Научная библиотека УлГТУ
Отдел библиотечного обслуживания
Самолетостроительного факультета (ИАТУ)

Проектирование конструкций самолетов



Виртуальная выставка

Процесс проектирования самолетов включает теоретические и методологические основы, а также специфические аспекты весового проектирования. Особое внимание уделяется особенностям разработки пассажирских и транспортных воздушных судов, где наблюдается тенденция к возрастанию их размеров и массы.

1. При проектировании конструкций из высокопрочных композиционных материалов, например трехслойных панелей пола, критически важно учитывать требования жесткости. Разработаны безразмерные критерии оценки жесткости и уравнения связи геометрических параметров таких конструкций с указанным критерием.

2. Современное проектирование авиационных конструкций сталкивается с необходимостью внедрения нелинейных методов вычислительной механики прочности для более точного предсказания развития трещин. Это позволяет решать проблемы численного анализа, связанные с динамическим поведением многослойных конструкций в потоке воздуха и деградацией свойств материалов.

В экспозицию вошли полнотекстовые электронные издания из ЭБС «Лань» и IPR SMART , Научной электронной библиотеки Elibrary , доступ к которым осуществляет наш университет. Для работы необходима предварительная регистрация с IP-адресов УлГТУ



Ларио**нова, Е. В**. Основы конструкции планеров самолётов : учебное пособие / Е. В. Ларионова, Д. Гуереш. - Москва : МАИ, 2026. - 87 с .



В учебном пособии рассмотрены особенности компоновки самолётов и конструкции агрегатов планера самолётов. Приведены описания и порядок проведения лабораторных работ. Для студентов, обучающихся по специальностям 27.03.03 "Системный анализ и управление" и 27.05.01 "Специальные организационно-технические системы", изучающих дисциплину "Устройство летательных аппаратов: конструкция самолётов".



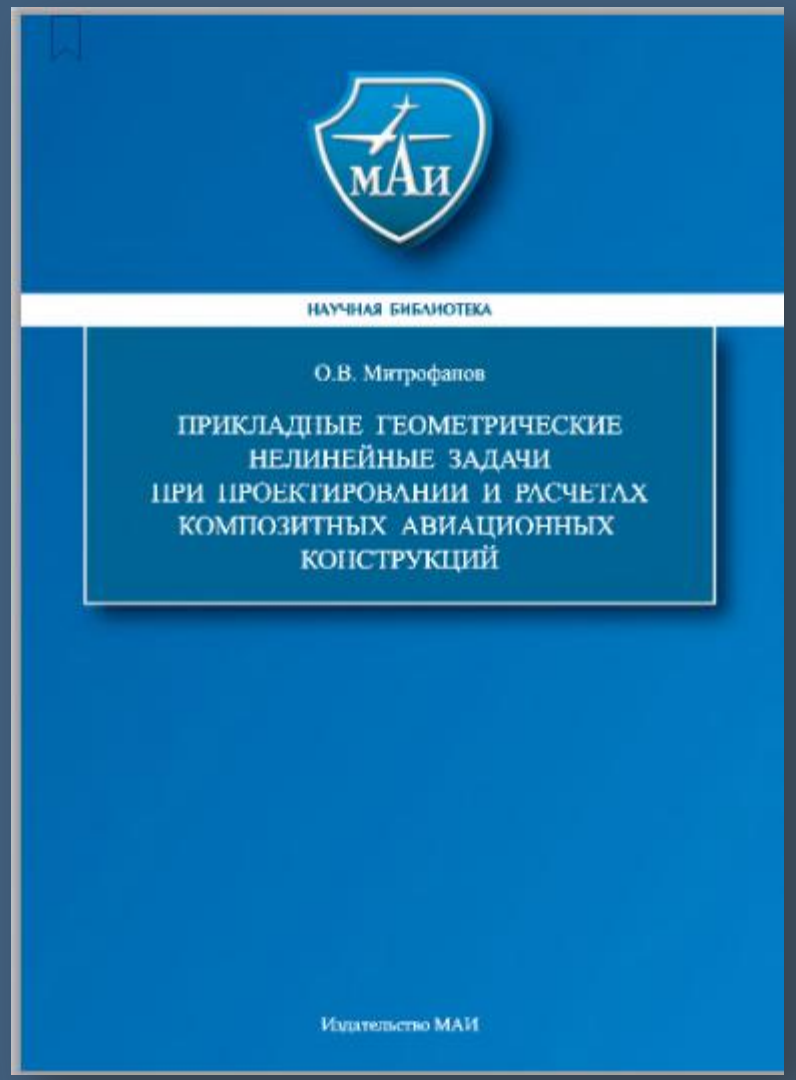
Читать

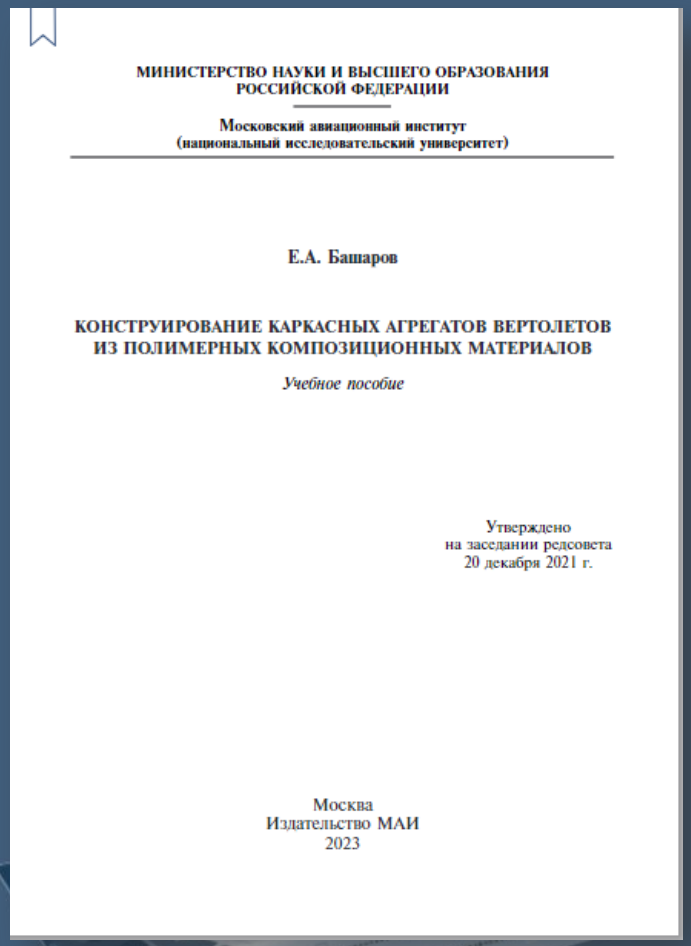
Митрофанов, О. В. Прикладные геометрически нелинейные задачи при проектировании и расчетах композитных авиационных конструкций : монография / О. В. Митрофанов. - Москва : МАИ, 2022. -162 с

В монографии приведены аналитические решения задач по определению напряженно-деформированного состояния при оценке закритического поведения тонких поверхностных дефектов типа расслоений в композитных многослойных панелях. Исходные соотношения учитывают возможную несимметричность структуры расслоения и геометрическую нелинейность при нагружении сжимающими и сдвиговыми потоками. Также в работе дается материал, касающийся проектирования композитных панелей ортотропной структуры с учетом возможного закритического поведения при нагрузках выше эксплуатационного уровня.
Для научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов старших курсов авиационных вузов.



Читать





МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Е.А. Башаров

КОНСТРУИРОВАНИЕ КАРКАСНЫХ АГРЕГАТОВ ВЕРТОЛЕТОВ
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Утверждено
на заседании редсовета
20 декабря 2021 г.

Москва
Издательство МАИ
2023

Башаров, Е. А. Конструирование каркасных агрегатов вертолетов из полимерных композиционных материалов : учебное пособие / Е. А. Башаров. - Москва : МАИ, 2023. - 144 с.

Излагаются методы проектирования, выбора рациональных параметров и расчета на прочность каркасных агрегатов вертолетов из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Рассмотрены принципы и допущения при проектировании с учетом особенностей свойств композитов и изложены отдельные методы проектировочного и прочностного расчетов ряда вертолетных конструкций на этапе первоначального проектирования с учетом специфики их работы. Приведены примеры расчетов. Учебное пособие соответствует курсу, читаемому для студентов по направлению 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» и специальности «Вертолетостроение». Предназначено для студентов конструкторских специальностей, может быть полезно инженерам-механикам и конструкторам, занимающимся вопросами проектирования.

Читать



Демидов, А. С. Конструкция основных камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей : учебное пособие / Демидов А. С.,Коцюбинский С. В.,Иванов И. Г. - Москва : МАИ, 2022. - 67 с.

Учебное пособие содержит описания конструкций и чертежи основных камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей. Оно предназначено для подготовки специалистов по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», но может также быть полезным при подготовке бакалавров по специальности 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов». Пособие может быть использовано при проведении лабораторных работ, практических занятий, а также в процессе курсового и дипломного проектирования.

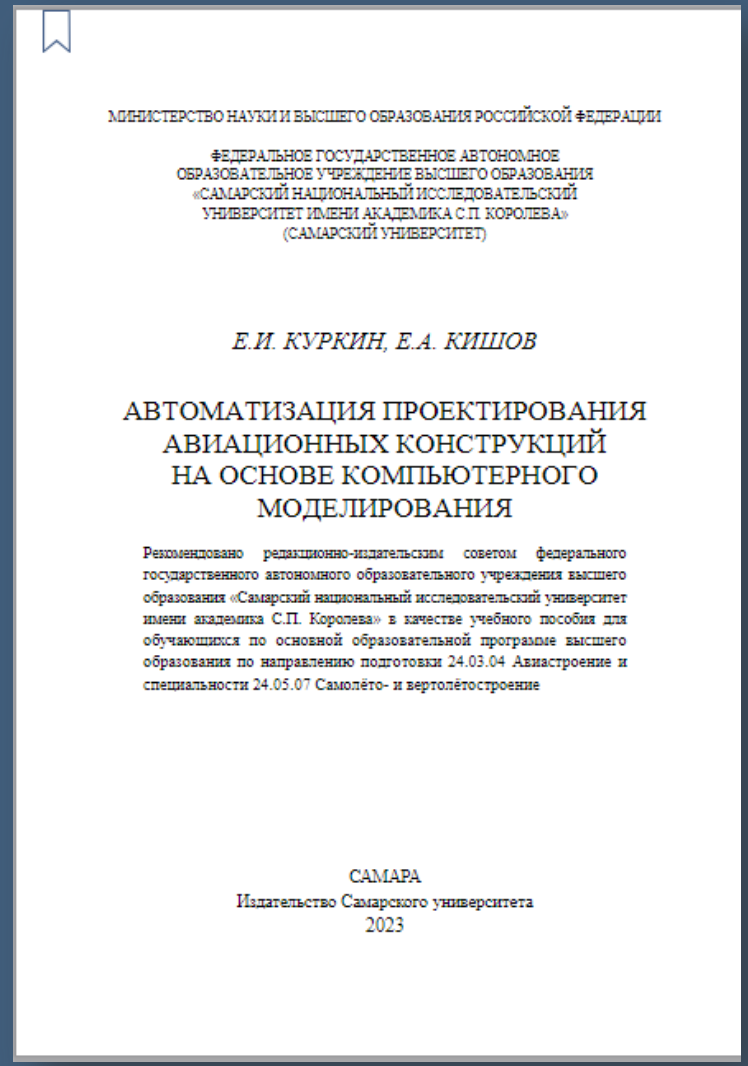
Читать

Куркин, Е. И. Основы разработки программного обеспечения для автоматизированного проектирования авиационных конструкций : учебное пособие / Е. И. Куркин, Е. А. Кишов.-Самара : Самарский университет, 2023. - 72 с.

Предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 24.03.04, 24.04.04 Авиастроение и специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение и может быть использовано для изучения дисциплин «Технология программирования на языках высокого уровня», «Математическое моделирование технических систем», «Вычислительный эксперимент в авиационной технике», «Численные методы решения инженерных задач». Представлен конспект лекций, позволяющий сформировать у студентов знания о программировании на языках высокого уровня MATLAB и APDL, используемых для автоматизации проектирования и инженерных расчетов с использованием компьютерного моделирования. Подготовлено на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.



Читать



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

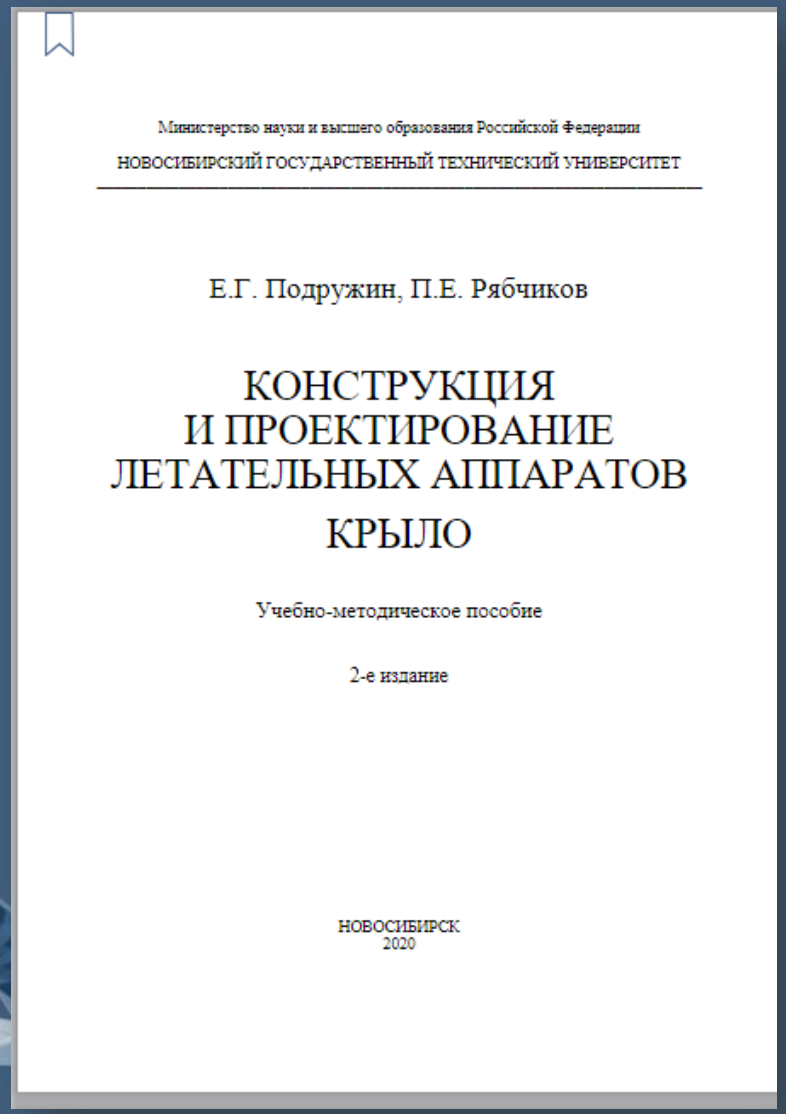
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА» (САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Е.И. КУРКИН, Е.А. КИШОВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 24.03.04 Авиастроение и специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение

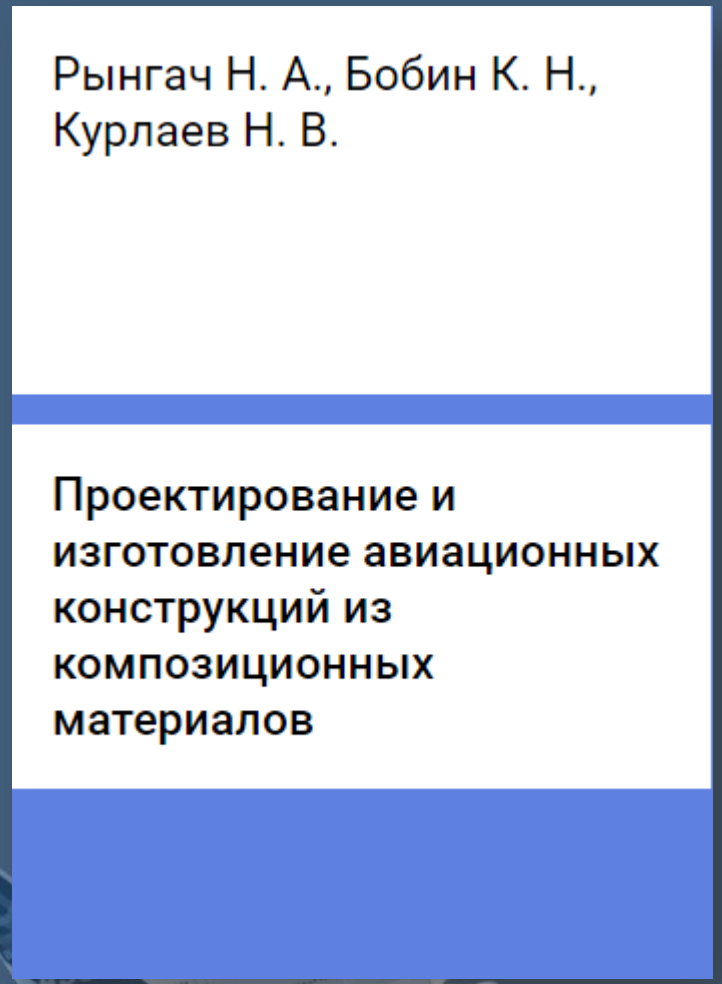
САМАРА
Издательство Самарского университета
2023



Подружин, Е. Г. Конструкция и проектирование летательных аппаратов. Крыло : учебно-методическое пособие / Е. Г. Подружин, П. Е. Рябчиков. - 2-е изд. - Новосибирск : НГТУ, 2020. - 116 с.

В пособии подробно разобран раздел курса «Конструкция и проектирование летательных аппаратов», посвящённый крылу. Рассматриваются конструкция элементов, механизация крыла, вопросы усиления в местах нагрузок и у вырезов, соединения деталей, а также технология производства элементов.

Читать

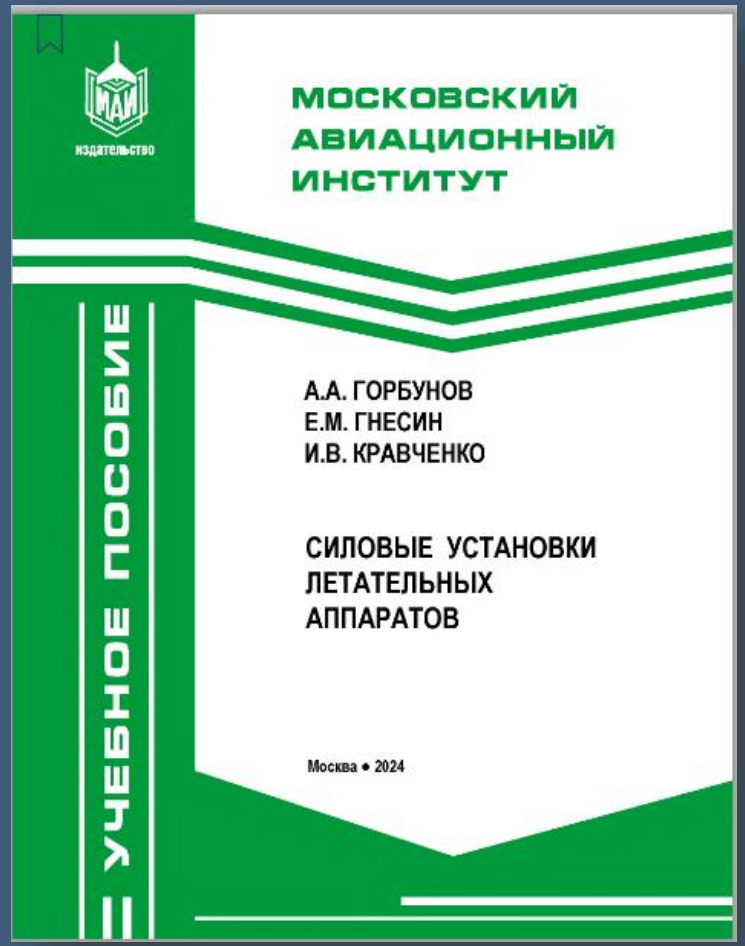


Рынгач, Н. А. Проектирование и изготовление авиационных конструкций из композиционных материалов : учебное пособие / Н. А. Рынгач, К. Н. Бобин, Н. В. Курлаев. - Новосибирск : НГТУ, 2019. - 84 с.

В учебном пособии описаны применение композиционных материалов в производстве летательных аппаратов, свойства композиционных материалов и их исходных компонентов, а также технологии изготовления изделий из композиционных материалов, их механической обработки и сборки готовых конструкций. В пособии изложена технология производства стеклянных, углеродных, борных и органических волокон, описаны основные полимерные матрицы, а также технология формования. Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» и «Авиастроение».

Читать

Горбунов, А. А. Силовые установки летательных аппаратов : учебное пособие / А. А. Горбунов, Е. М. Гнесин, И. В. Кравченко. - Москва : МАИ, 2024. -190 с.



Излагаются основы теории входных устройств, компрессоров, турбин, камер сгорания и выходных устройств воздушно-реактивных двигателей. ВРД рассматривается как тепловая машина и движитель. Дана классификация и принцип действия авиационных двигателей различных типов. Рассматриваются вопросы рабочего процесса и характеристик основных типов авиационных газотурбинных двигателей: ТРД, ТРДД, ТВД, ТРДФ, ТРДДФ. Для студентов, обучающихся по специальностям “Самолето- и вертолетостроение”, “Авиастроение”.



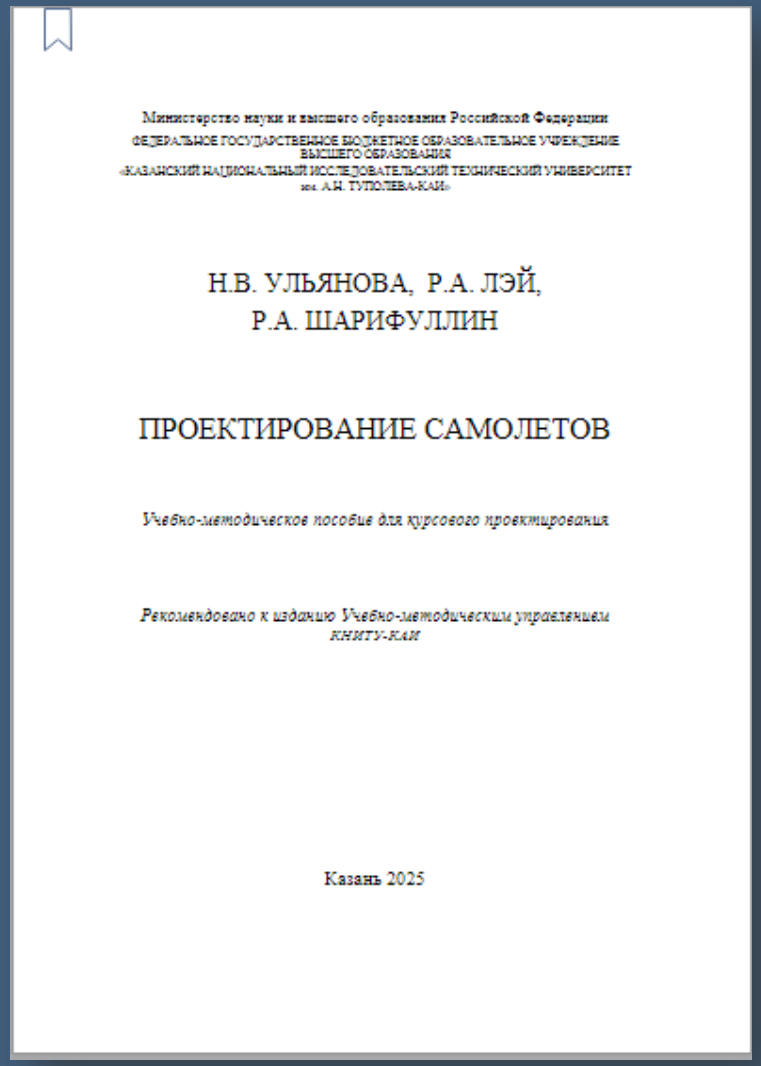
Читать

Ульянова, Н. В. Проектирование самолетов : учебно-методическое пособие / Н. В. Ульянова, Р. А. Лэй, Р. А. Шарифуллин. - Казань : КНИТУ-КАИ, 2025. - 88 с.

