И.</i> Исследование технологии производства навигационного комплекса летательного аппарата с целью повышения качества.....	7
<i>Великородный Р.С., Рыжков В.В.</i> Применение технологии ротационной вытяжки в авиастроении.....	8
<i>Власов А.В., Рипецкий А.В.</i> Планирование аддитивного производства.....	10
<i>Гуцин М.С.</i> Первый регулярный пассажирский авиарейс в России.....	11
<i>Доброва Я.А.</i> Анализ условий труда специалистов в авиационной компании.....	13
<i>Доренская В.И.</i> Космический мусор как глобальная проблема.....	14
<i>Едигарев А.Д., Мустейкис А.И.</i> Проект двигательной установки на базе модернизированного ГТД, обеспечивающей работу систем мобильного газодинамического лазера.....	16
<i>Затолокина А.Р.</i> Профессиональная ориентация школьников.....	17
<i>Каминский Я.В., Левихин А.А.</i> Камера ЖРД малой тяги с улучшенными импульсными характеристиками, адаптированная под аддитивную технологию изготовления.....	19
<i>Константинова Е. П.</i> Аэрокосмический мониторинг наледных явлений на примере малых рек межгорных котловин.....	21
<i>Королев А.И., Рипецкий А.В.</i> Разработка системы замены экструдера для одновременной 3D-печати разными материалами на FFF/FDM принтере.....	22

<i>Кривоносов З.Р., Рыжков В.В.</i> Применение технологии ротационной вытяжки в авиастроении	24
<i>Крылова М.А., Хромихин Д.А.</i> Решение задачи оптимизации количества контрольных точек крупногабаритной космической антенны с помощью моделирования в ANSYS	26
<i>Ларионова А.А.</i> Оптимизация узла крепления лопасти вертолета из композиционных материалов с учетом условий долговечности	29
<i>Мокрова М.И., Евдокименков В.Н., Ким Н.В.</i> Мониторинг пожарной обстановки беспилотными летательными аппаратами	30
<i>Морозов А.И., Николаев А. И., Соколов Н.С.</i> Концепция БПЛА	31
<i>Носова В.С., Меньших В.В., Башарина Т.А., Ильина А.К., Шилов В.Н., Шматов Д.П.</i> Разработка жидкостного ракетного двигателя малой тяги для ракет сверхлегкого класса	32
<i>Падалка М.А., Кохтырев А.С., Кузьмин Г.Н., Соколов Е.И., Побелянский А.В.</i> Применение аддитивных технологий в производстве беспилотных летательных аппаратов.....	35
<i>Пыжикова А.А., Долгов О.С.</i> Исследование параметров авиационной техники для эффективного пожаротушения в условиях глобального изменения климата	38
<i>Ракитский М.Ю.</i> Радиосистема передачи информации с борта БПЛА на КА-ретранслятор	39
<i>Ратькина Д.С.</i> Использование самооценки для анализа деятельности предприятия ..	40
<i>Савельев А.В., Рыжков В.В.</i> Применение ротационной вытяжки при изготовлении ложемента	42
<i>Севоян В. А., Трушляков В.И.</i> К разработке экспериментального стенда по осушке капиллярно-пористой структуры конструкционных элементов ракет	44
<i>Сидельников В.В., Рупецкий А.В.</i> Алгоритм поиска компоновочного решения электронной модели для аддитивного производства	46

<i>Тверкаева А.Э., Рипецкий А.В.</i> Анализ параметров технологической подготовки аддитивного производства агрегатов БПЛА	47
<i>Ткаченко Т.П., Жуков А.А., Пожидаев Е.П.</i> Анизотропия смачивания в ЖК устройствах отображения информации	50
<i>Турнаева А.С., Бордик К.А.</i> История центрального аэрогидродинамического института имени Н.Е. Жуковского	51
<i>Усов С.Н., Анучин М.С., Будник А.П., Некравцев Е.Н.</i> Расчет трехслойной панели	52
<i>Федотикова М.В., Гребенюк Е.И.</i> Исследование возможностей применения поворотных индуктосинов в системах управления летательных аппаратов	54
<i>Цыганова В.Д., Савченко Г.Б.</i> Анализ перспективных схем двухходовых высокотемпературных реакторов	55
<i>Ячменев П.С.</i> Разработка опытного образца электродугового микродвигателя для корректирующих двигательных установок малых космических аппаратов	57