Приведены основные принципы проектирования самолетов, подробные методика выбора основных параметров и алгоритм расчетов; в приложении содержатся примеры оформления графической части работы и дана справочная информация на основании основных стандартов авиационной промышленности. Предназначено для обучающихся очной формы обучения специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение»



Читать



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

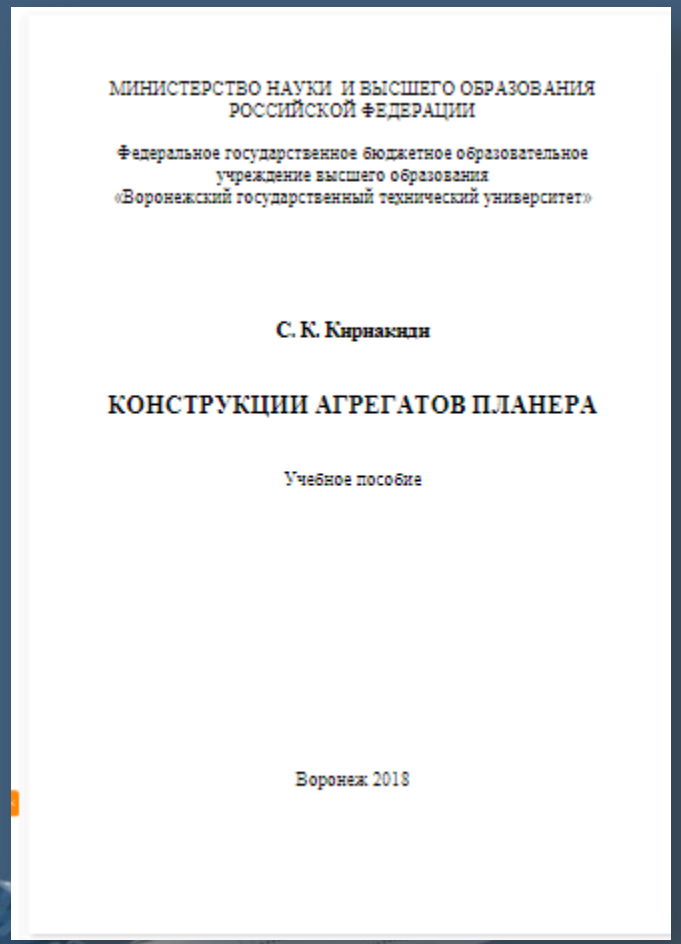
Н.В. УЛЬЯНОВА, Р.А. ЛЭЙ,
Р.А. ШАРИФУЛЛИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОЛЕТОВ

Учебно-методическое пособие для курсового проектирования

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим управлением КНИТУ-КАИ

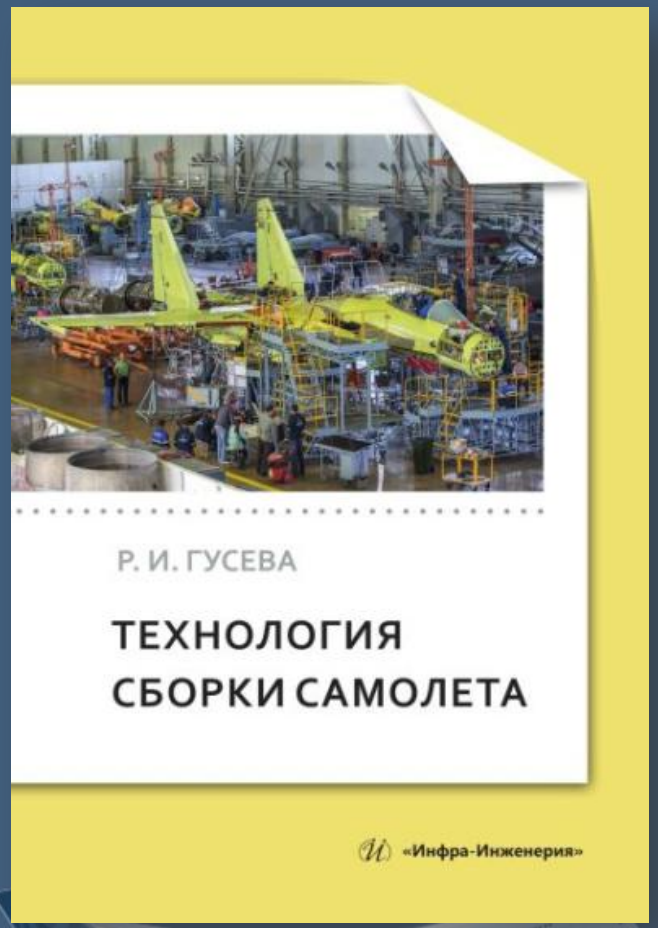
Казань 2025



Кириакиди, С. К. Конструкции агрегатов планера : учебное пособие / С. К. Кириакиди. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. - 101 с.

Учебное пособие включает все необходимые теоретические разделы по дисциплине «Конструкции агрегатов планера». Представлены необходимые сведения по узловому и детальному проектированию элементов каркаса. Даны оценки различных вариантов с точки зрения весовой отдачи конструкции и её надёжности. Представленный материал даёт возможность углубленного изучения основных агрегатов и узлов самолёта в агрегатном сравнении различных схем. Может быть использован при курсовом и дипломном проектировании, а также при самостоятельном изучении конструкции. Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.07 «Самолетостроение», дисциплине «Конструкции агрегатов планера».

Читать



Гусева, Р. И. Технология сборки самолета : учебное пособие / Р. И. Гусева. -Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. -180 с.

Рассмотрены особенности сборочных работ при производстве гражданских и военных самолетов. Поэтапно представлены теоретические основы сборки узлов и агрегатов планера самолета и их практическое применение: способы базирования при сборке отдельных узлов и агрегатов; вопросы обеспечения взаимозаменяемости узлов и агрегатов планера самолета для оптимальной сборки планера самолета и замены узлов и агрегатов в процессе технического обслуживания самолета; варианты сборочной технологической оснастки для сборочных работ; основные сведения по применению прогрессивного оборудования для сборочных и стыковочных работ. Представлены технологии сборки отдельных сборочных единиц (лонжерона, нервюр, панелей подкрепленных и трехслойных, носового отсека фюзеляжа, отъемной части крыла, элерона), вопросы изготовления и использования сотовых и пенопластовых заполнителей. Для студентов специальности «Самолето- и вертолетостроение» со специализацией «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» и по направлению «Авиастроение» по профилю «Самолетостроение». Может быть использовано в качестве справочного и рекомендательного материала для составления технологических процессов сборки узлов и агрегатов планера самолета на серийных предприятиях.

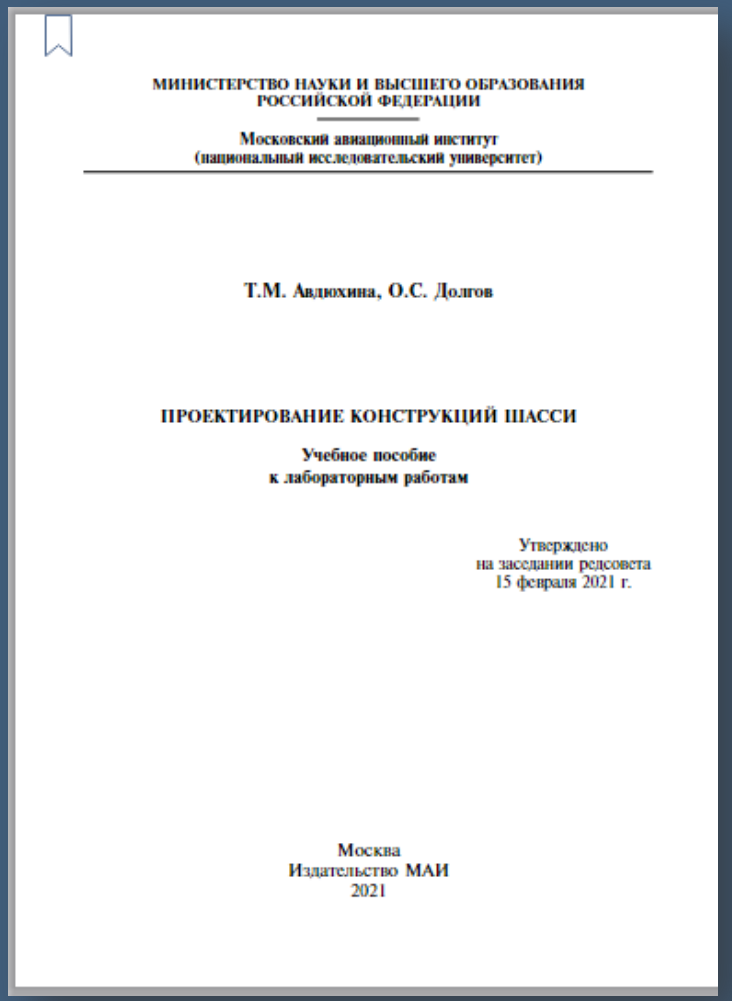
Читать

Авдюхина, Т. М. Проектирование конструкций шасси : учебное пособие / Т. М. Авдюхина, О. С. Долгов. - Москва : МАИ, 2021. - 71 с.

Учебное пособие содержит теоретический материал для выполнения комплекса лабораторных работ «Проектирование шасси самолета». Подробно рассматривается выполнение лабораторных работ на примере одного из вариантов, выдаваемых преподавателем индивидуально каждому студенту. По решению преподавателя вариант задания для лабораторных работ может быть вариантом задания для курсового проектирования по шасси. Такой вариант может быть заданием из учебно-методического пособия или индивидуальным заданием — как разработка стойки шасси самолета, выбранного в качестве объекта для дипломного проектирования. Для студентов очной и очно-заочной форм обучения специальностей «Авиастроение» и «Самолёто — и вертолетостроение».



Читать



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Т.М. Авдюхина, О.С. Долгов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ШАССИ

Учебное пособие
к лабораторным работам

Утверждено
на заседании редсовета
15 февраля 2021 г.

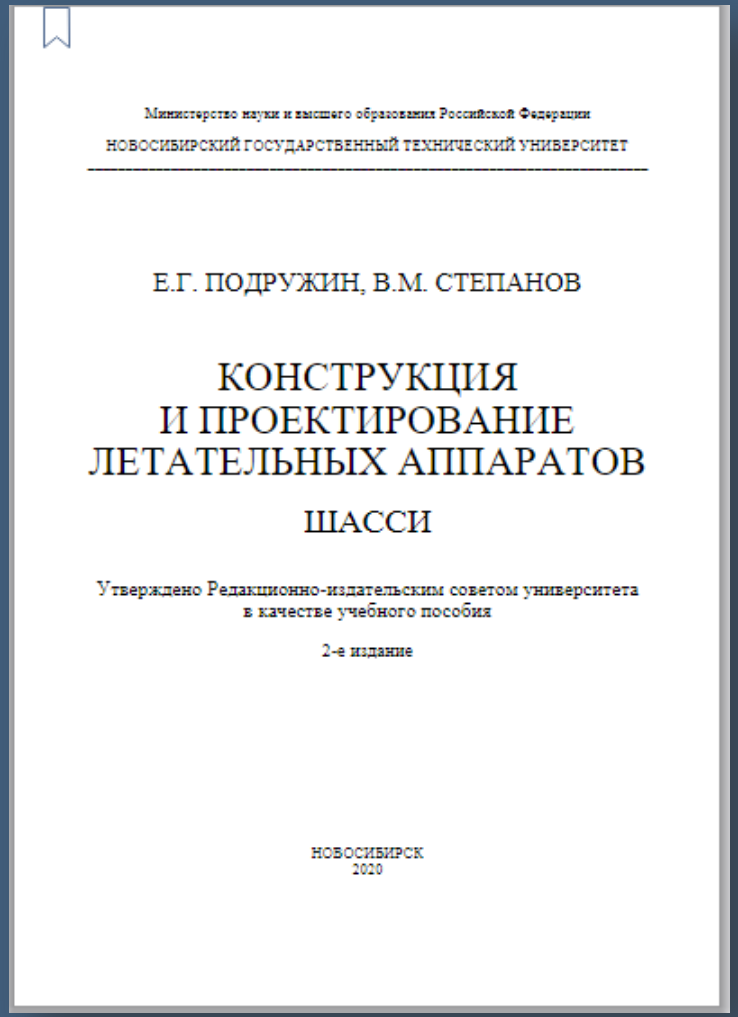
Москва
Издательство МАИ
2021

Подружин, Е. Г. Конструкция и проектирование летательных аппаратов. Шасси : учебное пособие / Е. Г. Подружин, В. М. Степанов. - 2-е изд. - Новосибирск : НГТУ, 2020. - 68 с .

Приведены описания конструкций шасси реальных самолетов, серийно выпускавшихся отечественной авиапромышленностью: МиГ-15 УТИ, МиГ-19, Су- 7Б, Су-25. На примере этих летательных аппаратов проанализированы и описаны конструктивно-силовые, кинематические схемы убирающихся стоек шасси, компоновочные решения, применявшиеся в конструкциях материалы. Рассмотрены амортизирующие устройства шасси. Помимо использования в учебном курсе «Конструкция и проектирование летательных аппаратов» пособие будет полезным при выполнении курсовых и дипломных проектов, связанных с проектированием самолетов, поскольку содержит обширный материал, касающийся испытанных практикой схемных решений, примеры конструктивного исполнения наиболее ответственных узлов и агрегатов планера. Настоящее пособие поможет также студентам при лабораторных работах, отчет по которым необходимо выполнять в виде технического описания конструкции и работы агрегатов в соответствии с требованиями ЕСКД. Все эскизы следует выполнять в масштабе, от руки на миллиметровке либо с использованием графических пакетов (например, Solid Work, AutoCAD, Компас и т. п.). Кроме книг, указанных в библиографическом списке, необходимо пользоваться техническими описаниями самолетов МиГ-19, МиГ-15, Су-7Б, Су-25.



Читать



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Е.Г. ПОДРУЖИН, В.М. СТЕПАНОВ

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

ШАССИ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

2-е издание

НОВОСИБИРСК
2020



Лаврентьева, М. В. Конструкторское и технологическое проектирование : учебное пособие / М. В. Лаврентьева, Т. В. Божеева, В. В. Мироненко. - Иркутск : ИРНИТУ, 2023. -266 с.

Соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки «Самолето- и вертолетостроение». Курс «Конструкторское и технологическое проектирование» является вводным в технологию самолетостроения и включает большое количество разнообразных процессов, начиная от изготовления заготовок и кончая подготовкой самолета к летным испытаниям. Приведены практические примеры использования компьютерных программ для моделирования и проектирования самолетов. Предназначено для студентов, изучающих данный курс в рамках программы кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники ФГБОУ ВО «ИРНИТУ».

Читать

Титов, А. Н. Проектирование боевых самолетов. Зарубежный опыт / А. Н. Титов. - Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 332 с.



Книга посвящена проектированию современных боевых самолетов, выбору их формы и ее аэродинамическому обоснованию. Представлен опыт аэродинамического проектирования, воплощенный в самолетах последних десятилетий. Прослеживается история главных новшеств – сверхкритические профили, правило площадей, маневренные закрылки, крылья изменяемой стреловидности и концепция самолетов с конфигурацией, определяемой системой управления. Рассматривается поведение боевого самолета при больших углах атаки, вызывающих необходимость обеспечения устойчивости и управляемости с использованием влияния всех основных элементов самолета: крыла, фюзеляжа, воздухозаборников, горизонтального и вертикального оперения, средств механизации крыла, играющих роль также в процессе активного маневрирования. Это показано не только в рамках теории и на примере экспериментальных исследований, но и в реальных конструкциях. Для студентов аэрокосмических специальностей вузов и университетов, для специалистов авиационных НИИ и КБ, а также энтузиастов и любителей авиации.



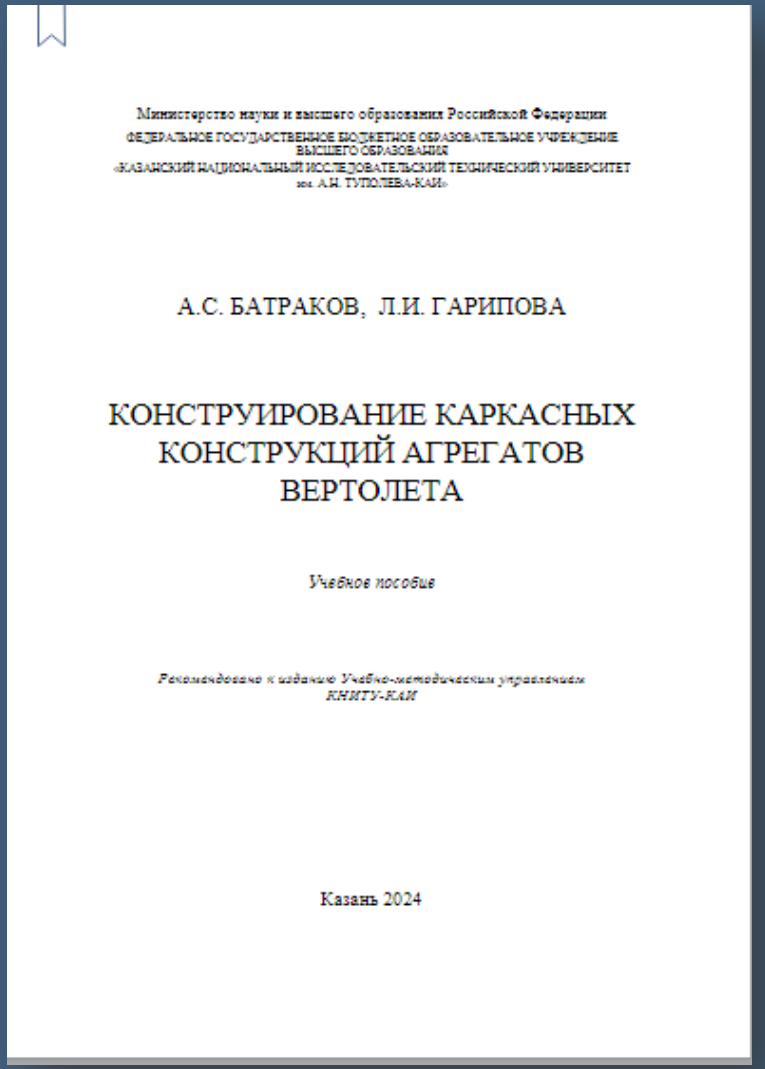
Читать

Бат**раков, А. С**. Конструирование каркасных конструкций агрегатов вертолета : учебное пособие / А. С. Батраков, Л. И. Гарипова. -Казань : КНИТУ-КАИ, 2024. - 64 с.

Изложены краткие сведения о реализованных в опытном и серийном производствах винтокрылых летательных аппаратов, рассматриваются основы конструирования и проектирования каркасных агрегатов, представлена классификация их типовых элементов и видов соединений, а также конструктивно-силовые схемы фюзеляжей винтокрылых летательных аппаратов.



Читать



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

А.С. БАТРАКОВ, Л.И. ГАРИПОВА

КОНСТРУИРОВАНИЕ КАРКАСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АГРЕГАТОВ ВЕРТОЛЕТА

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим управлением КНИТУ-КАИ

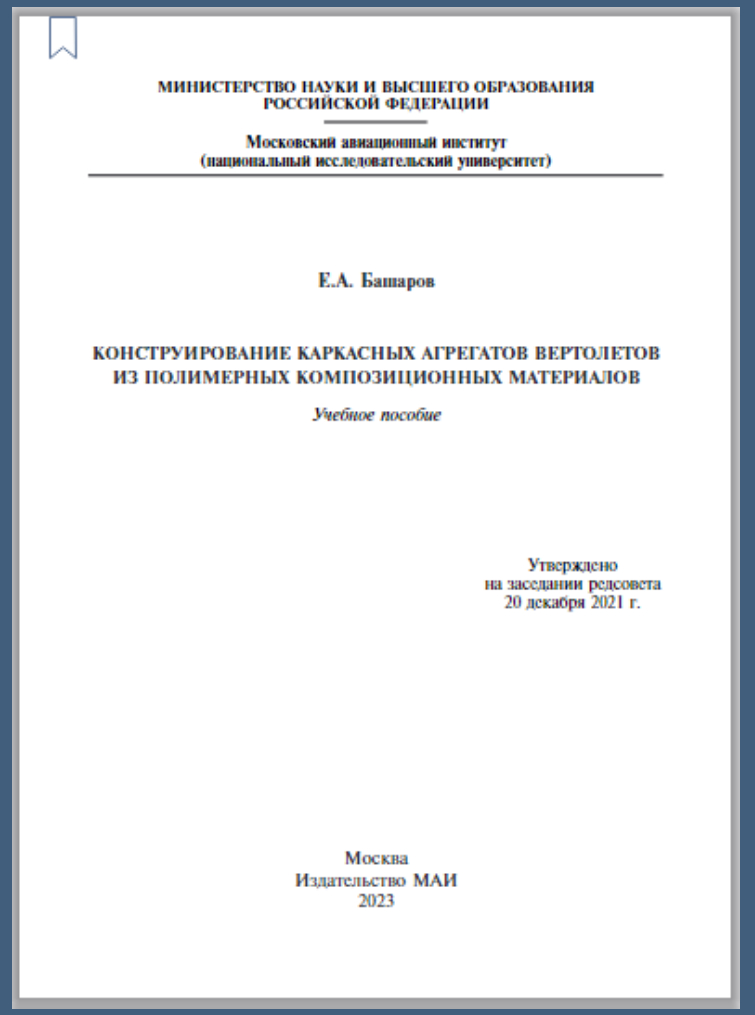
Казань 2024

Башаров, Е. А. Конструирование каркасных агрегатов вертолетов из полимерных композиционных материалов : учебное пособие / Е. А. Башаров. - Москва : МАИ, 2023. - 144 с.

Излагаются методы проектирования, выбора рациональных параметров и расчета на прочность каркасных агрегатов вертолетов из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Рассмотрены принципы и допущения при проектировании с учетом особенностей свойств композитов и изложены отдельные методы проектировочного и прочностного расчетов ряда вертолетных конструкций на этапе первоначального проектирования с учетом специфики их работы. Приведены примеры расчетов. Учебное пособие соответствует курсу, читаемому для студентов по направлению 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» и специальности «Вертолетостроение». Предназначено для студентов конструкторских специальностей, может быть полезно инженерам-механикам и конструкторам, занимающимся вопросами проектирования.



Читать



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

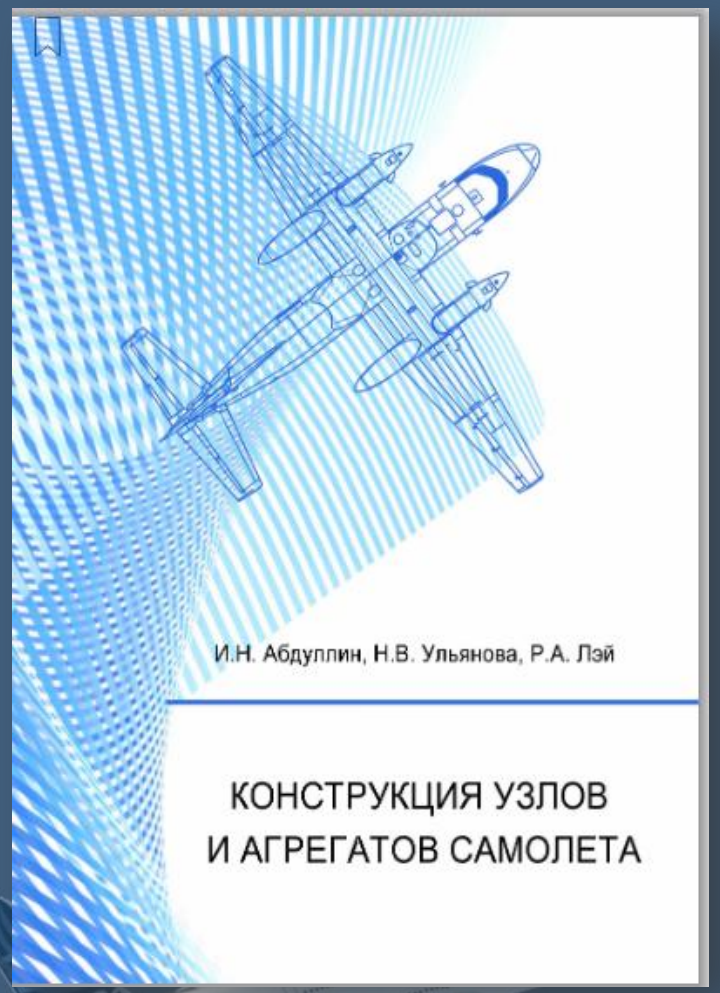
Е.А. Башаров

КОНСТРУИРОВАНИЕ КАРКАСНЫХ АГРЕГАТОВ ВЕРТОЛЕТОВ
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Утверждено
на заседании редсовета
20 декабря 2021 г.

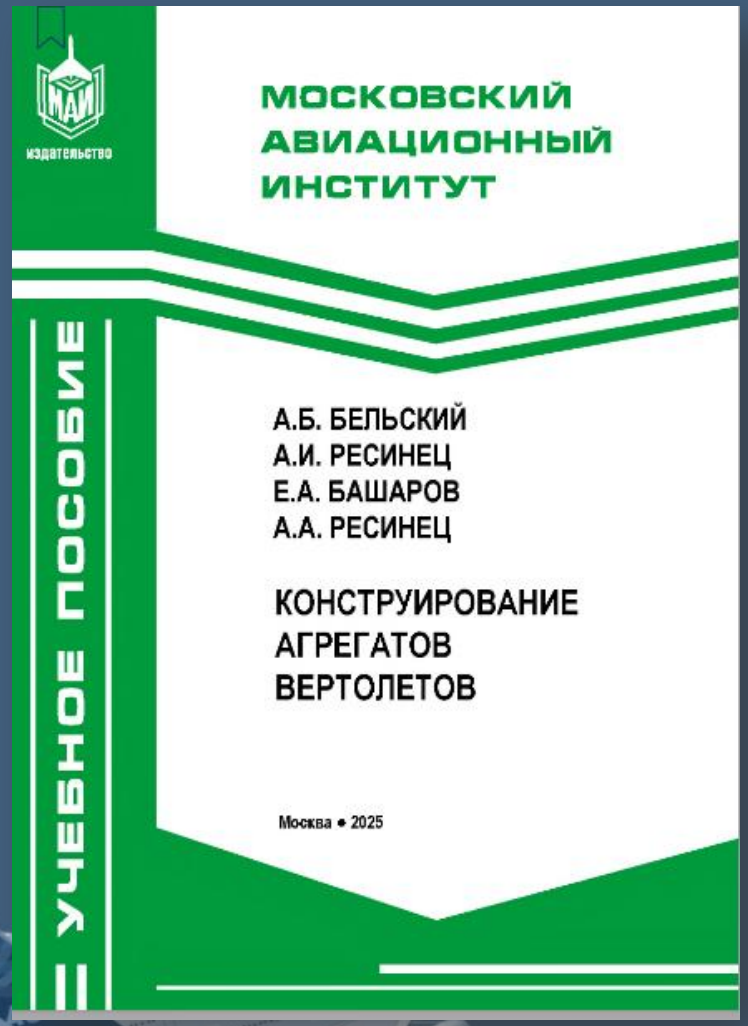
Москва
Издательство МАИ
2023



Абдуллин, И. Н. Конструкция узлов и агрегатов самолета : учебно-методическое пособие / И. Н. Абдуллин, Н. В. Ульянова, Р. А. Лэй. - Казань : КНИТУ-КАИ, 2022. -68 с

Изложена подробная методика разработки агрегатов летательного аппарата, приведены расчеты на прочность, позволяющие определить сечения силовых элементов проектируемых агрегатов, а также алгоритм выбора материалов, отвечающих данным прочностным условиям. Предназначено обучающимся направления подготовки 24.04.04 Авиастроение, выполняющим курсовой проект по дисциплине «Конструкция узлов и агрегатов самолетов».

Читать

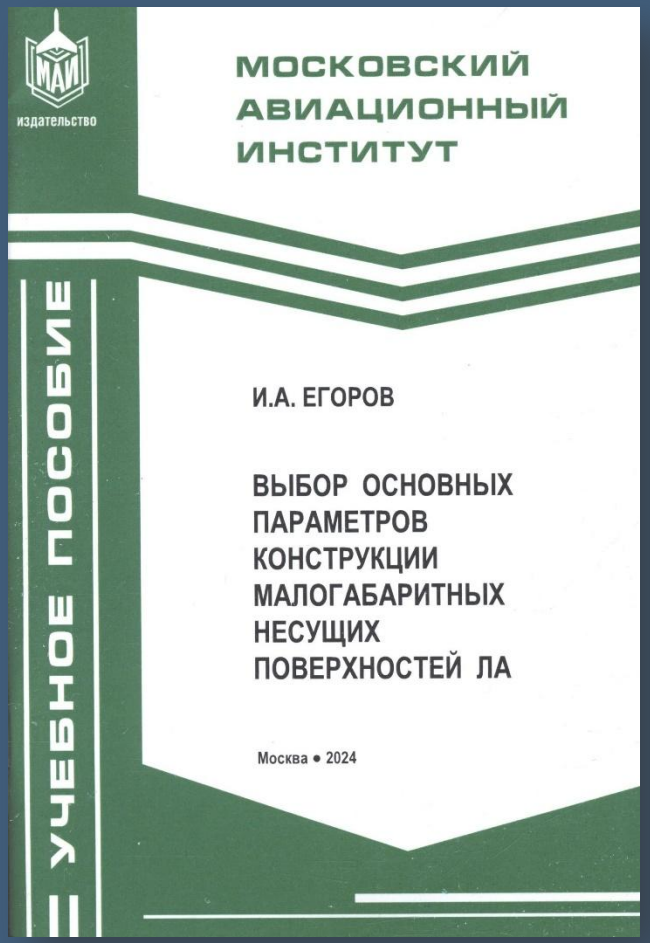


Конструирование агрегатов вертолетов : учебное пособие / А. Б. Бельский, А. И. Ресинец, Е. А. Башаров, А. А. Ресинец. - Москва : МАИ, 2025. - 103 с

В предлагаемом учебном пособии приведены описания конструкции главных редукторов современных отечественных и зарубежных вертолетов по курсу “Конструкция вертолетов”. Рассмотрены главные редукторы и агрегаты, устанавливаемые на отечественных серийных вертолетах одновинтовой схемы с рулевым винтом Московского вертолетного завода им. М.Л. Миля (АО “МВЗ им. М.Л. Миля”), Казанского вертолетного завода (АО “КВЗ”) и соосных вертолетов Ухтомского вертолетного завода им. Н.И. Камова (АО “Камов”). Рассмотрены общие требования, крепление к фюзеляжу и нагрузки, действующие на редуктор при эксплуатации вертолетов. Дан анализ различным типам и конструктивно-силовым схемам агрегатов и узлов трансмиссии различных типов вертолетов. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 24.05.07 “Самолето- и вертолетостроение” и специализации “Вертолетостроение”. Может быть полезно для специалистов вертолетостроительной отрасли и инженеров.

Читать

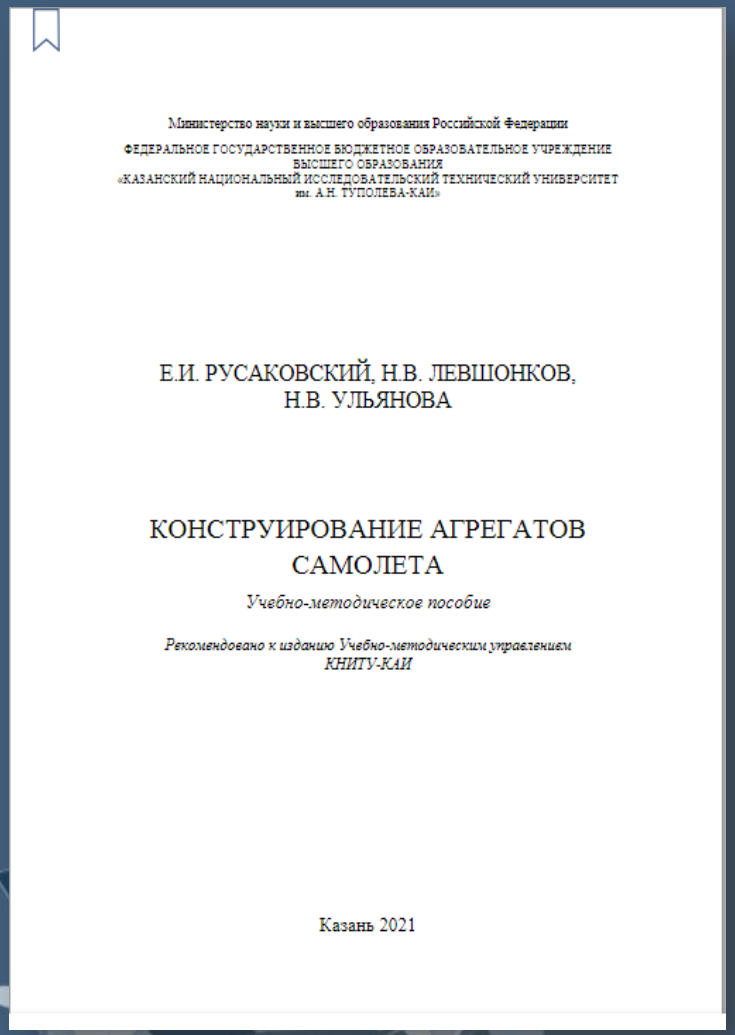
Егоров, И. А. Выбор основных параметров конструкции малогабаритных несущих поверхностей летательных аппаратов : учебное пособие / И. А. Егоров. -Москва : МАИ, 2024.-51 с.



Учебное пособие посвящено начальным этапам проектирования конструкций: выбору основных параметров и конструкционного материала, распределению нагрузок по поверхности несущих поверхностей и определению действующих напряжений. Используются упрощённые методики прочностного расчёта. Содержатся рекомендации по выбору конструкционных материалов в зависимости от рабочей температуры и технологии изготовления. Рассмотрены особенности расчёта несущих поверхностей сотовой конструкции и решётчатых несущих поверхностей. Для студентов, обучающихся по специальности "Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов" и изучающих дисциплину "Инженерные методы проектирования конструкций летательных аппаратов".



Читать



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

Е.И. РУСАКОВСКИЙ, Н.В. ЛЕВШОНКОВ,
Н.В. УЛЬЯНОВА

КОНСТРУИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА

Учебно-методическое пособие

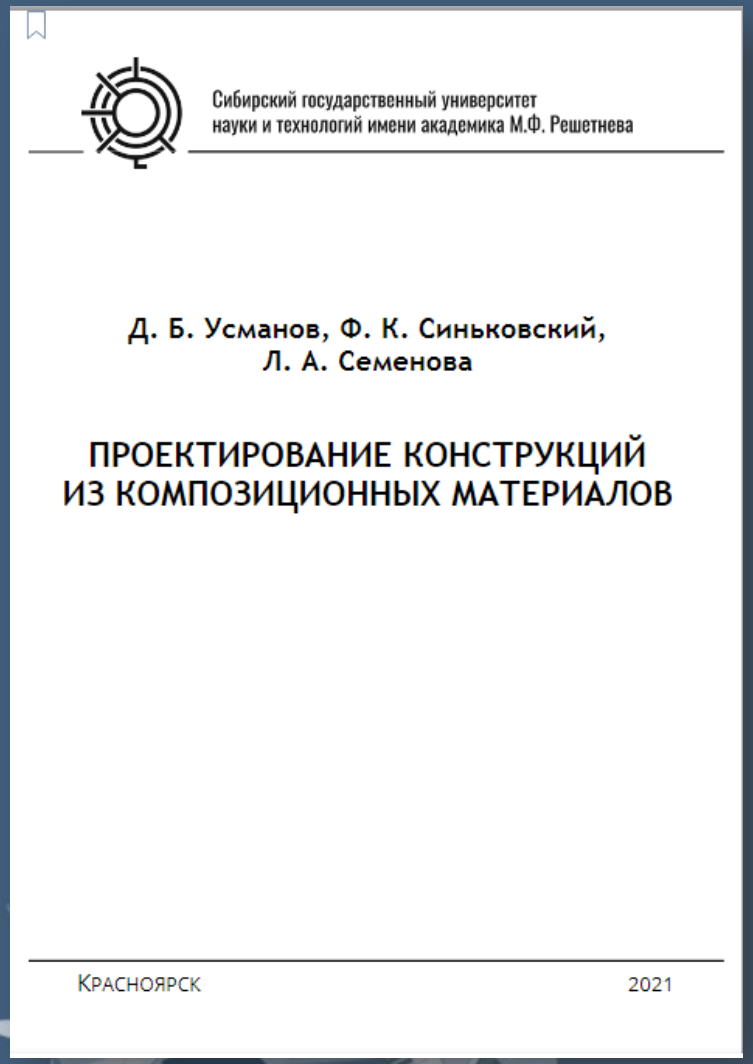
Рекомендовано к изданию Учебно-методическим управлением КНИТУ-КАИ

Казань 2021

Русаковский, Е. И. Конструирование агрегатов самолетов : учебно-методическое пособие / Е. И. Русаковский, Н. В. Левшонков, Н. В. Ульянова. - Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. - 68 с.

Содержание учебно-методического пособия удобено для самостоятельной работы студентов при выполнении курсового проекта и выпускной квалификационной работы. Содержит материалы справочного характера, адаптированные к учебному процессу, поэтому официальным справочным материалом служить не могут. Представлены материалы, необходимые для рабочего конструирования агрегатов, узлов и соединений летательного аппарата. Собран перечень основных рекомендаций, указаний и требований с учетом используемых технологических процессов, и материалов. Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 24.03.04 «Авиастроение». Нацелено на повышение качества конструкторской подготовки студентов

Читать



Усманов, Д. Б. Проектирование конструкций из композиционных материалов : учебное пособие / Д. Б. Усманов, Ф. К. Синьковский, Л. А. Семенова. - Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021. - 218 с.

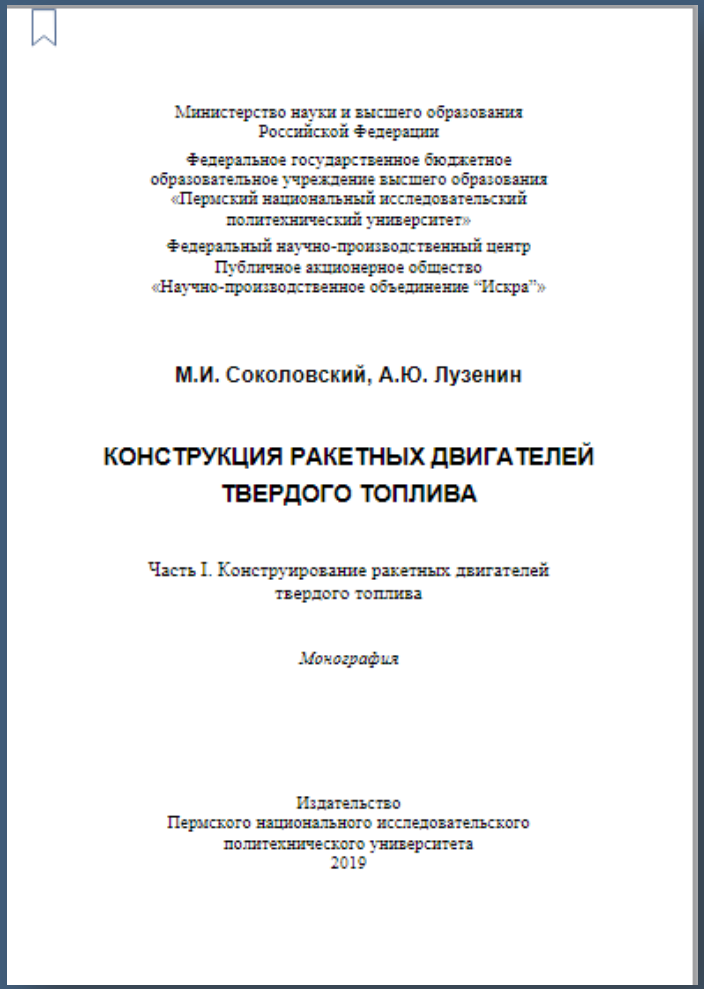
Рассмотрены факторы, определяющие свойства композитов, кинематика оболочек, конечно-элементный анализ слоистых материалов, моделирование реальных конструкций, соединения в композитных конструкциях и механика сотовых панелей, а также перспективные методы исследования сотовых заполнителей. Предназначено студентам, обучающимся по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» очной формы обучения.

Читать

Соколовский, М. И. Конструкция ракетных двигателей твердого топлива : монография : в 4 частях / М. И. Соколовский, А. Ю. Лузенин. - Пермь : ПНИПУ, 2019 - Часть 1 : Конструирование ракетных двигателей твердого топлива - 2019. - 432 с.

Монография представлена в 4 частях и содержит актуализированный материал по проектированию, технологии изготовления и методологии экспериментальной отработки РДТТ.

Рассмотрены классификация и область применения ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ), этапы развития, пути и перспективы совершенствования РДТТ. Представлены варианты конструктивно-компоновочных схем маршевых РДТТ, стартово-разгонных двигательных установок, вспомогательных РДТТ и РДТТ космических аппаратов. Проанализированы требования, влияющие на выбор конструктивных решений, изложены аспекты проектирования корпусов типа «кокон», выполненных из композиционных материалов методом непрерывной намотки, описаны варианты конструктивного исполнения органов управления вектором тяги. Особое внимание уделено конструированию поворотных сопловых блоков и сопел с изменяемой геометрией, позволяющих значительно увеличить энергетические характеристики двигателя при сохранении его габаритных параметров. Также рассмотрены материаловедческие вопросы выбора конструкционных, теплозащитных и эрозионно-стойких материалов для элементов составных частей корпусов и сопловых блоков РДТТ. Предназначено для специалистов в области проектирования и эксплуатации авиационных и ракетных двигателей.



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

Федеральный научно-производственный центр
Публичное акционерное общество
«Научно-производственное объединение “Искра”»

М.И. Соколовский, А.Ю. Лузенин

КОНСТРУКЦИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Часть I. Конструирование ракетных двигателей
твердого топлива

Монография

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2019

Читать

Дробышевский, В. Г. Технологические основы проектирования оснастки для сборки агрегатов самолетов : учебное пособие / В. Г. Дробышевский, Н. В. Калинина, П. Л. Спехов. - Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2024. - 105 с.



Рассматривается объем,структура и содержание выпускной квалификационной работы (ВКР) технологического направления при проектировании агрегатов и общей сборки самолетов.Приведены справочные материалы по расчету технико-экономических показателей проектируемого цеха (участка), определению трудоемкости и себестоимости изготовления и оснащения агрегата (самолета).Представлены материалы, необходимые для рабочего конструирования агрегатов, узлов и соединений летательного аппарата.



Читать



Гусева, Р. И. Конструкция и прочность летательных аппаратов: основы расчета самолета на прочность : учебное пособие для СПО / Р. И. Гусева. - Саратов : Профобразование, 2022. - 77 с.

Учебное пособие содержит теоретические сведения о расчете нагрузок на конструкцию самолета и отдельных его частей на прочность под действием аэродинамических нагрузок. Показаны перегрузки, которые испытывает самолет в полете, при посадке и взлете; нагрузки, действующие в полете; расчетные случаи нагружения для крыльев (прямых, трапециевидных и стреловидных). Рассмотрены варианты уравновешивания фюзеляжа в полете. Приведены примеры расчета на прочность нервюр, механизации крыла, элеронов крыла. Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 25.02.06 «Производство и обслуживание авиационной техники», изучающих дисциплину «Конструкция и прочность летательных аппаратов».

Читать



Бойцов, Б. В. Прогнозирование долговечности напряженных конструкций. Комплексное исследование шасси самолета / Б. В. Бойцов. - Москва : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. - 352 с.

Изложен инженерный метод комплексной статистической оценки надежности и долговечности шасси самолета. Показано влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на долговечность, надежность и живучесть элементов шасси. Проанализированы отказы шасси самолетов и выявлены их характерные виды. Предложены методы оценки живучести элементов авиационных конструкций. Монография Б.В. Бойцова, изданная в 1985 г., представляет собой ценность и как комплексное исследование шасси самолетов, и как прикладное пособие при обучении студентов технических специальностей. Книга может быть полезна также специалистам, работающим в области самолетостроения. В предлагаемое переиздание книги кроме полностью воспроизведенного текста издания 1985 г. включены главы о влиянии контактного взрыва на усталостные характеристики, в которых учтен опыт работы большого количества отечественных и зарубежных ученых. Книга предназначена для инженерно-технических работников проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций авиационной промышленности.

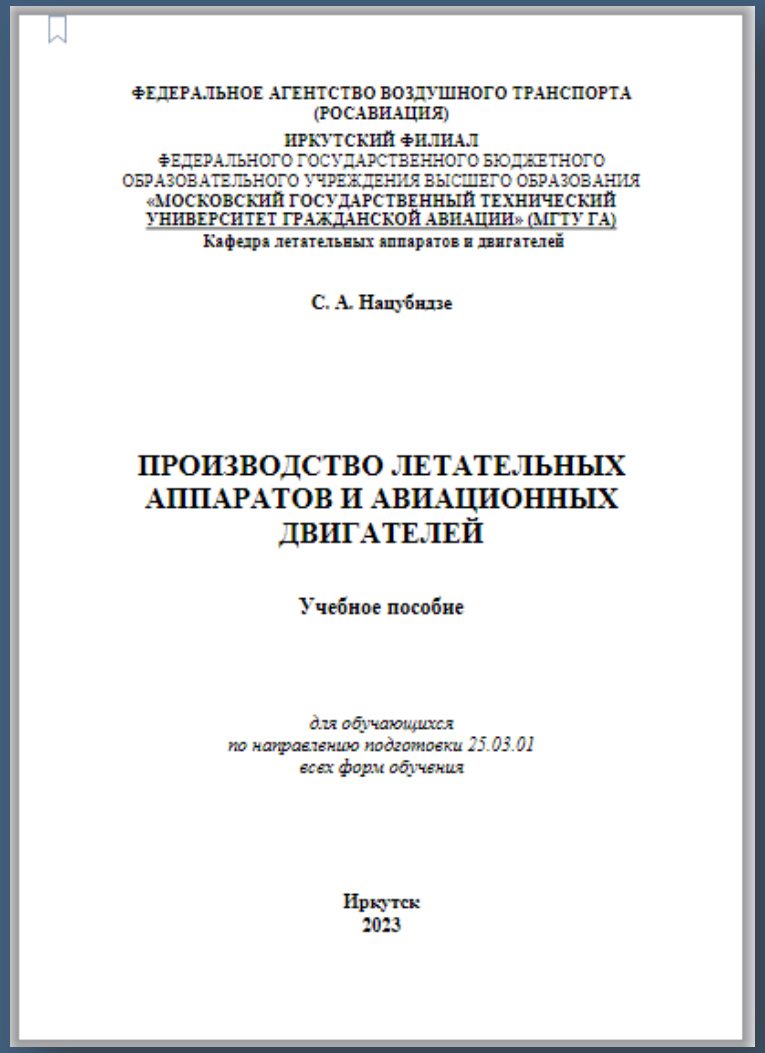
Читать

Нацубидзе, С. А. Производство летательных аппаратов и авиационных двигателей : учебное пособие / С. А. Нацубидзе- Иркутск : ИФ МГТУ ГА, 2023- 274 с.

В учебном пособии изложены основы производства летательных аппаратов и авиационных двигателей. Рассмотрены основные теоретические сведения о технологических процессах производства деталей, узлов и агрегатов авиационной техники, а также порядок сборки и испытания серийных воздушных судов и авиационных двигателей с учетом требований современных ГОСТов, технических условий и требований производственной документации, а также новых технологий, современных станков и оборудования. Данное учебное пособие издается в соответствии с рабочей программой дисциплины «Производство и ремонт летательных аппаратов и двигателей», учебным планом направления подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» для обучающихся очной и заочной форм обучения. Может быть использовано обучающимися направления подготовки 25.03.02 «Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов» очной и заочной форм обучения при изучении соответствующих разделов дисциплины «Летательные аппараты и авиационные двигатели».



Читать



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ИРКУТСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)
Кафедра летательных аппаратов и двигателей

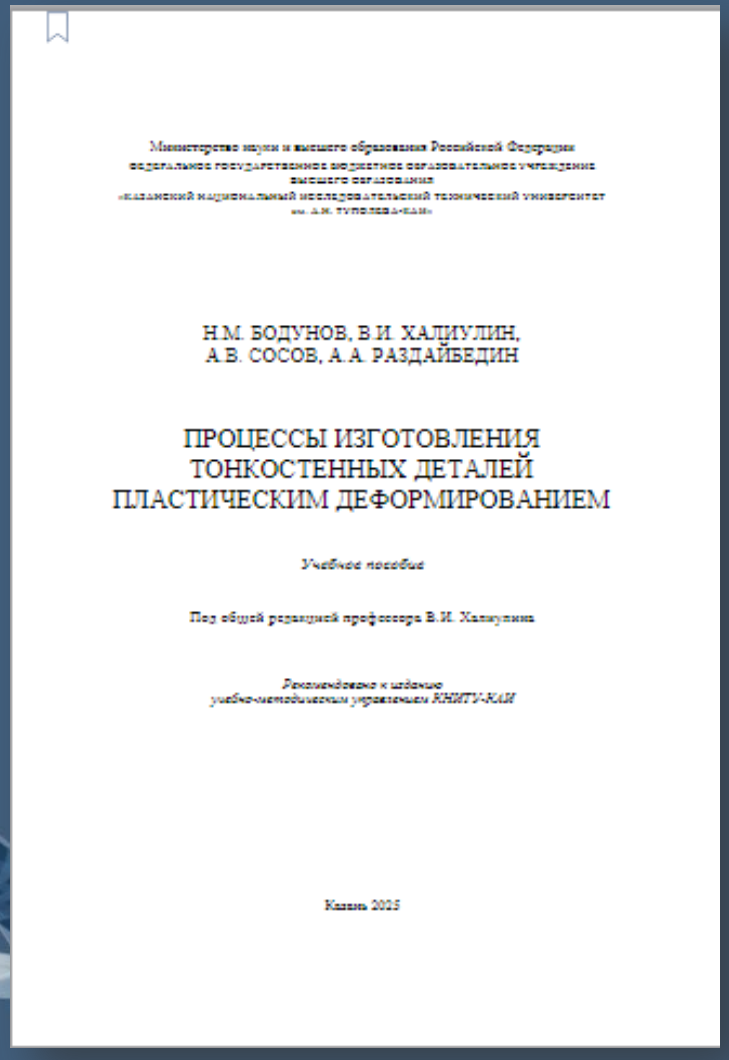
С. А. Нацубидзе

ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Учебное пособие

для обучающихся
по направлению подготовки 25.03.01
всех форм обучения

Иркутск
2023



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

Н.М. БОДУНОВ, В.И. ХАЛИУЛИН,
А.В. СОСОВ, А.А. РАЗДАЙБЕДИН

ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ
ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Учебное пособие

Под общей редакцией профессора В.И. Халиулина

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим управлением КНИТУ-КАИ

Казань 2025

Процессы изготовления тонкостенных деталей пластическим деформированием : учебное пособие / Н. М. Бодунов, В. И. Халиулин, А. В. Сосов, А. А. Раздайбедин. - Казань : КНИТУ-КАИ, 2025. - 644 с.

Обобщены исследования по процессам пластического формообразования тонкостенных деталей из листового и профильного металла; изложены основы теории пластичности применительно к решаемым задачам технологии, сущность и теория основных операций заготовительно-штамповочных работ в самолетостроении: раскройные работы, гибка, вытяжка, обтяжка, профилирование, упрочнение, высокоскоростное деформирование и другие, а также технология изготовления тонколистовых деталей рельефной структуры складыванием. Представленный материал позволяет осуществить проектирование технологических процессов изготовления деталей с выбором требуемого оборудования и технологической оснастки. Предназначено для обучающихся по направлению подготовки специалистов 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение», изучающих основы проектирования и производства летательных аппаратов.

Читать

Основные аспекты технологического проектирования закрылка с управлением пограничным слоем /О.С.Долгов [и др.] // Вестник МАИ.- 2020.- Том 21.- Выпуск 1.- С.88-99.

Проведено исследование имеющихся аэродинамических, конструктивных, прочностных и технологических соображений при разработке конструкции закрылка со сдувом пограничного слоя. В результате междисциплинарного подхода принципы обеспечения функциональности и надёжности конструкции были рассмотрены совместно с принципами, обеспечивающими её технологичность, что позволило выделить основные аспекты технологического проектирования закрылка со сдувом пограничного слоя.



Читать



УДК 629.7.025 DOI:10.34759/vst-2020-1-88-99

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАКРЫЛКА С УПРАВЛЕНИЕМ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ

Долгов О.С.*, Зотов А.А.**, Колпаков А.М.***, Волков А.Н.****

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, 125993, Россия
* e-mail: dolgov@mai.ru
** e-mail: aa-zotov@inbox.ru
*** e-mail: a.kolpakov@mai.ru
**** e-mail: rosezento@gmail.com

Статья поступила в редакцию 12.12.2019

Проведено исследование имеющихся аэродинамических, конструктивных, прочностных и технологических соображений при разработке конструкции закрылка со сдувом пограничного слоя. В результате междисциплинарного подхода принципы обеспечения функциональности и надёжности конструкции были рассмотрены совместно с принципами, обеспечивающими её технологичность, что позволило выделить основные аспекты технологического проектирования закрылка со сдувом пограничного слоя.

Ключевые слова: технологическое проектирование авиационных конструкций, управление пограничным слоем, щелевой закрылок, ламинаризация пограничного слоя, трехслойная структура с дискретным заполнителем, листовая штамповка дискретного заполнителя, 3D-печать авиационных конструкций.

Введение

Россия занимает первое место в мире по площади государственной территории – 17 млн кв. км. Для транспортного обслуживания такой громадной страны нужна авиация. Альтернативы нет.

В одобренной правительством стратегии Российской Федерации на период до 2030 года поставлена задача создания единого транспортного пространства для осуществления высококачественных конкурентоспособных услуг по перевозке пассажиров и грузов. Ведущую роль здесь должна сыграть региональная авиация. Её возрождение – это безальтернативный, наиболее быстрый и, в конечном счете, наименее затратный путь обеспечения жизнедеятельности населения в регионах, что соответствует геополитическим задачам обеспечения целостности России.

Необходимо воссоздать местные воздушные пути сообщения, ранее работавшие весьма успешно. При решении этой задачи в сфере воздушного транспорта предстоит преодолеть огромные трудности, поскольку сокращение аэродромной и аэропортовой сети привело к катастрофическому нарушению баланса интересов общества и государства в области авиаперевозок.

Для примера можно привести статистические данные.

В 1991 году в России действовало 1450 аэропортов и аэродромов, сейчас — 228. Это меньше, чем в одном штате США Аляска, где их 282. В общей же сложности в США 19 тысяч аэродромов и аэропортов на общую площадь 9,5 млн кв. км. Также отметим, что в составе США 50 штатов, т.е. в среднем на один штат приходится по 19000/50 = 380 аэродромов, следовательно, аэродромов в штате Аляска на 98 меньше, чем в среднем на один штат.

Для сравнения между странами в целом введём коэффициент плотности аэродромов (КПА) на площадь страны:

$$КПА_{РФ} = \frac{Количество_{РФ}}{Площадь_{РФ}} = \frac{228}{17} = 13{,}41;$$

$$КПА_{США} = \frac{Количество_{США}}{Площадь_{США}} = \frac{19000}{9{,}5} = 2000;$$

Ефимик,В.А. Моделирование динамического поведения конструкций авиационного двигателя из полимерных композиционных материалов с трубчатым заполнителем / В.А.Ефимик,А.А.Чекалкин //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета.-2023.-№ 7.- С. 52-62.



Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2023. № 73

УДК 539.3
DOI: 10.15593/2224-9982/2023.73.05

В.А. Ефимик[1], А.А. Чекалкин[2]

[1]Пермский завод «Машиностроитель», Пермь, Россия
[2]Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТРУБЧАТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

При проектировании и модернизации существующих звукопоглощающих конструкций авиационного двигателя из полимерных композиционных материалов актуальной задачей является выявление закономерностей комплексного влияния конструктивных параметров конструкции из полимерных композиционных материалов на свои динамические характеристики на основе проведения расчетно-экспериментальных исследований, и разработка эффективных методик установления конструктивных параметров конструкции из полимерных композиционных материалов с учетом предотвращения нежелательных резонансных эффектов. Цель работы состоит в разработке методики выбора конструктивных параметров трубчатых конструкций из полимерных композиционных материалов для обеспечения требуемых динамических характеристик при проектировании с отстройкой от резонанса и установлении зависимостей влияния различных конструктивных параметров трубчатой конструкции на собственные частоты колебаний. Для трубчатой панели корпуса вентилятора авиационного двигателя семейства ПС-90А разработана расчетная модель, которая учитывает неоднородность конструкции, анизотропию свойств, конструктивно-технологические параметры, условия закрепления и оптимальна для данного класса задач и конструкций ..

Ключевые слова: трубчатые конструкции, модальный анализ, лазерная виброметрия, влияние конструктивных параметров на собственные частоты, методика проектирования, проектирование звукопоглощающих конструкций, отстройка от резонанса, конструкции из композитов, авиационный двигатель, расчетная модель.

V.A. Efimik[1], A.A. Chekalkin[2]

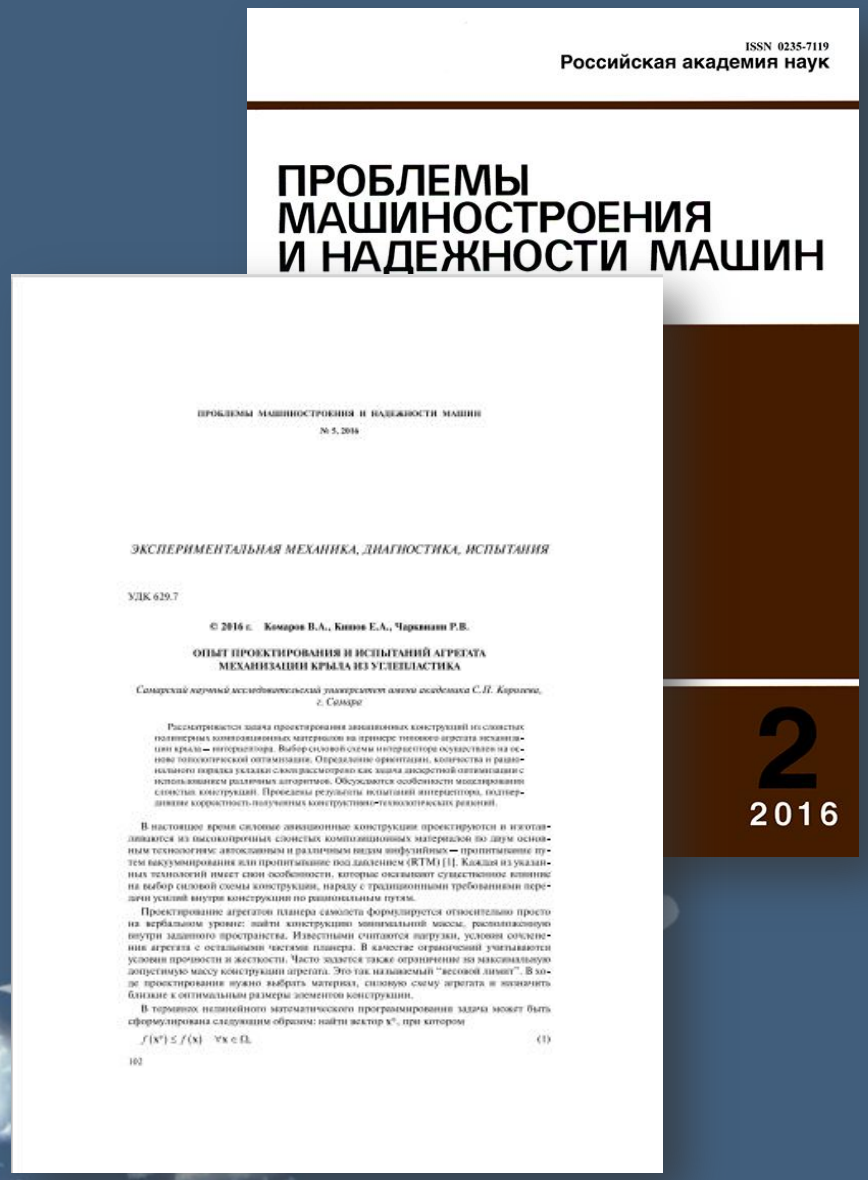
[1] Perm Plant "Mashinostroitel", Perm, Russian Federation
[2] Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

SIMULATION OF DYNAMIC BEHAVIOR OF AIRCRAFT ENGINE STRUCTURES FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH TUBULAR FILLER

When designing and upgrading existing sound-absorbing structures of an aircraft engine made of polymer composite materials, an urgent task is to identify patterns of the complex influence of structural parameters of polymer composite materials structure on its dynamic characteristics based on computational and experimental studies, and the development of effective methods for establishing design parameters structures made of polymer composite materials, taking into account the prevention of undesirable resonant effects. The purpose of the work is to develop a methodology for choosing the design parameters of tubular structures made of polymer composite materials to provide the required dynamic characteristics when designing with detuning from resonance, and establishing the dependencies of the influence of various design parameters of a tubular structure on natural vibration frequencies. For the tubular panel of the PS-90A fan housing, a calculation model has been developed that takes into account the heterogeneity of the structure, anisotropy of properties, design and technological parameters, fastening conditions and is optimal for this class of tasks and structures. Its verification was carried out by modal analysis of full-scale construction by laser vibrometry. New dependences of natural frequencies and modes of vibrations of a composite tubular structure on height, the degree of perforation of shells, the method of fastening and the prestressed state, the material and scheme of reinforcement are obtained. This made it possible to detect the non-linear nature of these dependences and the different degree of influence of design parameters. A new computational-experimental method has been developed for selecting the design parameters of tubular structures made of polymer composite materials according to the required resulting characteristics

52

Читать



Комаров,В.А. Опыт проектирования и испытаний агрегата механизации крыла из углепластика /В.А.Комаров,Е.А.Кишов,Р.В.Чарквиани // Проблемы машиностроения и надежности машин.-2016.- № 5.-С.102-110.

Рассматривается задача проектирования авиационных конструкций из слоистых полимерных композиционных материалов на примере типового агрегата механизации крыла - интерцептора. Выбор силовой схемы интерцептора осуществлен на основе топологической оптимизации. Определение ориентации, количества и рационального порядка укладки слоев рассмотрено как задача дискретной оптимизации с использованием различных алгоритмов. Обсуждаются особенности моделирования слоистых конструкций. Проведены результаты испытаний интерцептора, подтвердившие корректность полученных конструктивно-технологических решений.

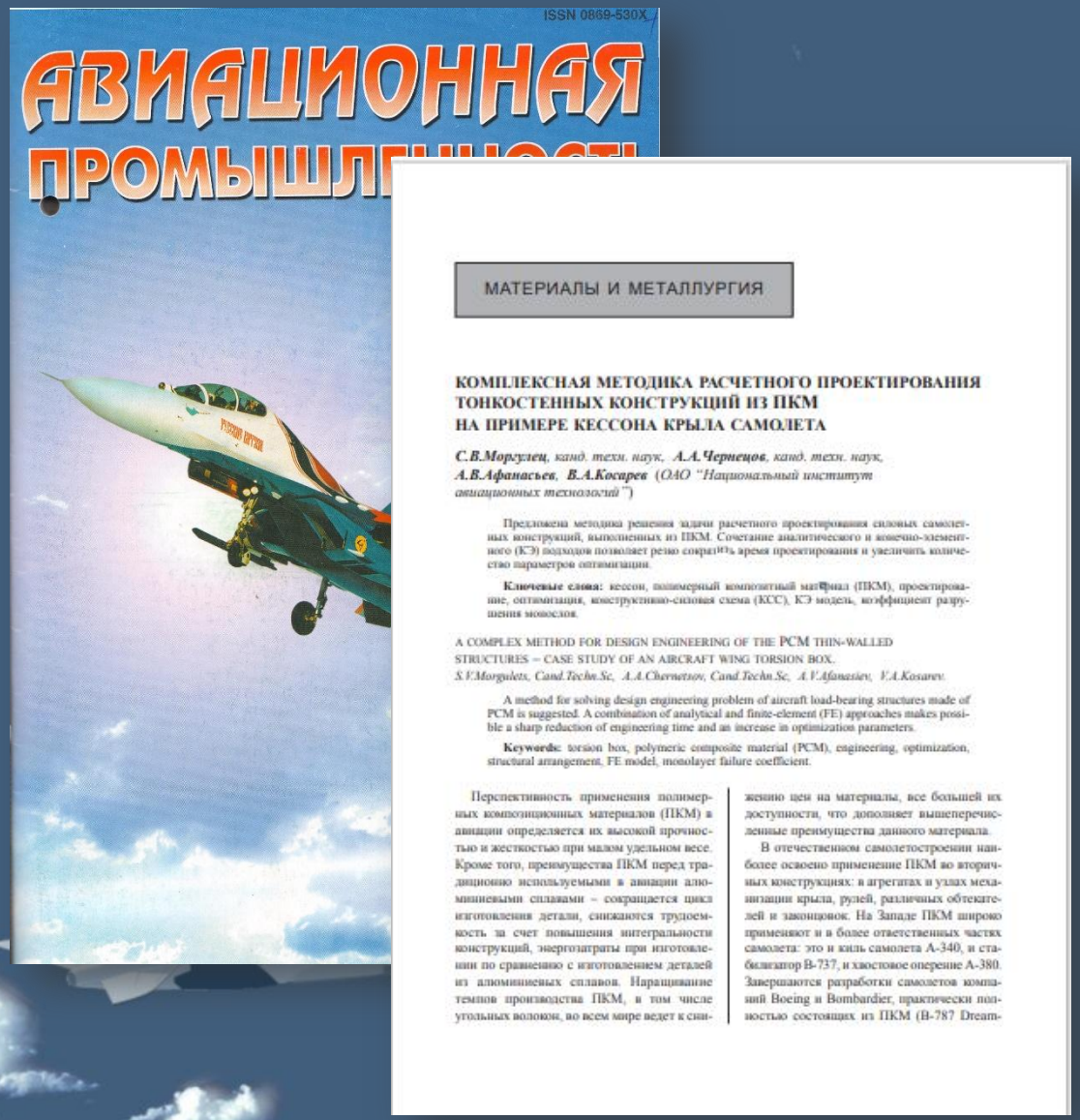
Читать



Черноусов,Е.А. Системы автоматизированного проектирования в реализации задач авиастроения /Е.А.Черноусов,Ю.В.Семагина //Шаги в науку.- 2022.-№ 4.- С. 81-86.

Проектирование авиационных конструкций является комплексной задачей, в которой решаются вопросы прочности, износостойкости, правильного распределения нагрузок. Системы автоматизированного проектирования применяются совместно с системами инженерного анализа, что снижает время проектирования деталей и узлов, количество прототипов и ускоряет оптимизацию конструкции. В статье рассмотрены основные аспекты применения САПР в проектировании авиационных конструкций. Был проведен обзор рынка САПР, в котором САПР Компас 3D, разработанная компанией «Аскон», в большинстве случаев не уступает по функционалу аналогичным САПР как отечественной, так и зарубежной разработки. Приведен пример прочностного расчета пластины с использованием Компас3D и ANSYS Static Structure

Читать



Комплексная методика расчетного проектирования тонкостенных конструкций из пкм на примере кессона крыла самолета /С.В.Моргулец [и др.].- Авиационная промышленность.-2012.- № 1.-С.8.

Предложена методика решения задачи расчетного проектирования силовых самолетных конструкций, выполненных из ПКМ. Сочетание аналитического и конечно-элементного (КЭ) подходов позволяет резко сократить время проектирования и увеличить количество параметров оптимизации.

Читать



Печенюк,В.С. Концептуальное проектирование конструкции крыла или фюзеляжа магистрального самолета из металлополимерных композиционных материалов / В.С.Печенюк ,Ю.И.Попов //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника.- 2021.- № 64.- С.74-82.

Проведен анализ существующих конструкций агрегатов планера самолетов из металлополимерных композиционных материалов, составлен их перечень с паспортными характеристиками. В качестве исследуемых самолетов были выбраны Fokker F-27 Friendship, Boeing-777 и Airbus A380, в которых используются материалы ARALL и GLARE. Определены формулы и выяснено распределение потоков нормальных усилий между металлическими и композиционными элементами в составе МПКМ на основе листов алюминиевых (алюмостеклопластики СИАЛ-1-1, СИАЛ-3-1 и СИАЛ-1441 (9/8)) и титановых сплавов (образцы титануглепластиков из патента - Пример 1 и Пример 3). Для определения этих параметров используются формулы, применяемые для составной конструкции, выполненной из разных материалов. На основе паспортных характеристик известных МПКМ предложены модифицированные формулы правила смеси для определения расчетных характеристик прочности новых материалов с учетом задаваемых углов ориентации ПКМ и наличия слоев из металлических листов, проведено сравнение со стандартными механическими характеристиками и показана работоспособность этих формул...

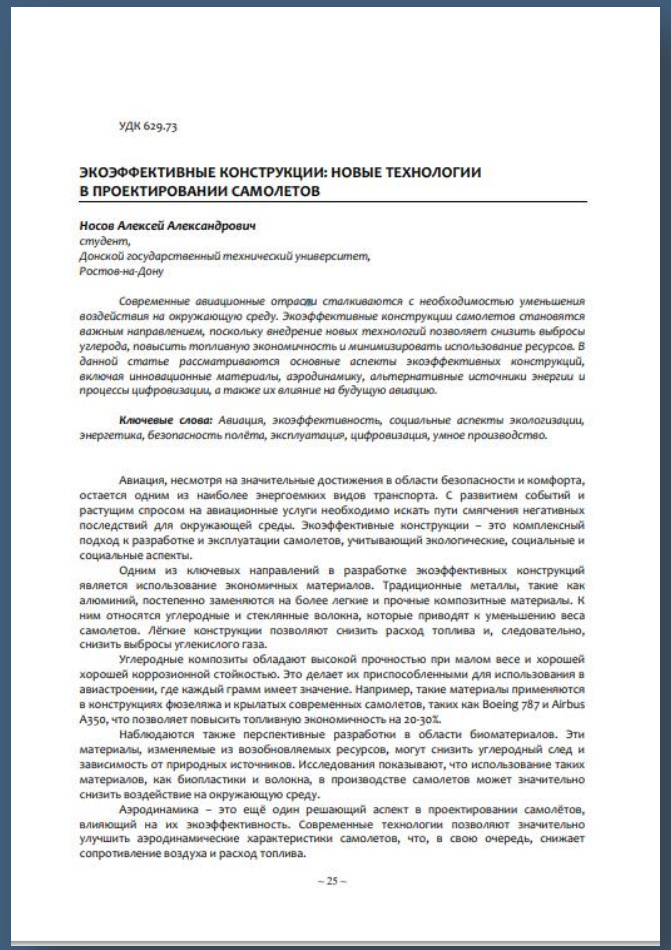
Читать

Носов,А.А. Экоэффективные конструкции: новые технологии в проектировании самолетов /А.А.Носов // Естественные и технические науки: обсуждение проблем,пути совершенствования. Сборник научных статей.-Ульяновск.-2024.- С.25-27.

Современные авиационные отрасли сталкиваются с необходимостью уменьшения воздействия на окружающую среду. Экоэффективные конструкции самолетов становятся важным направлением, поскольку внедрение новых технологий позволяет снизить выбросы углерода, повысить топливную экономичность и минимизировать использование ресурсов. В данной статье рассматриваются основные аспекты экоэффективных конструкций, включая инновационные материалы, аэродинамику, альтернативные источники энергии и процессы цифровизации, а также их влияние на будущую авиацию.



Читать



УДК 629.73

ЭКОЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ САМОЛЕТОВ

Носов Алексей Александрович
студент,
Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону

Современные авиационные отрасли сталкиваются с необходимостью уменьшения воздействия на окружающую среду. Экоэффективные конструкции самолетов становятся важным направлением, поскольку внедрение новых технологий позволяет снизить выбросы углерода, повысить топливную экономичность и минимизировать использование ресурсов. В данной статье рассматриваются основные аспекты экоэффективных конструкций, включая инновационные материалы, аэродинамику, альтернативные источники энергии и процессы цифровизации, а также их влияние на будущую авиацию.

Ключевые слова: *Авиация, экоэффективность, социальные аспекты экологизации, энергетика, безопасность полёта, эксплуатация, цифровизация, умное производство.*

Авиация, несмотря на значительные достижения в области безопасности и комфорта, остается одним из наиболее энергоемких видов транспорта. С развитием событий и растущим спросом на авиационные услуги необходимо искать пути смягчения негативных последствий для окружающей среды. Экоэффективные конструкции – это комплексный подход к разработке и эксплуатации самолетов, учитывающий экологические, социальные и социальные аспекты.

Одним из ключевых направлений в разработке экоэффективных конструкций является использование экономичных материалов. Традиционные металлы, такие как алюминий, постепенно заменяются на более легкие и прочные композитные материалы. К ним относятся углеродные и стеклянные волокна, которые приводят к уменьшению веса самолетов. Лёгкие конструкции позволяют снизить расход топлива и, следовательно, снизить выбросы углекислого газа.

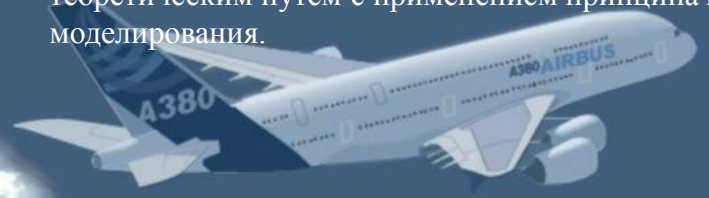
Углеродные композиты обладают высокой прочностью при малом весе и хорошей хорошей коррозионной стойкостью. Это делает их приспособленными для использования в авиастроении, где каждый грамм имеет значение. Например, такие материалы применяются в конструкциях фюзеляжа и крылатых современных самолетов, таких как Boeing 787 и Airbus A350, что позволяет повысить топливную экономичность на 20-30%.

Наблюдаются также перспективные разработки в области биоматериалов. Эти материалы, изменяемые из возобновляемых ресурсов, могут снизить углеродный след и зависимость от природных источников. Исследования показывают, что использование таких материалов, как биопластики и волокна, в производстве самолетов может значительно снизить воздействие на окружающую среду.

Аэродинамика – это ещё один решающий аспект в проектировании самолётов, влияющий на их экоэффективность. Современные технологии позволяют значительно улучшить аэродинамические характеристики самолетов, что, в свою очередь, снижает сопротивление воздуха и расход топлива.

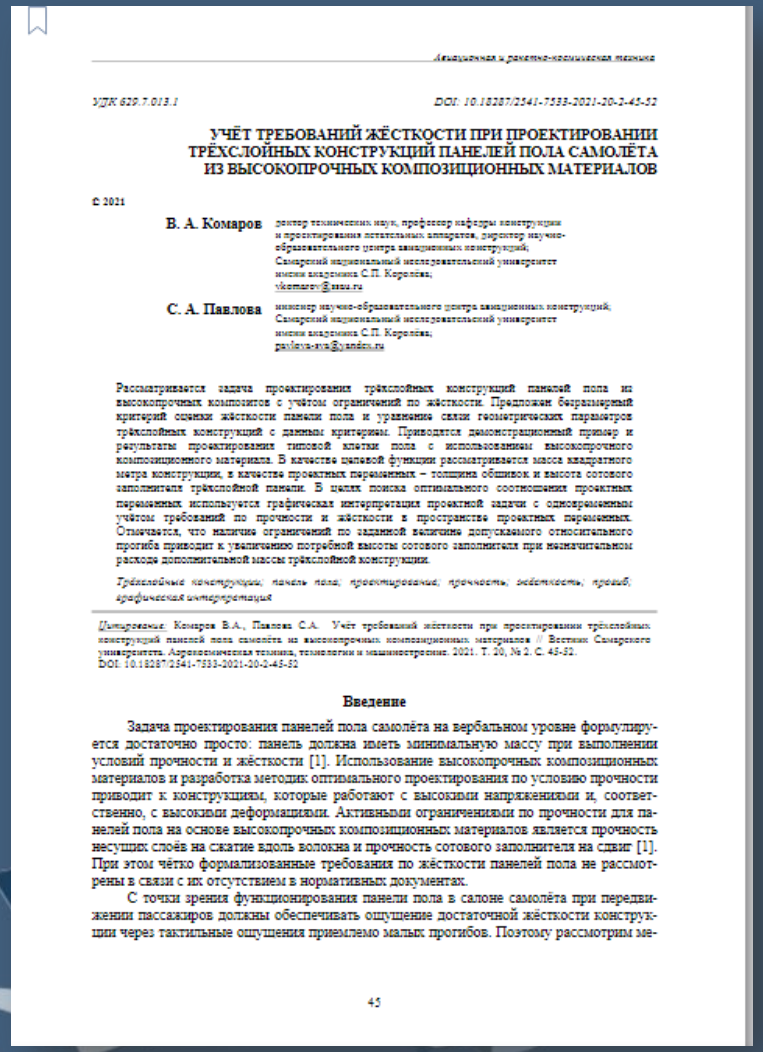
Тун,Л. Методика проектирования композитного силового набора хвостовой части фюзеляжа / Л.Тун,П.В.Просунцов //Известия высших учебных заведений .Машиностроение.- 2023.- № 2.-С.84-95.

Рассмотрена методика проектирования силового набора хвостовой части самолета DA-62, включающая в себя этапы определения нагрузок, действующих на хвостовую часть, выбора расположения, формы и структуры силовых элементов, характеристик полимерных композиционных материалов, из которых они изготовлены. В процессе проектирования учтено одновременное воздействие аэродинамических и массово-инерционных нагрузок на конструкцию самолета при различных вариантах маневров. Особенностью методики определения геометрических размеров и формы шпангоутов является использование комбинации методов параметрической и топологической оптимизации. Для повышения весовой эффективности конструкции решена задача оптимизация схемы укладки слоев полимерного композиционного материала. Физико-механические характеристики этих материалов получены расчетно-теоретическим путем с применением принципа многомасштабного моделирования.



Читать





Авиационная и ракетно-космическая техника

УДК 629.7.013.1 DOI: 10.18287/2541-7533-2021-20-2-45-52

УЧЁТ ТРЕБОВАНИЙ ЖЁСТКОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРЁХСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПАНЕЛЕЙ ПОЛА САМОЛЁТА ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2021

В. А. Комаров доктор технических наук, профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов, директор научно-образовательного центра авиационных конструкций; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва; vkomarov@ssau.ru

С. А. Павлова инженер научно-образовательного центра авиационных конструкций; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва; pavlova-sva@yandex.ru

Рассматривается задача проектирования трёхслойных конструкций панелей пола из высокопрочных композитов с учётом ограничений по жёсткости. Предложен безразмерный критерий оценки жёсткости панели пола и уравнение связи геометрических параметров трёхслойных конструкций с данным критерием. Приводятся демонстрационный пример и результаты проектирования типовой клетки пола с использованием высокопрочного композиционного материала. В качестве целевой функции рассматривается масса квадратного метра конструкции, в качестве проектных переменных – толщина обшивок и высота сотового заполнителя трёхслойной панели. В целях поиска оптимального соотношения проектных переменных используется графическая интерпретация проектной задачи с одновременным учётом требований по прочности и жёсткости в пространстве проектных переменных. Отмечается, что наличие ограничений по заданной величине допускаемого относительного прогиба приводит к увеличению потребной высоты сотового заполнителя при незначительном расходе дополнительной массы трёхслойной конструкции.

Трёхслойные конструкции; панель пола; проектирование; прочность; жёсткость; прогиб; графическая интерпретация

Цитирование: Комаров В.А., Павлова С.А. Учёт требований жёсткости при проектировании трёхслойных конструкций панелей пола самолёта из высокопрочных композиционных материалов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2021. Т. 20, № 2. С. 45-52. DOI: 10.18287/2541-7533-2021-20-2-45-52

Введение

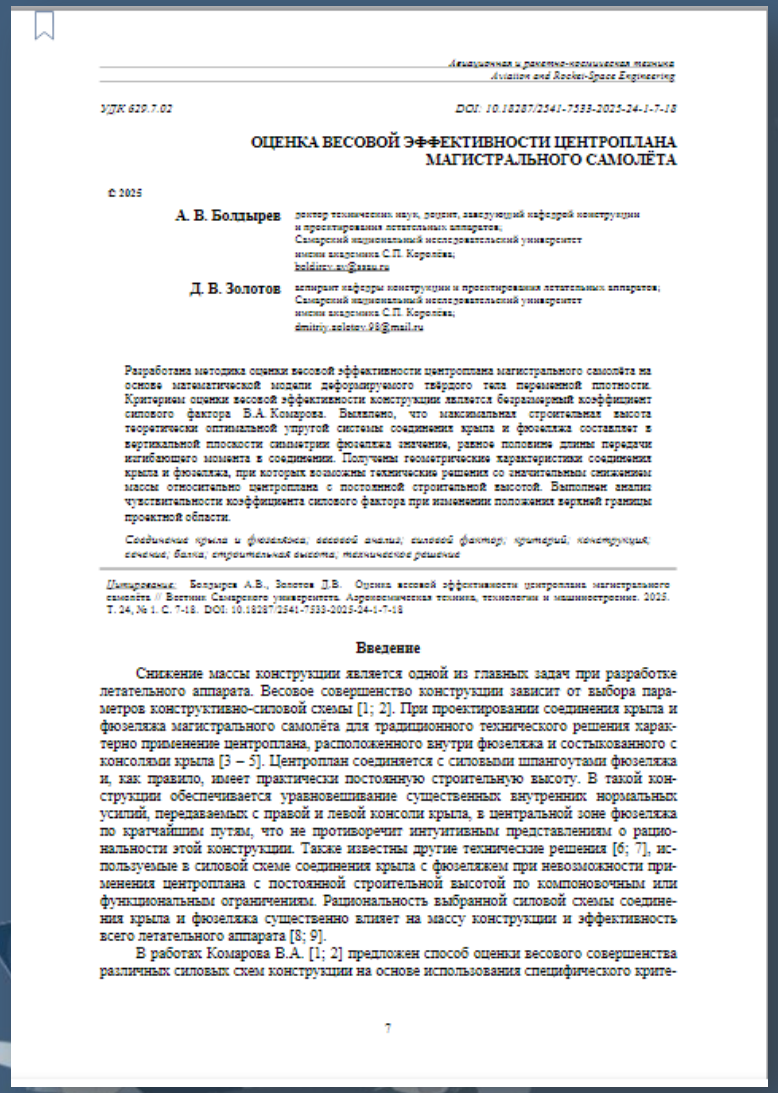
Задача проектирования панелей пола самолёта на вербальном уровне формулируется достаточно просто: панель должна иметь минимальную массу при выполнении условий прочности и жёсткости [1]. Использование высокопрочных композиционных материалов и разработка методик оптимального проектирования по условию прочности приводит к конструкциям, которые работают с высокими напряжениями и, соответственно, с высокими деформациями. Активными ограничениями по прочности для панелей пола на основе высокопрочных композиционных материалов является прочность несущих слоёв на сжатие вдоль волокна и прочность сотового заполнителя на сдвиг [1]. При этом чётко формализованные требования по жёсткости панелей пола не рассмотрены в связи с их отсутствием в нормативных документах.

С точки зрения функционирования панели пола в салоне самолёта при передвижении пассажиров должны обеспечивать ощущение достаточной жёсткости конструкции через тактильные ощущения приемлемо малых прогибов. Поэтому рассмотрим ме-

Учет требований жесткости при проектировании трехслойных конструкций панелей пола самолета из высокоточных композиционных материалов /В.А.Комаров,С. А. Павлова // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение.-2021. -№ 2. - С. 45-52.

Рассматривается задача проектирования трёхслойных конструкций панелей пола из высокопрочных композитов с учётом ограничений по жёсткости. Предложен безразмерный критерий оценки жёсткости панели пола и уравнение связи геометрических параметров трёхслойных конструкций с данным критерием. Приводятся демонстрационный пример и результаты проектирования типовой клетки пола с использованием высокопрочного композиционного материала. В качестве целевой функции рассматривается масса квадратного метра конструкции, в качестве проектных переменных - толщина обшивок и высота сотового заполнителя трёхслойной панели. В целях поиска оптимального соотношения проектных переменных используется графическая интерпретация проектной задачи с одновременным учётом требований по прочности и жёсткости в пространстве проектных переменных. Отмечается, что наличие ограничений по заданной величине допускаемого относительного прогиба приводит к увеличению потребной высоты сотового заполнителя при незначительном расходе дополнительной массы трёхслойной конструкции.

Читать



Авиационная и ракетно-космическая техника
Aviation and Rocket-Space Engineering

УДК 629.7.02 DOI: 10.18287/2541-7533-2025-24-1-7-18

ОЦЕНКА ВЕСОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОПЛАНА МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЁТА

© 2025

А. В. Болдырев доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов;
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва;
boldyrev.av@ssau.ru

Д. В. Золотов аспирант кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов;
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва;
dmitriy.zolotov.98@mail.ru

Разработана методика оценки весовой эффективности центроплана магистрального самолёта на основе математической модели деформируемого твёрдого тела переменной плотности. Критерием оценки весовой эффективности конструкции является безразмерный коэффициент силового фактора В.А. Комарова. Выявлено, что максимальная строительная высота теоретически оптимальной упругой системы соединения крыла и фюзеляжа составляет в вертикальной плоскости симметрии фюзеляжа значение, равное половине длины передачи изгибающего момента в соединении. Получены геометрические характеристики соединения крыла и фюзеляжа, при которых возможны технические решения со значительным снижением массы относительно центроплана с постоянной строительной высотой. Выполнен анализ чувствительности коэффициента силового фактора при изменении положения верхней границы проектной области.

Соединение крыла и фюзеляжа; весовой анализ; силовой фактор; критерий; конструкция; сечение; балка; строительная высота; техническое решение

Цитирование. Болдырев А.В., Золотов Д.В. Оценка весовой эффективности центроплана магистрального самолёта // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2025. Т. 24, № 1. С. 7-18. DOI: 10.18287/2541-7533-2025-24-1-7-18

Введение

Снижение массы конструкции является одной из главных задач при разработке летательного аппарата. Весовое совершенство конструкции зависит от выбора параметров конструктивно-силовой схемы [1; 2]. При проектировании соединения крыла и фюзеляжа магистрального самолёта для традиционного технического решения характерно применение центроплана, расположенного внутри фюзеляжа и состыкованного с консолями крыла [3 – 5]. Центроплан соединяется с силовыми шпангоутами фюзеляжа и, как правило, имеет практически постоянную строительную высоту. В такой конструкции обеспечивается уравновешивание существенных внутренних нормальных усилий, передаваемых с правой и левой консоли крыла, в центральной зоне фюзеляжа по кратчайшим путям, что не противоречит интуитивным представлениям о рациональности этой конструкции. Также известны другие технические решения [6; 7], используемые в силовой схеме соединения крыла с фюзеляжем при невозможности применения центроплана с постоянной строительной высотой по компоновочным или функциональным ограничениям. Рациональность выбранной силовой схемы соединения крыла и фюзеляжа существенно влияет на массу конструкции и эффективность всего летательного аппарата [8; 9].

В работах Комарова В.А. [1; 2] предложен способ оценки весового совершенства различных силовых схем конструкции на основе использования специфического крите-

7

Оценка весовой эффективности центроплана магистрального самолёта / А. В. Болдырев,,Д. В. Золотов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. - 2025. -№ 1. - С. 7-18.

Разработана методика оценки весовой эффективности центроплана магистрального самолёта на основе математической модели деформируемого твёрдого тела переменной плотности. Критерием оценки весовой эффективности конструкции является безразмерный коэффициент силового фактора В.А. Комарова. Выявлено, что максимальная строительная высота теоретически оптимальной упругой системы соединения крыла и фюзеляжа составляет в вертикальной плоскости симметрии фюзеляжа значение, равное половине длины передачи изгибающего момента в соединении. Получены геометрические характеристики соединения крыла и фюзеляжа, при которых возможны технические решения со значительным снижением массы относительно центроплана с постоянной строительной высотой. Выполнен анализ чувствительности коэффициента силового фактора при изменении положения верхней границы проектной области.

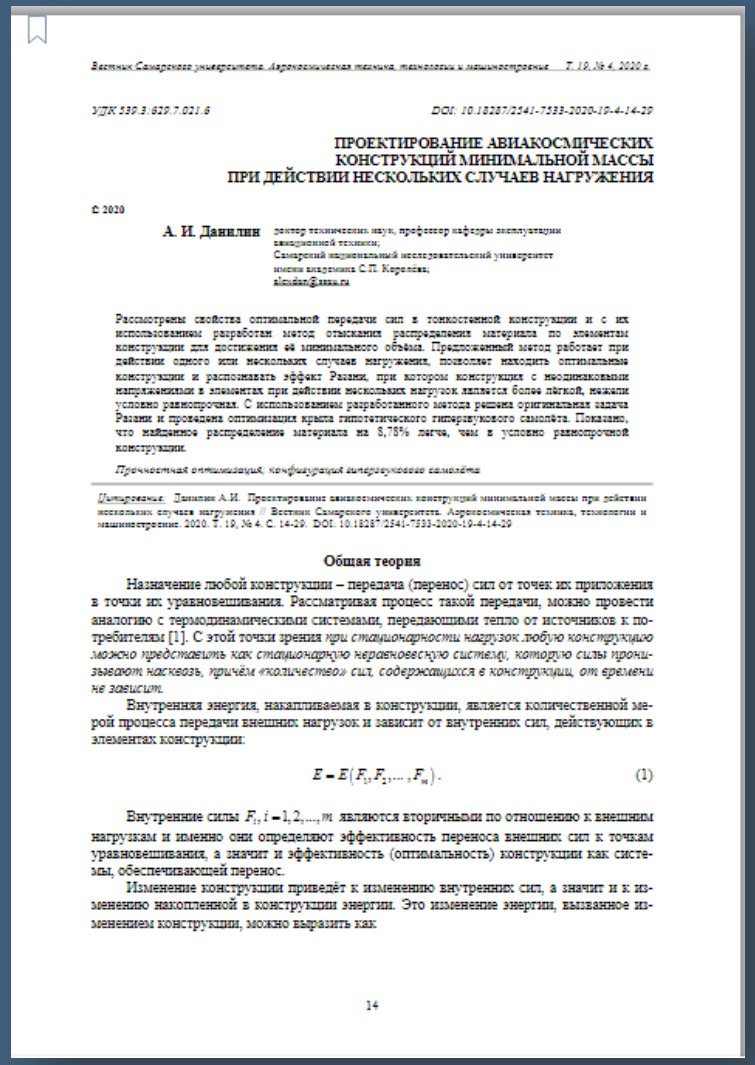
Читать

Данилин, А.И. Проектирование авиакосмических конструкций минимальной массы при действии нескольких случаев нагружения / А. И. Данилин // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение.-2020. - № 4. - С. 14-29.

Рассмотрены свойства оптимальной передачи сил в тонкостенной конструкции и с их использованием разработан метод отыскания распределения материала по элементам конструкции для достижения её минимального объёма. Предложенный метод работает при действии одного или нескольких случаев нагружения, позволяет находить оптимальные конструкции и распознавать эффект Разани, при котором конструкция с неодинаковыми напряжениями в элементах при действии нескольких нагрузок является более лёгкой, нежели условно равнопрочная. С использованием разработанного метода решена оригинальная задача Разани и проведена оптимизация крыла гипотетического гиперзвукового самолёта. Показано, что найденное распределение материала на 8,78% легче, чем в условно равнопрочной конструкции.



Читать



Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. Т. 19, № 4. 2020 г.

УДК 539.3:629.7.021.6 *DOI: 10.18287/2541-7533-2020-19-4-14-29*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВИАКОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МИНИМАЛЬНОЙ МАССЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕСКОЛЬКИХ СЛУЧАЕВ НАГРУЖЕНИЯ

© 2020

А. И. Данилин доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации авиационной техники;
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва;
alexdan@ssau.ru

Рассмотрены свойства оптимальной передачи сил в тонкостенной конструкции и с их использованием разработан метод отыскания распределения материала по элементам конструкции для достижения её минимального объёма. Предложенный метод работает при действии одного или нескольких случаев нагружения, позволяет находить оптимальные конструкции и распознавать эффект Разани, при котором конструкция с неодинаковыми напряжениями в элементах при действии нескольких нагрузок является более лёгкой, нежели условно равнопрочная. С использованием разработанного метода решена оригинальная задача Разани и проведена оптимизация крыла гипотетического гиперзвукового самолёта. Показано, что найденное распределение материала на 8,78% легче, чем в условно равнопрочной конструкции.

Прочностная оптимизация, конфигурация гиперзвукового самолёта

Цитирование: Данилин А.И. Проектирование авиакосмических конструкций минимальной массы при действии нескольких случаев нагружения // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2020. Т. 19, № 4. С. 14-29. DOI: 10.18287/2541-7533-2020-19-4-14-29

Общая теория

Назначение любой конструкции – передача (перенос) сил от точек их приложения в точки их уравновешивания. Рассматривая процесс такой передачи, можно провести аналогию с термодинамическими системами, передающими тепло от источников к потребителям [1]. С этой точки зрения *при стационарности нагрузок любую конструкцию можно представить как стационарную неравновесную систему, которую силы пронизывают насквозь, причём «количество» сил, содержащихся в конструкции, от времени не зависит.*

Внутренняя энергия, накапливаемая в конструкции, является количественной мерой процесса передачи внешних нагрузок и зависит от внутренних сил, действующих в элементах конструкции:

$$E = E(F_1, F_2, \ldots, F_m). \qquad (1)$$

Внутренние силы $F_i, i = 1, 2, \ldots, m$ являются вторичными по отношению к внешним нагрузкам и именно они определяют эффективность переноса внешних сил к точкам уравновешивания, а значит и эффективность (оптимальность) конструкции как системы, обеспечивающей перенос.

Изменение конструкции приведёт к изменению внутренних сил, а значит и к изменению накопленной в конструкции энергии. Это изменение энергии, вызванное изменением конструкции, можно выразить как

Вольсков, Д.Г. Интегральные конструкции из полимерных композиционных материалов газотурбинных двигателей / Д.Г. Вольсков // Вестник Ульяновского государственного технического университета. - 2015. - № 2. - С. 50-55.

Рассматривается создание интегральных конструкций из полимерных композиционных материаов при повышении топливной эффективности авиационных газотурбинных двигателей



Читать


ВЕСТН
Ульяновского государственного техниче

Информационных технологий в проектировании и производстве. – 2002. – №3. – С.49–53.
9. Ключков В. И. Статистический контроль технологического процесса по регрессионным остаткам // Проектирование и технология электронных средств. – 2002. – №3. – С.49–52.
10. Ключков В. И. Оценка воспроизводимости многомерного процесса // Методы менеджмента качества. –2003. – №1. – С.41–43.

Вольков Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры «Прикладная математика и информатика» УлГТУ.

Ключков Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» УлГТУ.

Поступила 08.05.2015 г.

УДК 621.452.3+678.7–43

Д. Г. ВОЛЬСКОВ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассматривается создание интегральных конструкций из полимерных композиционных материалов при повышении топливной эффективности авиационных газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: топливная эффективность, CALS-технологии, жизненный цикл изделия (ЖЦИ), полимерные композиционные материалы (ПКМ), электронный макет, ЦИАМ.

Успешный результат проектирования современного самолёта с высокими характеристиками в значительной степени зависит от удачного объединения планера и силовой установки. Теперь недостаточно спроектировать планер, обладающий высоким аэродинамическим и весовым совершенством, и поставить на него двигатель с малым удельным расходом топлива и малым удельным весом, необходимо согласовать характеристики планера и силовой установки по тому или иному критерию, определяющему совершенство самолёта данного типа, выбрать оптимальные режимы полёта самолёта и работы силовой установки. Другими словами, наряду с оптимизацией характеристик планера выбрать оптимальную схему двигателя и такие главные параметры (определяющие высотно-скоростные характеристики двигателя), как степень двухконтурности, температура газа перед турбиной, степень повышения давления (степень сжатия) в компрессоре и др. [1].

Топливная эффективность – одно из важнейших свойств пассажирских и транспортных самолётов. Количественным критерием, характеризующим данное свойство, служит расход топлива, израсходованного двигателями за определённое время, отнесённый к совершённой за это время транспортной работе: для пассажирского самолёта – это количество пассажиро-километров, для транспортного – тонно-километров. Таким образом, топливная эффективность определяется технической дальностью полёта самолёта.

Уровень топливной эффективности самолёта определяется рядом показателей: удельным расходом топлива двигателей, аэродинамическим и весовым совершенством самолёта, его назначением (дальностью и особенностями профиля полёта, пассажировместимостью) и др.

Поиском новых технических решений и отработкой базовых технологий для решения этих амбициозных задач заняты сегодня специалисты ЦИАМ [2].

Как отметил в своём докладе Владимир Бабкин: «Ключевыми словами, характеризующими перспективные газотурбинные двигатели, являются: «неметаллический», «сухой», «электрический». Это означает широкое применение композиционных материалов в «холодной» и «горячей» частях двигателя, отказ от масляной системы с переходом на газодинамические или магнитные подшипники, применение электроприводных

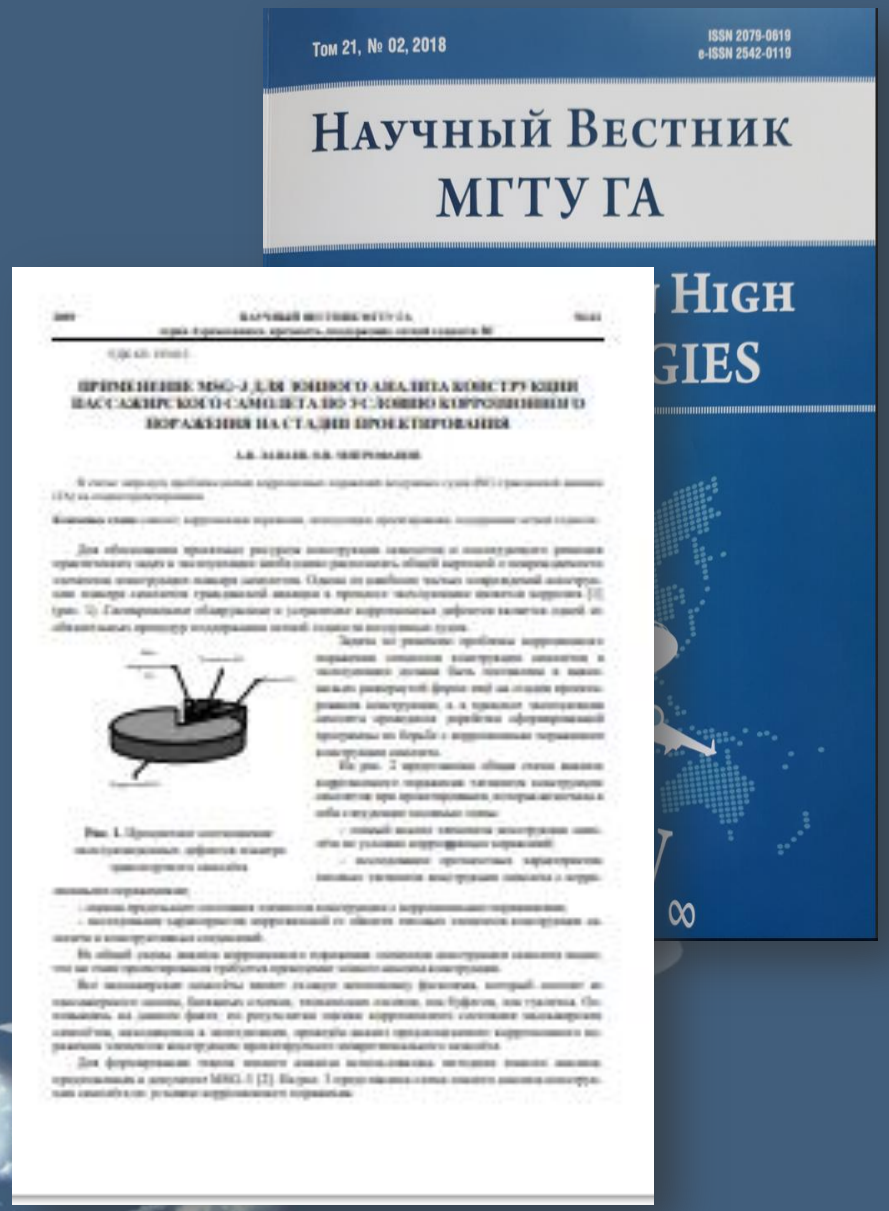
© Вольсков Д. Г., 2015



Левин, Д.Н. Эргономическое проектирование внутрикабинного интерфейса перспективного самолета / Д. Н. Левин // Эргодизайн. - 2024. - № 4. - С. 463-471.

Рассматривается комплексный подход к проблеме разработки рабочих мест экипажа и внутрикабинных интерфейсов самолета при проектировании сложной авиационной техники. Отмечается важность инженерно-психологического и эргономического проектирования рабочих мест экипажа и информационно-управляющего поля кабины с учетом многомодального взаимодействия в системе «летчик-самолет». Рассматриваются отдельные виды взаимодействия, включая перспективные, а также предложения по созданию и эргономической оценке эффективных и безопасных интерфейсов, что позволит повысить качественный уровень и эффективность авиационных систем, качество управления самолетом, уменьшив при этом вероятность ошибок экипажа. Описывается специальное оборудование - универсальный многофункциональный поисковый стенд для проведения эргономических исследований и эргономической оценки разрабатываемых технических решений. Анализируются все этапы работ с использованием стенда. Показана технология сквозного проектирования рабочих мест экипажа самолета и разработки внутрикабинного интерфейса с контролем и согласованием заданных эргономических показателей разрабатываемого самолёта на всех этапах его создания - от начальных стадий проектирования до эксплуатации по назначению. Отмечается универсальность стенда, возможность быстрой адаптации под различные проекты, описываются возможности ускорения технологического процесса проектирования, позволяя проводить непрерывную эргономическую оценку принимаемых решений на каждом шаге научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ. Обращается внимание на наличие в составе стенда специального медицинского оборудования, с помощью которого можно проводить комплексную оценку функционального состояния летчика в процессе выполнения работ. Разноплановое медицинское оборудование позволяет проводить работы, связанные с исследованием интерфейса «мозг-компьютер». Показана необходимость не только улучшения эргономических характеристик кабины самолета, но и оптимизации процесса ее проектирования.

[Читать]



Лапаев,А.В. Применение MSG-3 для зонного анализа конструкции пассажирского самолета по условию коррозионного поражения на стадии проектирования /А.В.Лапаев,О.В.Митрофанов // Научный вестник МГТУ ГА.-2009.-Выпуск:141.- С.93-98.

В статье затронута проблема оценки коррозионных поражений воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА) на стадии проектирования.

Читать

Агапов,В.П. Проектирование лопастей воздушных винтов самолетов методом конечных элементов с учетом прочности конструкций / В.П.Агапов,И.Р.Айдемиров //Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования.- 2021.- Том 22.- № 1.- С. 65-71.



Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования
RUDN Journal of Engineering Researches
2021;22(1):65–71
journals.rudn.ru/engineering-researches

DOI: 10.22363/2312-8143-2021-22-1-65-71
УДК 539.3

Научная статья / Research article

Проектирование лопастей воздушных винтов самолетов методом конечных элементов с учетом прочности конструкций

В.П. Агапов*, К.Р. Айдемиров*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Российская Федерация, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26
*Дагестанский государственный технический университет
Российская Федерация, 367026, Махачкала, пр. И. Шамиля, д. 70
*E-mail: agapovpb@mail.ru



Читать

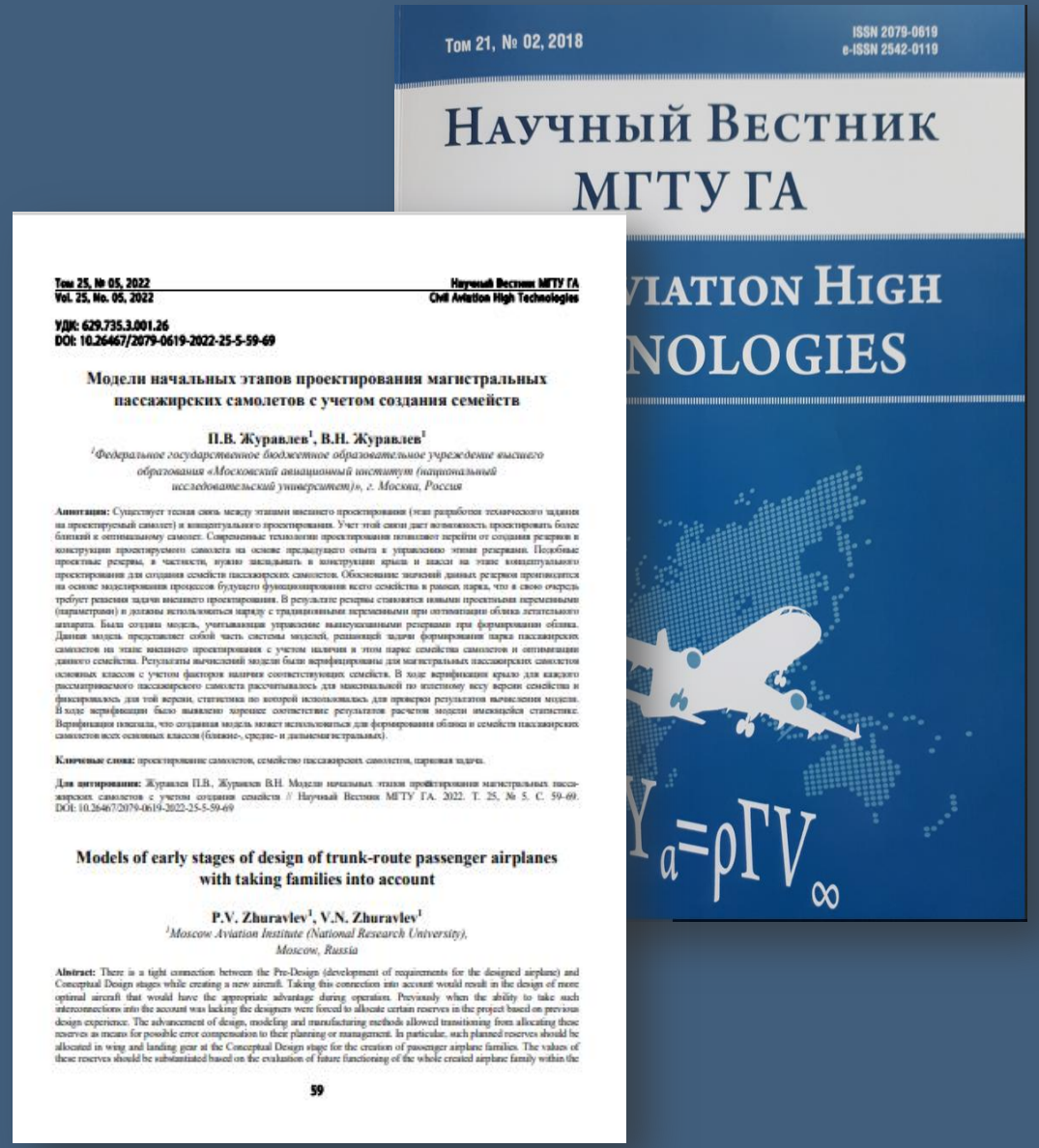
Лопасти современных турбовинтовых двигателей имеют сложную пространственную конфигурацию. Их можно отнести к классу оболочек. Методы расчета оболочек хорошо известны. На их основе создан ряд компьютерных программ. Однако в этих программах не учитываются особенности, связанные с взаимным влиянием деформаций лопасти и действующих на нее аэродинамических и инерционных нагрузок. Целью исследования являются разработка методики конечно-элементного расчета лопастей воздушных винтов самолетов с учетом аэроупругих эффектов и создание на ее основе компьютерной программы, доступной широкому кругу конструкторов и расчетчиков. Используется метод конечных элементов в геометрически нелинейной постановке. В качестве исходного используется уравнение равновесия, включающее полную нелинейную матрицу жесткости и учитывающее как консервативные, так и неконсервативные нагрузки. Задача решается способом последовательного нагружения, при этом исходное уравнение на каждом шаге нагружения линеаризуется, а частота вращения и геометрия лопасти считаются неизменными. Результаты шаговых расчетов суммируются. Рассчитана лопасть одного из серийных воздушных винтов на прочность. Обнаружено и проанализировано влияние деформаций на величину аэродинамической нагрузки и вследствие этого на напряжения в расчетных сечениях. Результаты расчета сопоставлены с экспериментальными данными. Предложенная методика и составленная на ее основе программа могут быть использованы при проектировании лопастей воздушных винтов самолетов. Для цитирования Агапов В.П., Айдемиров К.Р. Проектирование лопастей воздушных винтов самолет

Журавлев,П.В. Модели начальных этапов проектирования магистральных пассажирских самолетов с учетом создания семейств /П.В.Журавлев,В.Н.Журавлев //Научный вестник МГТУ ГА.- 2022.- Том 25.- № 5.- С.59-69.

Существует тесная связь между этапами внешнего проектирования (этап разработки технического задания на проектируемый самолет) и концептуального проектирования. Учет этой связи дает возможность проектировать более близкий к оптимальному самолет. Современные технологии проектирования позволяют перейти от создания резервов в конструкции проектируемого самолета на основе предыдущего опыта к управлению этими резервами. Подобные проектные резервы, в частности, нужно закладывать в конструкции крыла и шасси на этапе концептуального проектирования для создания семейств пассажирских самолетов. Обоснование значений данных резервов производится на основе моделирования процессов будущего функционирования всего семейства в рамках парка, что в свою очередь требует решения задачи внешнего проектирования. В результате резервы становятся новыми проектными переменными (параметрами) и должны использоваться наряду с традиционными переменными при оптимизации облика летательного аппарата…



Читать


Том 21, № 02, 2018 ISSN 2079-0619 e-ISSN 2542-0119

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК МГТУ ГА

VIATION HIGH NOLOGIES

Том 25, № 05, 2022 Научный Вестник МГТУ ГА
Vol. 25, No. 05, 2022 Civil Aviation High Technologies

УДК: 629.735.3.001.26
DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-5-59-69

Модели начальных этапов проектирования магистральных пассажирских самолетов с учетом создания семейств

П.В. Журавлев[1], В.Н. Журавлев[1]

[1]*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия*

Аннотация: Существует тесная связь между этапами внешнего проектирования (этап разработки технического задания на проектируемый самолет) и концептуального проектирования. Учет этой связи дает возможность проектировать более близкий к оптимальному самолет. Современные технологии проектирования позволяют перейти от создания резервов в конструкции проектируемого самолета на основе предыдущего опыта к управлению этими резервами. Подобные проектные резервы, в частности, нужно закладывать в конструкции крыла и шасси на этапе концептуального проектирования для создания семейств пассажирских самолетов. Обоснование значений данных резервов производится на основе моделирования процессов будущего функционирования всего семейства в рамках парка, что в свою очередь требует решения задачи внешнего проектирования. В результате резервы становятся новыми проектными переменными (параметрами) и должны использоваться наряду с традиционными переменными при оптимизации облика летательного аппарата. Была создана модель, учитывающая управление выносливыми резервами при формировании облика. Данная модель представляет собой часть системы моделей, решающей задачи формирования парка пассажирских самолетов на этапе внешнего проектирования с учетом наличия в этом парке семейства самолетов и оптимизации данного семейства. Результаты вычислений модели были верифицированы для магистральных пассажирских самолетов основных классов с учетом факторов наличия соответствующих семейств. В ходе верификации крыло для каждого рассматриваемого пассажирского самолета рассчитывалось для максимальной по известному весу версии семейства и фиксировалась для той версии, статистика по которой использовалась для проверки результатов вычисления модели. В ходе верификации было выявлено хорошее соответствие результатов расчетов модели имеющейся статистике. Верификация показала, что созданная модель может использоваться для формирования облика и семейств пассажирских самолетов всех основных классов (ближне-, средне- и дальнемагистральных).

Ключевые слова: проектирование самолетов, семейство пассажирских самолетов, парковая задача.

Для цитирования: Журавлев П.В., Журавлев В.Н. Модели начальных этапов проектирования магистральных пассажирских самолетов с учетом создания семейств // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 5. С. 59-69. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-5-59-69

Models of early stages of design of trunk-route passenger airplanes with taking families into account

P.V. Zhuravlev[1], V.N. Zhuravlev[1]

[1]*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia*

Abstract: There is a tight connection between the Pre-Design (development of requirements for the designed airplane) and Conceptual Design stages while creating a new aircraft. Taking this connection into account would result in the design of more optimal aircraft that would have the appropriate advantage during operation. Previously when the ability to take such interconnections into the account was lacking the designers were forced to allocate certain reserves in the project based on previous design experience. The advancement of design, modeling and manufacturing methods allowed transitioning from allocating these reserves as means for possible error compensation to their planning or management. In particular, such planned reserves should be allocated in wing and landing gear at the Conceptual Design stage for the creation of passenger airplane families. The values of these reserves should be substantiated based on the evaluation of future functioning of the whole created airplane family within the

59



Малая,Е.В. Перспективы развития и инновационные подхолы проектирования внешней обшивки самолета /Е.В.Малая,К.Л.Веденеева // Молодой исследователь Дона.-2026.-Том 11. № 2 (54).- С.49-53.

Исследуется влияние структуры, состава и обработки композитов на механические свойства и долговечность обшивки гражданских самолетов для выявления факторов надежности и разработки рекомендаций по проектированию. Проведен анализ функционального назначения, существующих материалов, конструкций, методов соединения, перспектив развития, включая обшивку с углублениями типа «димплов» для улучшения аэродинамики. Обнаружено преимущество композитов в прочности-весе, усталостной стойкости, коррозионной защите; углубления снижают сопротивление, шум, риск обледенения, оптимизируя топливную эффективность. Сделан вывод о перспективности композитов с инновационной текстурой и адаптивными структурами для авиации будущего. Результаты важны для создания легких, надежных конструкций, снижения затрат; статья предлагает практические решения, требующие полного ознакомления.

Читать



Панели пола салона и багажно – грузового отсека из полимерных композиционных материалов современного отечественного самолета.Ч.1. Разнообразие требований отечественных разработчиков воздушных судов к панелям пола салона и багажно-грузового отсека из полимерных композиционных материалов /А.А.Баранов [и др.] //Труды ВИАМ.- 2025.-№ 12.-(154).- С.25-36.

Рассмотрены различные подходы отечественных разработчиков авиационной техники к формированию требований для проектирования и производства панелей пола салона и багажно-грузового отсека из полимерных композиционных материалов. Проанализированы требования, предъявляемые к панелям пола и багажно-грузового отсека современных отечественных самолетов МС-21-300, SSJ-NEW, Ил-114-300, Ту-214 и др. с учетом мирового опыта. Рассмотрены проблемы унификации технических требований и возможности применения отечественных разработок в конструкции различных типов воздушных судов.

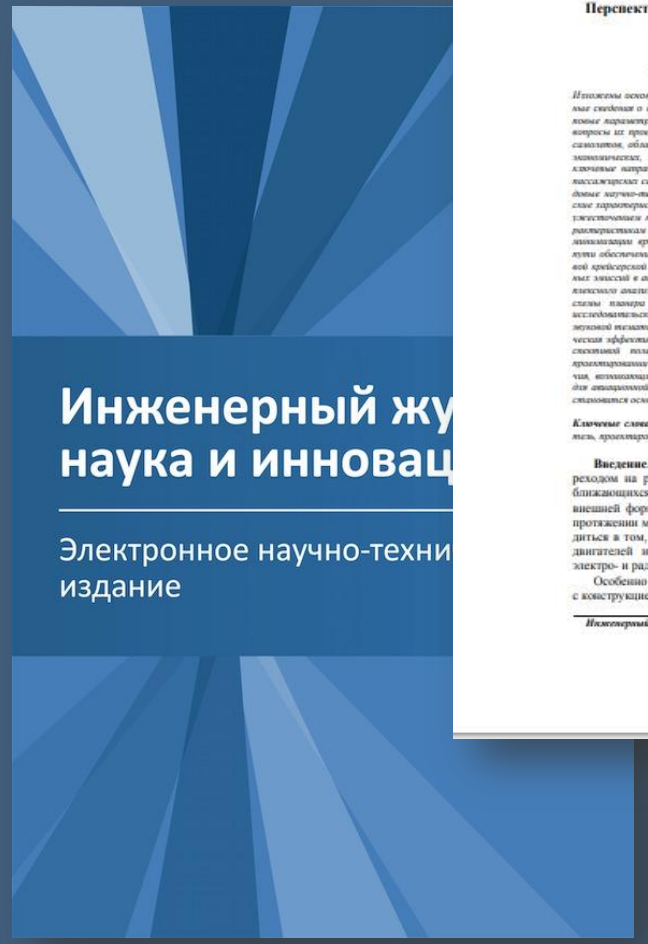
Читать

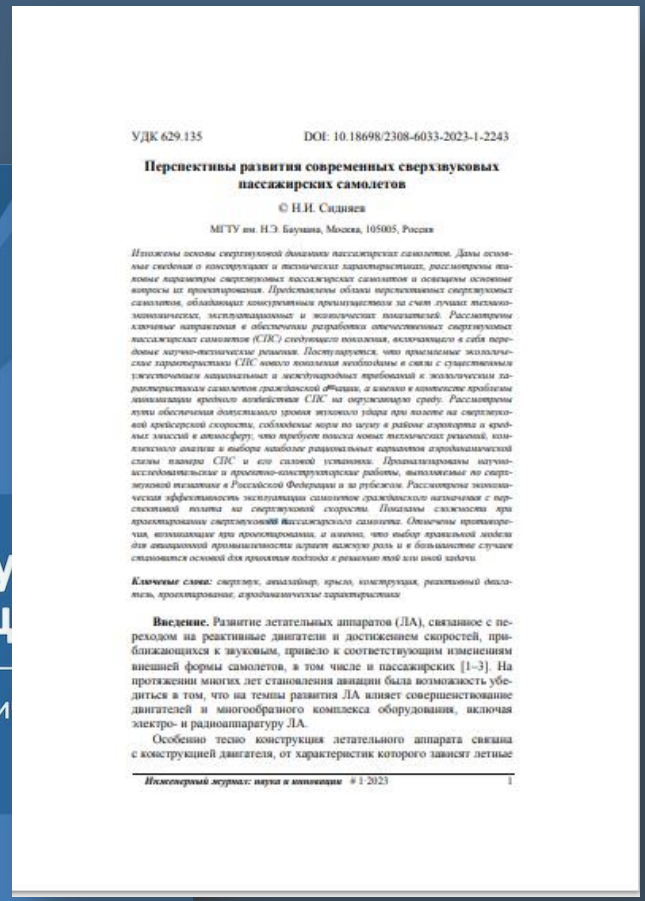
Сидняев,Н.М. Перспективы развития современных сверхзвуковых пассажирских самолетов /Н.И.Сидняев //Инженерный журнал: наука и инновации.- 2023.- №1(133).- С.1-24.

Изложены основы сверхзвуковой динамики пассажирских самолетов. Даны основные сведения о конструкциях и технических характеристиках, рассмотрены типовые параметры сверхзвуковых пассажирских самолетов и освещены основные вопросы их проектирования. Представлены облики перспективных сверхзвуковых самолетов, обладающих конкурентным преимуществом за счет лучших техникоэкономических, эксплуатационных и экологических показателей. Рассмотрены ключевые направления в обеспечении разработки отечественных сверхзвуковых пассажирских самолетов (СПС) следующего поколения, включающего в себя передовые научно-технические решения. Постулируется, что приемлемые экологические характеристики СПС нового поколения необходимы в связи с существенным ужесточением национальных и международных требований к экологическим характеристикам самолетов гражданской авиации, а именно в контексте проблемы минимизации вредного воздействия СПС на окружающую среду.



Читать





УДК 629.135 DOI: 10.18698/2308-6033-2023-1-2243

Перспективы развития современных сверхзвуковых пассажирских самолетов

© Н.И. Сидняев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Изложены основы сверхзвуковой динамики пассажирских самолетов. Даны основные сведения о конструкциях и технических характеристиках, рассмотрены типовые параметры сверхзвуковых пассажирских самолетов и освещены основные вопросы их проектирования. Представлены облики перспективных сверхзвуковых самолетов, обладающих конкурентным преимуществом за счет лучших технико-экономических, эксплуатационных и экологических показателей. Рассмотрены ключевые направления в обеспечении разработки отечественных сверхзвуковых пассажирских самолетов (СПС) следующего поколения, включающего в себя передовые научно-технические решения. Постулируется, что приемлемые экологические характеристики СПС нового поколения необходимы в связи с существенным ужесточением национальных и международных требований к экологическим характеристикам самолетов гражданской авиации, а именно в контексте проблемы минимизации вредного воздействия СПС на окружающую среду. Рассмотрены пути обеспечения допустимого уровня эмиссии озона при полете на сверхзвуковой крейсерской скорости, соблюдение норм по шуму в районе аэропорта и вредных эмиссий в атмосферу, что требует поиска новых технических решений, комплексного анализа и выборе наиболее рациональных вариантов аэродинамической схемы планера СПС и его силовой установки. Проанализированы научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы, выполняемые по сверхзвуковой тематике в Российской Федерации и за рубежом. Рассмотрена экономическая эффективность эксплуатации самолетов гражданского назначения с переменной тягой на сверхзвуковой скорости. Показаны сложности при проектировании сверхзвукового пассажирского самолета. Отмечены противоречия, возникающие при проектировании, и важно, что выбор правильной модели для авиационной промышленности играет важную роль и в большинстве случаев становится основой для принятия подходов к решению той или иной задачи.

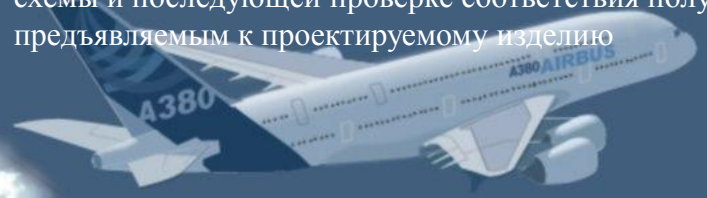
Ключевые слова: *сверхзвук, авиалайнер, крыло, конструкция, реактивный двигатель, проектирование, аэродинамические характеристики*

Введение. Развитие летательных аппаратов (ЛА), связанное с переходом на реактивные двигатели и достижением скоростей, приближающихся к звуковым, привело к соответствующим изменениям внешней формы самолетов, в том числе и пассажирских [1–3]. На протяжении многих лет становления авиации была возможность убедиться в том, что на темпы развития ЛА влияет совершенствование двигателей и многообразного комплекса оборудования, включая электро- и радиоаппаратуру ЛА.

Особенно тесно конструкция летательного аппарата связана с конструкцией двигателя, от характеристик которого зависят летные

Вышинский,Л.Л. Модели анализа компоновочных схем в задаче формирования облика самолета /Л,Л.Вышинский,Ю.А.Флеров // Информатика и ее применения.-2024.- Том 18.-№ 3.-С.2-11.

Рассматриваются задачи анализа характеристик проектируемого самолета на стадии формирования его облика. Характерная особенность этих задач состоит в отсутствии достаточной информации о конструкции самолета, которая появляется только на этапах эскизного и рабочего проектирования. По сути, это задачи технического прогнозирования по довольно ограниченному набору параметров, которым может оперировать проектировщик на этом этапе. Основная задача формирования облика - это синтез компоновочной схемы самолета и построение ее параметрического представления. Компоновочные схемы в практике проектирования представляют собой один из основных проектных документов и служат прообразом разрабатываемого изделия. Настоящая работа посвящена представлению математических моделей, предназначенных для построения оценок весовых, аэродинамических, летно-технических (ЛТХ) и взлетно-посадочных (ВПХ) характеристик самолета по параметрам его компоновочной схемы и последующей проверке соответствия полученных оценок требованиям, предъявляемым к проектируемому изделию





Читать



Кожиев,А.Ю. Международный и российский опыт развития аддитивного производства в современном авиастроении /А.Ю.Кожиев // Актуальные вопросы современной экономики.- 2024.- № 8.- С.285-292.

Аддитивное производство обладает огромными преимуществами в области прототипирования и быстрого изготовления продукции, а также потенциалом в области интегрированного проектирования, снижения стоимости и веса, что имеет большое значение для применения данных технологий в авиации. В последние годы производители самолетов добились значительного прогресса в производстве компонентов и конструкций, полученных путем аддитивного производства. Кроме того, все еще активно развиваются новые аддитивные технологии, многие из которых имеют бóльший потенциал, чем выборочное лазерное плавление (SLM) или аддитивное производство с использованием проволочной дуги (WAAM). Однако тема влияния компонентов, произведенных с помощью аддитивных технологий, на уровень безопасности при сборке и эксплуатации все еще является дискуссионной. Стабильность механических свойств, исследования усталости и дефектов, а также вопросы сертификации аддитивного производства являются основными проблемами для производителей до того, как аддитивные технологии будут действительно широко использоваться в проектировании и производстве самолетов.

Читать

Боев, А.Ф. 3D – моделирование конструкции системы кондиционирования самолета / А. Ф. Боев, И. В. Карпов, В. Б. Распопина // iPolytech Journal. - 2022.-№ 1. - С. 10-23.

Цель - формирование 3d-модели конструкции системы кондиционирования самолета для выполнения численного эксперимента в автоматизированной среде инженерного анализа. Полнота данной модели обусловлена требуемым результатом численного эксперимента. Суть эксперимента сводится к воссозданию условий протекания аэродинамических процессов в окрестности жалюзийной решетки, интегрированной в обшивку фюзеляжа в месте сообщения системы кондиционирования с внешней средой. Поэтому интерес представляет та часть конструкции системы кондиционирования, работа которой непосредственно влияет на параметры состояния прочности жалюзийной решетки…



Читать



iPolytech Journal 2022. Т. 26. № 1. С. 10–23. ISSN 2782-4691 (print)
2022;26(1):10-23

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Научная статья
https://doi.org/10.21285/1814-3520-2022-1-10-23
УДК 621.81:076.8

3d-моделирование конструкции системы кондиционирования самолета

Арсений Федорович Боев[1], Иван Викторович Карпов[2], Вера Борисовна Распопина[3]✉
[1,3] Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
[1]vlperiger1234rige@gmail.com
[2]karpovivanv@mail.ru
[3]vbr2604@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8960-6644

Резюме. Цель – формирование 3d-модели конструкции системы кондиционирования самолета для выполнения численного эксперимента в автоматизированной среде инженерного анализа. Полнота данной модели обусловлена требуемым результатом численного эксперимента. Суть эксперимента сводится к воссозданию условий протекания аэродинамических процессов в окрестности жалюзийной решетки, интегрированной в обшивку фюзеляжа в месте сообщения системы кондиционирования с внешней средой. Поэтому интерес представляет та часть конструкции системы кондиционирования, работа которой непосредственно влияет на параметры состояния прочности жалюзийной решетки. Для формирования цифровой копии оригинала была использована система автоматизированного проектирования Siemens NX. Ее инструментарий обладает возможностями построения высокоточных геометрических моделей. Результатом проделанной работы стала 3d-модель, которая позволит в цифровой среде инженерных расчетов получить модели процесса внешней и внутренней аэродинамик, позволяющие оценить параметры состояния прочности исследуемой детали. Показано, что данная модель представляет собой сочетание геометрических объектов, образованных совокупностью сборочных единиц. В частности, рассмотрены элементы системы кондиционирования: турбохолодильник, радиатор, клапан. Для воссоздания сложной геометрии оригиналов сборочных единиц этих агрегатов был разработан и оптимизирован алгоритм выбора и последовательности выполнения типовых операций системы Siemens NX таким образом, чтобы построить корректные 3d-модели. Построенная 3d-модель системы кондиционирования самолета позволит в цифровой среде инженерных расчетов смоделировать процессы внешней и внутренней аэродинамики, влияющие на параметры состояния прочности жалюзийной решетки. С помощью предложенной модели пользователь получает возможность изучить устройство системы кондиционирования самолета.

Ключевые слова: численный эксперимент, 3d-модель, CAD-программы, конструкция системы кондиционирования, полнотелая модель, тонкостенное тело

Для цитирования: Боев А. Ф., Карпов И. В., Распопина В. Б. 3d-моделирование конструкции системы кондиционирования самолета // iPolytech Journal. 2022. Т. 26. № 1. С. 10–23. https://doi.org/10.21285/1814-3520-2022-1-10-23.

MECHANICAL ENGINEERING AND MACHINE SCIENCE

Original article

3D modeling of the aircraft air conditioning system

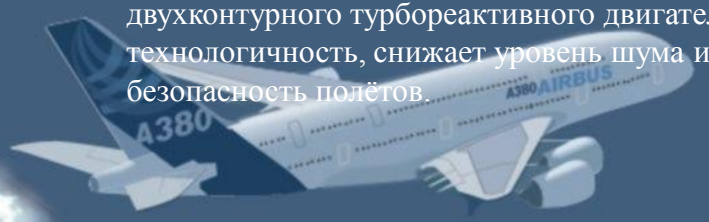
Arsenly F. Boev[1], Ivan V. Karpov[2], Vera B. Raspopina[3]✉
[1,3] Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]vlperiger1234rige@gmail.com
[2]karpovivanv@mail.ru
[3]vbr2604@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8960-6644

Abstract. The study aim was to develop a 3D model representing the aircraft air conditioning system with the purpose of performing a numerical experiment in an automated environment of engineering analysis. The completeness of this model was associated with the required result of the numerical experiment. During the experiment, we simulated

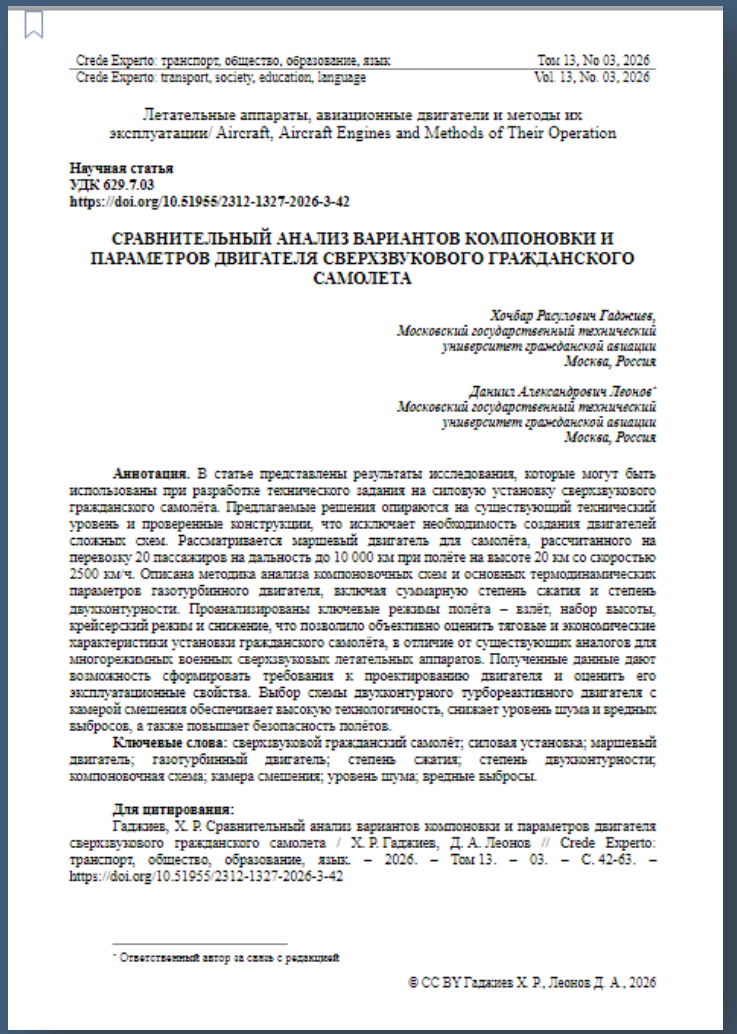
© Боев А. Ф., Карпов И. В., Распопина В. Б., 2022

Гаджиев, Х.Р. Сравнительный анализ вариантов компоновки и параметров двигателя сверхзвукового гражданского самолета / Х. Р. Гаджиев, Д. А. Леонов // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. - 2026. - № 3. - С. 42-63.

В статье представлены результаты исследования, которые могут быть использованы при разработке технического задания на силовую установку сверхзвукового гражданского самолёта. Предлагаемые решения опираются на существующий технический уровень и проверенные конструкции, что исключает необходимость создания двигателей сложных схем. Рассматривается маршевый двигатель для самолёта, рассчитанного на перевозку 20 пассажиров на дальность до 10 000 км при полёте на высоте 20 км со скоростью 2500 км/ч. Описана методика анализа компоновочных схем и основных термодинамических параметров газотурбинного двигателя, включая суммарную степень сжатия и степень двухконтурности. Проанализированы ключевые режимы полёта – взлёт, набор высоты, крейсерский режим и снижение, что позволило объективно оценить тяговые и экономические характеристики установки гражданского самолёта, в отличие от существующих аналогов для многорежимных военных сверхзвуковых летательных аппаратов. Полученные данные дают возможность сформировать требования к проектированию двигателя и оценить его эксплуатационные свойства. Выбор схемы двухконтурного турбореактивного двигателя с камерой смешения обеспечивает высокую технологичность, снижает уровень шума и вредных выбросов, а также повышает безопасность полётов.



Читать



Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык — Том 13, № 03, 2026
Crede Experto: transport, society, education, language — Vol. 13, No. 03, 2026

Летательные аппараты, авиационные двигатели и методы их эксплуатации/ Aircraft, Aircraft Engines and Methods of Their Operation

Научная статья
УДК 629.7.03
https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-3-42

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВКИ И ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЯ СВЕРХЗВУКОВОГО ГРАЖДАНСКОГО САМОЛЕТА

Хочбар Расулович Гаджиев,
Московский государственный технический университет гражданской авиации
Москва, Россия

*Даниил Александрович Леонов**
Московский государственный технический университет гражданской авиации
Москва, Россия

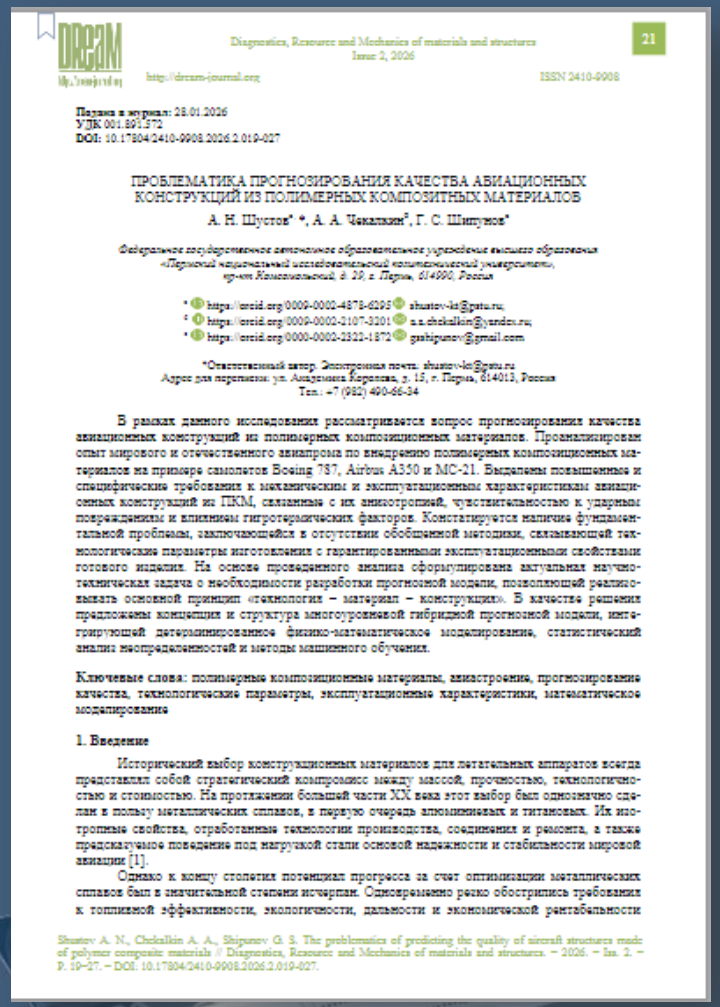
Аннотация. В статье представлены результаты исследования, которые могут быть использованы при разработке технического задания на силовую установку сверхзвукового гражданского самолёта. Предлагаемые решения опираются на существующий технический уровень и проверенные конструкции, что исключает необходимость создания двигателей сложных схем. Рассматривается маршевый двигатель для самолёта, рассчитанного на перевозку 20 пассажиров на дальность до 10 000 км при полёте на высоте 20 км со скоростью 2500 км/ч. Описана методика анализа компоновочных схем и основных термодинамических параметров газотурбинного двигателя, включая суммарную степень сжатия и степень двухконтурности. Проанализированы ключевые режимы полёта – взлёт, набор высоты, крейсерский режим и снижение, что позволило объективно оценить тяговые и экономические характеристики установки гражданского самолёта, в отличие от существующих аналогов для многорежимных военных сверхзвуковых летательных аппаратов. Полученные данные дают возможность сформировать требования к проектированию двигателя и оценить его эксплуатационные свойства. Выбор схемы двухконтурного турбореактивного двигателя с камерой смешения обеспечивает высокую технологичность, снижает уровень шума и вредных выбросов, а также повышает безопасность полётов.

Ключевые слова: сверхзвуковой гражданский самолёт; силовая установка; маршевый двигатель; газотурбинный двигатель; степень сжатия; степень двухконтурности; компоновочная схема; камера смешения; уровень шума; вредные выбросы.

Для цитирования:
Гаджиев, Х. Р. Сравнительный анализ вариантов компоновки и параметров двигателя сверхзвукового гражданского самолета / Х. Р. Гаджиев, Д. А. Леонов // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2026. – Том 13. – 03. – С. 42-63. – https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-3-42

* Ответственный автор за связь с редакцией

© CC BY Гаджиев Х. Р., Леонов Д. А., 2026



Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures
Issue 2, 2026

21

http://dream-journal.org

ISSN 2410-9908

Подана в журнал: 28.01.2026
УДК 001.891.572
DOI: 10.17804/2410-9908.2026.2.019-027

ПРОБЛЕМАТИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Н. Шустов* ●, А. А. Чекалкин●, Г. С. Шипунов*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», пр-кт Комсомольский, д. 29, г. Пермь, 614990, Россия

* https://orcid.org/0009-0002-4878-6295 shustov-ki@pstu.ru;
● https://orcid.org/0009-0002-2107-3201 a.a.chekalkin@yandex.ru;
* https://orcid.org/0000-0002-2322-1872 gshipunov@gmail.com

*Ответственный автор. Электронная почта: shustov-ki@pstu.ru
Адрес для переписки: ул. Академика Королева, д. 15, г. Пермь, 614013, Россия
Тел.: +7 (982) 490-66-34

В рамках данного исследования рассматривается вопрос прогнозирования качества авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов. Проанализирован опыт мирового и отечественного авиапрома по внедрению полимерных композиционных материалов на примере самолетов Boeing 787, Airbus A350 и МС-21. Выделены повышенные и специфические требования к механическим и эксплуатационным характеристикам авиационных конструкций из ПКМ, связанные с их анизотропией, чувствительностью к ударным повреждениям и влиянием гигротермических факторов. Констатируется наличие фундаментальной проблемы, заключающейся в отсутствии обобщенной методики, связывающей технологические параметры изготовления с гарантированными эксплуатационными свойствами готового изделия. На основе проведенного анализа сформулирована актуальная научно-техническая задача о необходимости разработки прогнозной модели, позволяющей реализовывать основной принцип «технология – материал – конструкция». В качестве решения предложены концепция и структура многоуровневой гибридной прогнозной модели, интегрирующей детерминированное физико-математическое моделирование, статистический анализ неопределенностей и методы машинного обучения.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, авиастроение, прогнозирование качества, технологические параметры, эксплуатационные характеристики, математическое моделирование

1. Введение

Исторический выбор конструкционных материалов для летательных аппаратов всегда представлял собой стратегический компромисс между массой, прочностью, технологичностью и стоимостью. На протяжении большей части XX века этот выбор был однозначно сделан в пользу металлических сплавов, в первую очередь алюминиевых и титановых. Их изотропные свойства, отработанные технологии производства, соединения и ремонта, а также предсказуемое поведение под нагрузкой стали основой надежности и стабильности мировой авиации [1].

Однако к концу столетия потенциал прогресса за счет оптимизации металлических сплавов был в значительной степени исчерпан. Одновременно резко обострились требования к топливной эффективности, экологичности, дальности и экономической рентабельности

Shustov A. N., Chekalkin A. A., Shipunov G. S. The problematics of predicting the quality of aircraft structures made of polymer composite materials // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2026. – Iss. 2. – P. 19–27. – DOI: 10.17804/2410-9908.2026.2.019-027.

Проблематика прогнозирования качества авиационных конструкций из полимерных композитных материалов / А. Н. Шустов,А. А. Чекалкин [и др.] // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. - 2026. - № 2. - С. 19-27.

В рамках данного исследования рассматривается вопрос прогнозирования качества авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов. Проанализирован опыт мирового и отечественного авиапрома по внедрению полимерных композиционных материалов на примере самолетов Boeing 787, Airbus A350 и МС-21. Выделены повышенные и специфические требования к механическим и эксплуатационным характеристикам авиационных конструкций из ПКМ, связанные с их анизотропией, чувствительностью к ударным повреждениям и влиянием гигротермических факторов. Констатируется наличие фундаментальной проблемы, заключающейся в отсутствии обобщенной методики, связывающей технологические параметры изготовления с гарантированными эксплуатационными свойствами готового изделия. На основе проведенного анализа сформулирована актуальная научно-техническая задача о необходимости разработки прогнозной модели, позволяющей реализовывать основной принцип «технология - материал - конструкция». В качестве решения предложены концепция и структура многоуровневой гибридной прогнозной модели, интегрирующей детерминированное физико-математическое моделирование, статистический анализ неопределенностей и методы машинного обучения.

Читать

Павлов, А.А. Конструкторско – технологическое проектирование деталей из слоистого тканевого композита / А. А. Павлов // Онтология проектирования. - 2022. - № 3. - С. 393-404.

Рассматриваются особенности решения задачи проектирования деталей сложной формы из слоистых тканевых композитов в триаде «материал-технология-конструкция». На основе разработанных моделей проектная задача формулируется в терминах нелинейного математического программирования. Новым является подход к выбору основных проектных переменных путём разбиения цифровой модели изделия на конструктивно-технологические группы, которые обеспечивают быстрый и наглядный поиск рациональной структуры и распределения материала в конструкции с использованием генетического алгоритма оптимизации. Предлагаемый подход является развитием методики «точного проектирования» и обеспечивает технологическую осуществимость композитных конструкций слоистой структуры и их высокую весовую отдачу с минимальными доработками на завершающих стадиях проектирования. Применение методики показано на примере решения задачи проектирования композиционного кронштейна навески интерцептора пассажирского самолёта. Сравнение спроектированного кронштейна из слоистого тканевого композита с металлическим аналогом показало значительное снижение массы кронштейна.



Читать



УДК 620.22 Научная статья DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-3-393-404

Конструкторско-технологическое проектирование деталей из слоистого тканевого композита

© 2022, А.А. Павлов

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

Аннотация

Рассматриваются особенности решения задачи проектирования деталей сложной формы из слоистых тканевых композитов в триаде «материал-технология-конструкция». На основе разработанных моделей проектная задача формулируется в терминах нелинейного математического программирования. Новым является подход к выбору основных проектных переменных путём разбиения цифровой модели изделия на конструктивно-технологические группы, которые обеспечивают быстрый и наглядный поиск рациональной структуры и распределения материала в конструкции с использованием генетического алгоритма оптимизации. Предлагаемый подход является развитием методики «точного проектирования» и обеспечивает технологическую осуществимость композитных конструкций слоистой структуры и их высокую весовую отдачу с минимальными доработками на завершающих стадиях проектирования. Применение методики показано на примере решения задачи проектирования композиционного кронштейна навески интерцептора пассажирского самолёта. Сравнение спроектированного кронштейна из слоистого тканевого композита с металлическим аналогом показало значительное снижение массы кронштейна.

Ключевые слова: проектирование, конструкция, слоистый тканевый композит, удельная, цифровая модель, конструктивно-технологическая группа, оптимизация, генетический алгоритм.

Цитирование: Павлов А.А. Конструкторско-технологическое проектирование деталей из слоистого тканевого композита // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №3(45). С.393-404. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-3-393-404.

Благодарности: автор выражает признательность научному руководителю профессору Комарову В.А. и членам редколлегии журнала «Онтология проектирования» за замечания и рекомендации по усовершенствованию данной статьи.

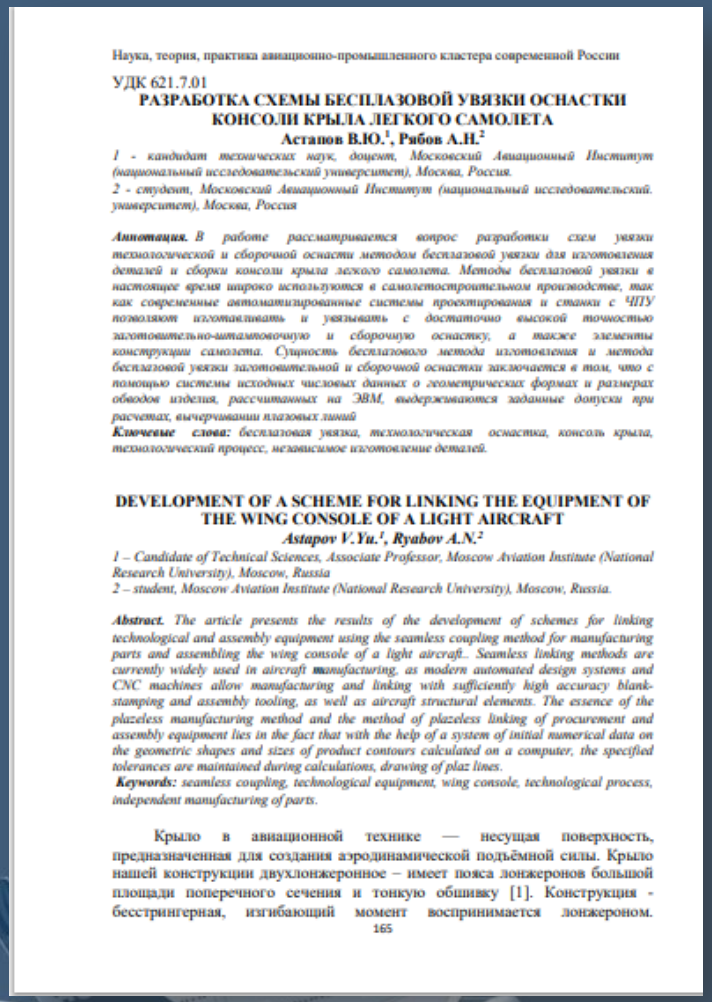
Финансирование: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государственному заданию в части «Разработка методики прогнозирования и повышения несущей способности аэрокосмических конструкций их слоистых композитов с учётом физической нелинейности материала» (проект FSSS-2020-0016).

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В последние десятилетия более 80% инновационных разработок в сфере авиационной техники базируется на внедрении новых конструкционных материалов и технологий их производства [1, 2]. Использование современных высокопрочных композиционных материалов позволяет обеспечить высокие функциональные характеристики и весовую эффективность авиационных конструкций, снизить материалоёмкость, продолжительность создания и стоимость жизненного цикла изделий [3].

В настоящее время доля слоистых композиционных материалов в силовых конструкциях планера современных пассажирских самолётов достигает 50% и с каждым годом увеличивается [4, 5]. Однако сфера применения слоистых композитов, армированных непрерывными волокнами, пока ещё ограничена тонкостенными несущими конструкциями. Данный класс



Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России

УДК 621.7.01

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ БЕСПЛАЗОВОЙ УВЯЗКИ ОСНАСТКИ КОНСОЛИ КРЫЛА ЛЕГКОГО САМОЛЕТА

Астапов В.Ю.[1], Рябов А.Н.[2]

1 - кандидат технических наук, доцент, Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия.

2 - студент, Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский. университет), Москва, Россия

Аннотация. *В работе рассматривается вопрос разработки схем увязки технологической и сборочной оснасти методом бесплазовой увязки для изготовления деталей и сборки консоли крыла легкого самолета. Методы бесплазовой увязки в настоящее время широко используются в самолетостроительном производстве, так как современные автоматизированные системы проектирования и станки с ЧПУ позволяют изготавливать и увязывать с достаточно высокой точностью заготовительно-штамповочную и сборочную оснастку, а также элементы конструкции самолета. Сущность бесплазового метода изготовления и метода бесплазовой увязки заготовительной и сборочной оснастки заключается в том, что с помощью системы исходных числовых данных о геометрических формах и размерах обводов изделия, рассчитанных на ЭВМ, выдерживаются заданные допуски при расчетах, вычерчивании плазовых линий*

Ключевые слова: *бесплазовая увязка, технологическая оснастка, консоль крыла, технологический процесс, независимое изготовление деталей.*

DEVELOPMENT OF A SCHEME FOR LINKING THE EQUIPMENT OF THE WING CONSOLE OF A LIGHT AIRCRAFT

Astapov V.Yu.[1], Ryabov A.N.[2]

1 – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

2 – student, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia.

Abstract. *The article presents the results of the development of schemes for linking technological and assembly equipment using the seamless coupling method for manufacturing parts and assembling the wing console of a light aircraft.. Seamless linking methods are currently widely used in aircraft manufacturing, as modern automated design systems and CNC machines allow manufacturing and linking with sufficiently high accuracy blank-stamping and assembly tooling, as well as aircraft structural elements. The essence of the plazeless manufacturing method and the method of plazeless linking of procurement and assembly equipment lies in the fact that with the help of a system of initial numerical data on the geometric shapes and sizes of product contours calculated on a computer, the specified tolerances are maintained during calculations, drawing of plaz lines.*

Keywords: *seamless coupling, technological equipment, wing console, technological process, independent manufacturing of parts.*

Крыло в авиационной технике — несущая поверхность, предназначенная для создания аэродинамической подъёмной силы. Крыло нашей конструкции двухлонжеронное – имеет пояса лонжеронов большой площади поперечного сечения и тонкую обшивку [1]. Конструкция - бесстрингерная, изгибающий момент воспринимается лонжероном.

Астапов,В.Ю. Разработка схемы бесплазовой увязки оснастки консоли крыла легкого самолета /В.Ю.Астапов,А.Н.Рябов //Наука, теория,практика авиационно-промышленного кластера современной России. Материалы X Всероссийской научно-производственной конференции.Ульяновск,2025. – 2025.- С.165-171.

В работе рассматривается вопрос разработки схем увязки технологической и сборочной оснасти методом бесплазовой увязки для изготовления деталей и сборки консоли крыла легкого самолета. Методы бесплазовой увязки в настоящее время широко используются в самолетостроительном производстве, так как современные автоматизированные системы проектирования и станки с ЧПУ позволяют изготавливать и увязывать с достаточно высокой точностью заготовительно-штамповочную и сборочную оснастку, а также элементы конструкции самолета. Сущность бесплазового метода изготовления и метода бесплазовой увязки заготовительной и сборочной оснастки заключается в том, что с помощью системы исходных числовых данных о геометрических формах и размерах обводов изделия, рассчитанных на ЭВМ, выдерживаются заданные допуски при расчетах, вычерчивании плазовых линий

Читать



Паткин,Н.С. Проектирование умного крыла самолета как элемента энергосбережения авиационной техники /Н.С.Паткин, Д.Е.Борисов //Международный технико-экономический журнал.- 2019.-№ 6.- С.33-41.

Большое значение для летательных аппаратов играет аэродинамическое проектирование крыла с очень высоким уровнем аэродинамических характеристик как в крейсерском полете, так и на взлетно-посадочных режимах с применением модели автоматического управления. Однако в большинстве из условий обеспечения продольной балансировки на режимах взлета и посадки механизация передней и задней кромки отсутствует. Следовательно, одновременное обеспечение необходимого уровня аэродинамических характеристик в крейсерском полете и на взлетно-посадочных режимах требует комплексного подхода к выбору профилирования крыла, а также и выбора его формы и автоматизации при этом процесса управления. Целью работы является оценка аэродинамического облика перспективного транспортного самолета схемы «летающее крыло» большого удлинения сложной формы в плане. Объект исследования – аэродинамические и летно-технические характеристики самолета схемы «летающее крыло». Задача исследования – разработка инструмента автоматизации для целей энергосбережения. В работе показаны аспекты формирования снижения энергопотребления конструкций, которые затрагивают такие аспекты, как повышение надежности конструкций самолетов, и формируют на данной основе возможности повышения эффективности летательных аппаратов. Предлагается расчет системы формирования потенциала энергосбережения и структурирования энергетических затрат.

Читать

Ефимов,В.В. К вопросу создания базового перечня факторов опасности, связанных с деятельностью разработчика перспективного сверхзвукового гражданского самолета /В.В.Ефимов, В.В.Воробьев,В.Д.Шаров // Научный вестник МГТУ ГА.- Том 29.-№ 3.-С. 33-47.



Том 29, № 03, 2026
Vol. 29, No. 03, 2026
Научный Вестник МГТУ ГА
Civil Aviation High Technologies

УДК 629.735.33
DOI: 10.26467/2079-0619-2026-29-3-33-47

К вопросу создания базового перечня факторов опасности, связанных с деятельностью разработчика перспективного сверхзвукового гражданского самолета

В.В. Ефимов[1], В.В. Воробьев[1], В.Д. Шаров[1]
[1] *Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Россия*

Аннотация: В настоящее время в России существуют различные документы, утвержденные постановлениями Правительства Российской Федерации, направленные на повышение авиатранспортной связанности регионов и мобильности населения. Одним из способов решения данной задачи может стать создание нового сверхзвукового гражданского самолета. Среди многих вызовов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией таких самолетов, важное место занимает проблема обеспечения безопасности полетов, что решается с помощью разработки и внедрения систем управления безопасностью полетов разработчиков, изготовителей и эксплуатантов гражданских воздушных судов. Важным условием эффективного управления рисками при эксплуатации сверхзвукового гражданского самолета является наличие полного перечня факторов опасности, их источников и угроз. Его разработка должна основываться на анализе опыта эксплуатации сверхзвукового гражданского самолета, изучении особенностей сверхзвукового полета, ознакомления с проектами сверхзвуковых гражданских самолетов. Риски при эксплуатации неразрывно связаны с рисками, возникающими при разработке и изготовлении самолета. В связи с этим в настоящей работе сделана попытка создания базового перечня факторов опасности, связанных с деятельностью разработчика перспективного сверхзвукового гражданского самолета. Анализ особенностей конструкции и эксплуатации сверхзвукового гражданского самолета, выполненный на основе открытых источников, показал, что существуют специфические явления, возникающие при сверхзвуковом полете, которые необходимо учитывать при разработке перечня факторов опасности. К таким явлениям относятся: волновое сопротивление, сдвиг центра давления и фокуса назад, уменьшение эффективности несущих поверхностей, звуковой удар и др. При создании перечня факторов опасности, связанных с деятельностью разработчика, следует учитывать, что разработчик должен обеспечить выпуск документации для изготовления воздушного судна, обладающего летной годностью на уровне, не ниже заданного в нормах летной годности. Однако действующие в настоящее время Нормы летной годности самолетов транспортной категории не учитывают особенности эксплуатации самолетов на сверхзвуковых скоростях полета, что является одним из источников факторов опасности. В связи с этим в настоящей работе предложен примерный базовый перечень факторов опасности, источников и угроз при разработке сверхзвукового гражданского самолета, непосредственно влияющих на его эксплуатацию. Оценка же риска должна выполняться непосредственно в организации эксплуатанта с использованием утвержденных в его Системе управления безопасностью полетов процедур и инструментария.

Ключевые слова: сверхзвуковой гражданский самолет, безопасность полетов, система управления безопасностью полетов, фактор опасности, источник фактора опасности, риски для безопасности полетов, угроза.

Для цитирования: Ефимов В.В., Воробьев В.В., Шаров В.Д. К вопросу создания базового перечня факторов опасности, связанных с деятельностью разработчика перспективного сверхзвукового гражданского самолета // Научный вестник МГТУ ГА. 2026. Т. 29, № 3. С. 33–47. DOI: 10.26467/2079-0619-2026-29-3-33-47

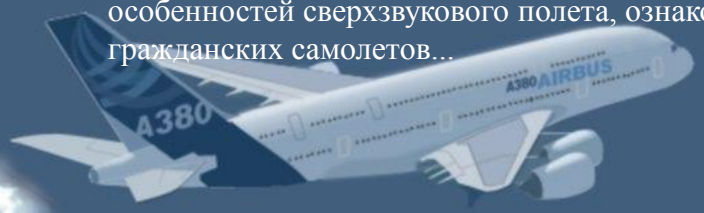
On the issue of creating a basic list of hazards associated with the activities of the developer of a promising supersonic civil aircraft

V.V. Efimov[1], V.V. Vorobyev[1], V.D. Sharov[1]
[1] *Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

Abstract: Currently, Russia has various documents, approved by government decrees, aimed at improving regional air transport connectivity and population mobility. One of the ways to address this issue could be the development of a new supersonic civil aircraft. Among the many challenges associated with the design, manufacture, and operation of such aircraft, an important place is

33

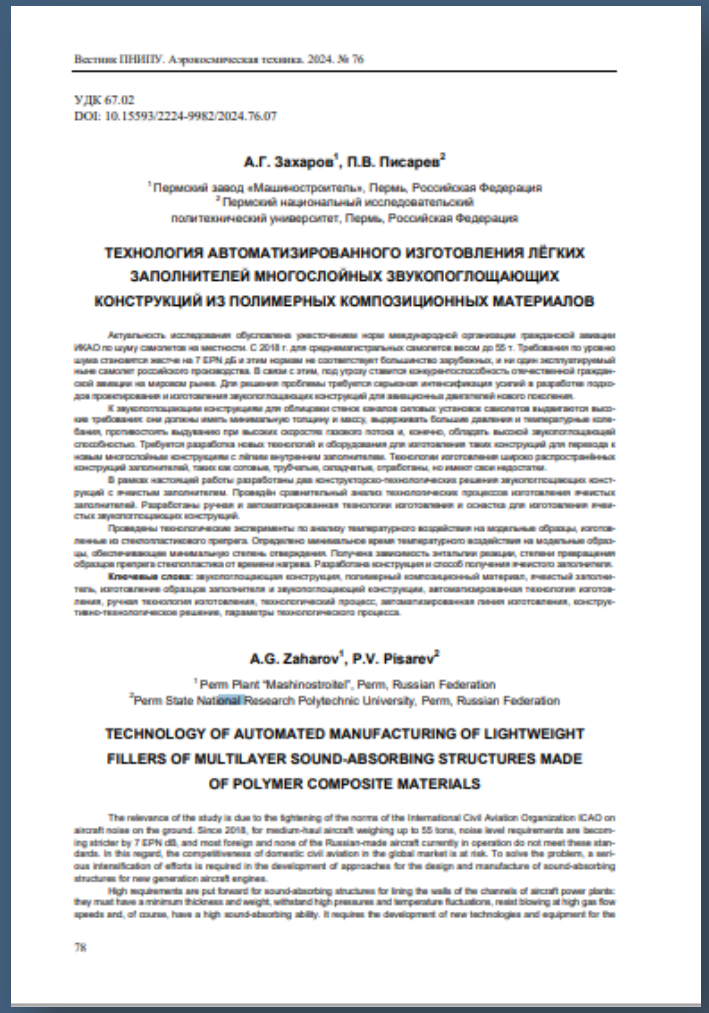
В настоящее время в России существуют различные документы, утвержденные постановлениями Правительства Российской Федерации, направленные на повышение авиатранспортной связанности регионов и мобильности населения. Одним из способов решения данной задачи может стать создание нового сверхзвукового гражданского самолета. Среди многих вызовов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией таких самолетов, важное место занимает проблема обеспечения безопасности полетов, что решается с помощью разработки и внедрения систем управления безопасностью полетов разработчиков, изготовителей и эксплуатантов гражданских воздушных судов. Важным условием эффективного управления рисками при эксплуатации сверхзвукового гражданского самолета является наличие полного перечня факторов опасности, их источников и угроз. Его разработка должна основываться на анализе опыта эксплуатации сверхзвукового гражданского самолета, изучении особенностей сверхзвукового полета, ознакомления с проектами сверхзвуковых гражданских самолетов...



Читать

Захаров,А.Г. Технология автоматизированного изготовления легких заполнителей многослойных звукопоглощающих конструкций из полимерных композиционных материалов / А.Г.Захаров, П.В.Писарев // Пермский национальный исследовательский политехнический университет.- 2024.- Выпуск: 76.- С.78-88.

Актуальность исследования обусловлена ужесточением норм международной организации гражданской авиации ИКАО по шуму самолетов на местности. С 2018 г. для среднемагистральных самолетов весом до 55 т. Требования по уровню шума становятся жестче на 7 EPN дБ и этим нормам не соответствует большинство зарубежных, и ни один эксплуатируемый ныне самолет российского производства. В связи с этим, под угрозу ставится конкурентоспособность отечественной гражданской авиации на мировом рынке. Для решения проблемы требуется серьезная интенсификация усилий в разработке подходов проектирования и изготовления звукопоглощающих конструкций для авиационных двигателей нового поколения. К звукопоглощающим конструкциям для облицовки стенок каналов силовых установок самолетов выдвигаются высокие требования: они должны иметь минимальную толщину и массу, выдерживать большие давления и температурные колебания, противостоять выдуванию при высоких скоростях газового потока и, конечно, обладать высокой звукопоглощающей способностью. Требуется разработка новых технологий и оборудования для изготовления таких конструкций для перехода к новым многослойным конструкциям с лёгким внутренним заполнителем. Технологии изготовления широко распространённых конструкций заполнителей, таких как сотовые, трубчатые, складчатые, отработаны, но имеют свои недостатки. В рамках настоящей работы разработаны два конструкторско-технологических решения звукопоглощающих конструкций с ячеистым заполнителем. Проведён сравнительный анализ технологических процессов изготовления ячеистых заполнителей. Разработаны ручная и автоматизированная технологии изготовления и оснастка для изготовления ячеистых звукопоглощающих конструкций. Проведены технологические эксперименты по анализу температурного воздействия на модельные образцы, изготовленные из стеклопластикового препрега. Определено минимальное время температурного воздействия на модельные образцы, обеспечивающее минимальную степень отверждения. Получена зависимость энтальпии реакции, степени превращения образцов препрега стеклопластика от времени нагрева. Разработана конструкция и способ получения ячеистого заполнителя



Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2024. № 76

УДК 67.02
DOI: 10.15593/2224-9982/2024.76.07

А.Г. Захаров[1], П.В. Писарев[2]

[1] Пермский завод «Машиностроитель», Пермь, Российская Федерация
[2] Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЁГКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Актуальность исследования обусловлена ужесточением норм международной организации гражданской авиации ИКАО по шуму самолетов на местности. С 2018 г. для среднемагистральных самолетов весом до 55 т. Требования по уровню шума становятся жестче на 7 EPN дБ и этим нормам не соответствует большинство зарубежных, и ни один эксплуатируемый ныне самолет российского производства. В связи с этим, под угрозу ставится конкурентоспособность отечественной гражданской авиации на мировом рынке. Для решения проблемы требуется серьезная интенсификация усилий в разработке подходов проектирования и изготовления звукопоглощающих конструкций для авиационных двигателей нового поколения.

К звукопоглощающим конструкциям для облицовки стенок каналов силовых установок самолетов выдвигаются высокие требования: они должны иметь минимальную толщину и массу, выдерживать большие давления и температурные колебания, противостоять выдуванию при высоких скоростях газового потока и, конечно, обладать высокой звукопоглощающей способностью. Требуется разработка новых технологий и оборудования для изготовления таких конструкций для перехода к новым многослойным конструкциям с лёгким внутренним заполнителем. Технологии изготовления широко распространённых конструкций заполнителей, таких как сотовые, трубчатые, складчатые, отработаны, но имеют свои недостатки.

В рамках настоящей работы разработаны два конструкторско-технологических решения звукопоглощающих конструкций с ячеистым заполнителем. Проведён сравнительный анализ технологических процессов изготовления ячеистых заполнителей. Разработаны ручная и автоматизированная технологии изготовления и оснастка для изготовления ячеистых звукопоглощающих конструкций.

Проведены технологические эксперименты по анализу температурного воздействия на модельные образцы, изготовленные из стеклопластикового препрега. Определено минимальное время температурного воздействия на модельные образцы, обеспечивающее минимальную степень отверждения. Получена зависимость энтальпии реакции, степени превращения образцов препрега стеклопластика от времени нагрева. Разработана конструкция и способ получения ячеистого заполнителя.

Ключевые слова: звукопоглощающая конструкция, полимерный композиционный материал, ячеистый заполнитель, изготовление образцов заполнителя и звукопоглощающей конструкции, автоматизированная технология изготовления, ручная технология изготовления, технологический процесс, автоматизированная линия изготовления, конструктивно-технологическое решение, параметры технологического процесса.

A.G. Zaharov[1], P.V. Pisarev[2]

[1] Perm Plant "Mashinostroitel", Perm, Russian Federation
[2] Perm State National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

TECHNOLOGY OF AUTOMATED MANUFACTURING OF LIGHTWEIGHT FILLERS OF MULTILAYER SOUND-ABSORBING STRUCTURES MADE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

The relevance of the study is due to the tightening of the norms of the International Civil Aviation Organization ICAO on aircraft noise on the ground. Since 2018, for medium-haul aircraft weighing up to 55 tons, noise level requirements are becoming stricter by 7 EPN dB, and most foreign and none of the Russian-made aircraft currently in operation do not meet these standards. In this regard, the competitiveness of domestic civil aviation in the global market is at risk. To solve the problem, a serious intensification of efforts is required in the development of approaches for the design and manufacture of sound-absorbing structures for new generation aircraft engines.

High requirements are put forward for sound-absorbing structures for lining the walls of the channels of aircraft power plants: they must have a minimum thickness and weight, withstand high pressures and temperature fluctuations, resist blowing at high gas flow speeds and, of course, have a high sound-absorbing ability. It requires the development of new technologies and equipment for the

78

Читать

Черняев,А.А. Проектирование авиационных конструкций по технологии точного попадания /А.А.Черняев //Актуальные проблемы авиации и космонавтики.- 2016.- Том !.- № 12.- С.276-278.

Рассматриваются сложившийся традиционный и новый складывающийся сейчас более прогрессивный порядок проектирования авиационных конструкций, получивший название технологии точного попадания.



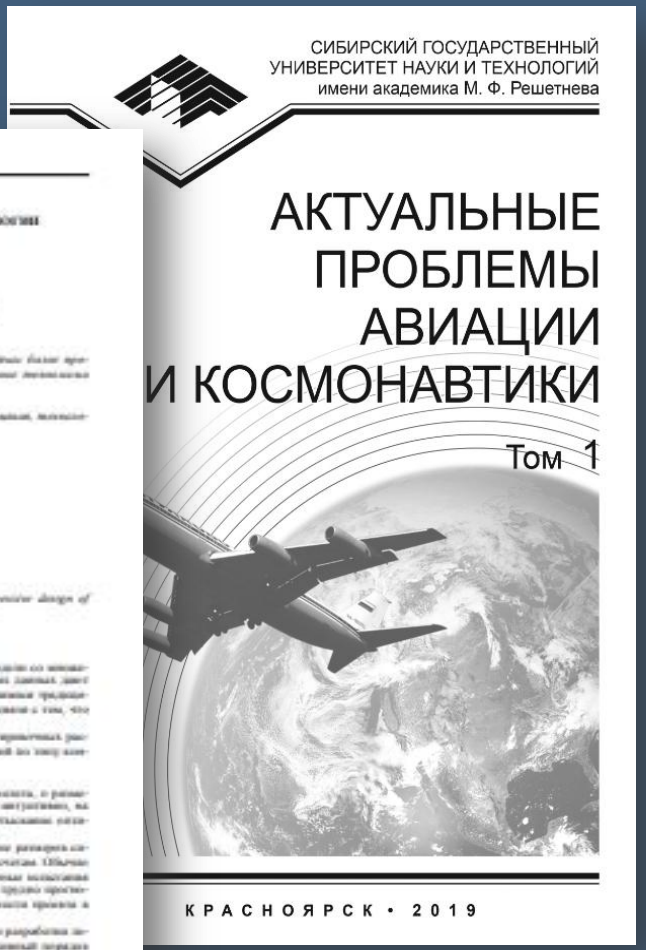
Читать



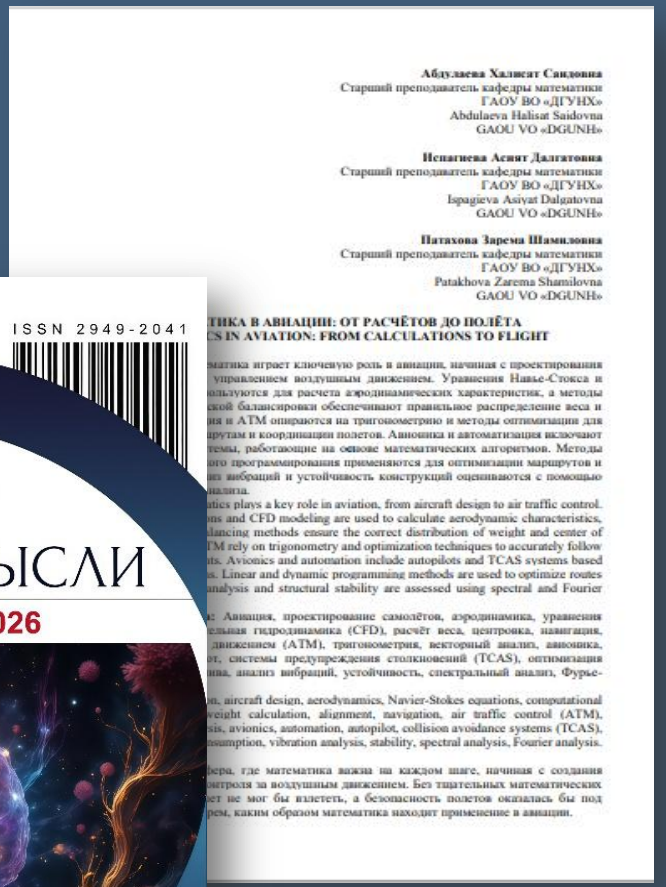
УДК 629.7

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ПОПАДАНИЯ

DESIGN AEROSTRUCTURES TECHNOLOGY EXACT HIT



Абдулаева,Х.С. Математика в авиации: от расчетов до полета / Х.С.Абдулаева,А.Д. Ислагиева,З.Ш.Патахова //Вектор научной мысли.-2026.- № 1.- С.286-289.



Абдулаева Халисат Саидовна
Старший преподаватель кафедры математики
ГАОУ ВО «ДГУНХ»
Abdulaeva Halisat Saidovna
GAOU VO «DGUNH»

Испагиева Асият Далгатовна
Старший преподаватель кафедры математики
ГАОУ ВО «ДГУНХ»
Ispagieva Asiyat Dalgatovna
GAOU VO «DGUNH»

Патахова Зарема Шамиловна
Старший преподаватель кафедры математики
ГАОУ ВО «ДГУНХ»
Patakhova Zarema Shamilovna
GAOU VO «DGUNH»

ТИКА В АВИАЦИИ: ОТ РАСЧЁТОВ ДО ПОЛЁТА
CS IN AVIATION: FROM CALCULATIONS TO FLIGHT

матика играет ключевую роль в авиации, начиная с проектирования управлением воздушным движением. Уравнения Навье-Стокса и ользуются для расчета аэродинамических характеристик, а методы кой балансировки обеспечивают правильное распределение веса и ия и АТМ опираются на тригонометрию и методы оптимизации для ршрутам и координации полетов. Авионика и автоматизация включают темы, работающие на основе математических алгоритмов. Методы ого программирования применяются для оптимизации маршрутов и ез вибраций и устойчивость конструкций оцениваются с помощью нализа.

atics plays a key role in aviation, from aircraft design to air traffic control. ns and CFD modeling are used to calculate aerodynamic characteristics, alancing methods ensure the correct distribution of weight and center of TM rely on trigonometry and optimization techniques to accurately follow ts. Avionics and automation include autopilots and TCAS systems based s. Linear and dynamic programming methods are used to optimize routes analysis and structural stability are assessed using spectral and Fourier

: Авиация, проектирование самолётов, аэродинамика, уравнения ельная гидродинамика (CFD), расчёт веса, центровка, навигация, движением (ATM), тригонометрия, векторный анализ, авионика, от, системы предупреждения столкновений (TCAS), оптимизация ина, анализ вибраций, устойчивость, спектральный анализ, Фурье-

n, aircraft design, aerodynamics, Navier-Stokes equations, computational eight calculation, alignment, navigation, air traffic control (ATM), sis, avionics, automation, autopilot, collision avoidance systems (TCAS), sumption, vibration analysis, stability, spectral analysis, Fourier analysis.

кера, где математика важна на каждом шаге, начиная с создания нтроля за воздушным движением. Без тщательных математических ет не мог бы взлететь, а безопасность полетов оказалась бы под рем, каким образом математика находит применение в авиации.



Математика играет ключевую роль в авиации, начиная с проектирования самолетов и заканчивая управлением воздушным движением. Уравнения Навье-Стокса и CFD-моделирование используются для расчета аэродинамических характеристик, а методы статической и динамической балансировки обеспечивают правильное распределение веса и центра тяжести. Навигация и АТМ опираются на тригонометрию и методы оптимизации для точного следования маршрутам и координации полетов. Авионика и автоматизация включают автопилоты и TCAS-системы, работающие на основе математических алгоритмов. Методы линейного и динамического программирования применяются для оптимизации маршрутов и экономии топлива. Анализ вибраций и устойчивость конструкций оцениваются с помощью спектрального и Фурье-анализ



Читать

Капустин,А.А. Самолеты нового поколения /А.А.Капустин //Наука и инновации.-2019.- № 9(199) .- С. 16-20.

Работа посвящена обзору передовых научных разработок по проектированию самолетов и их систем с полностью электрифицированным оборудованием и оценке их эффективности. Приведены, в частности, некоторые особенности и характеристики оснащенных им самолетов. Определены ключевые требования к современным системам электроснабжения для достижения максимального экономического эффекта. Сделан вывод, что концепция самолета с полностью электрифицированным оборудованием соответствует перспективным направлениям развития авиации и способствует созданию летательных аппаратов с высокой топливно-энергетической эффективностью.



Читать



Титов, А. И. Основы понимания полета / А. И. Титов. - Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. -236 с.



Приводится описание феномена возникновения подъемной силы и связанных с этим вопросов: силы, действующие на самолет, характеристики крыльев, вопросы устойчивости и управляемости самолета, а также требования к двигателям и особенности их работы, полет с высокой скоростью, летные качества самолета, аэродинамические испытания. В отдельных главах описываются особенности вертолетов и автожиров, а также некоторые вопросы конструкции летательных аппаратов. Для учащихся средних учебных заведений, студентов первых курсов университетов в качестве курса введения в специальность инженеров аэрокосмической техники, а также для всех интересующихся авиацией.



Читать

Благодарим за внимание !

