

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)» (МАИ)

КАФЕДРА 601 «КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАКЕТОСТРОЕНИЕ»

КАФЕДРА 602 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ АВИАЦИОННО-РАКЕТНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ»

КАФЕДРА 608 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЭРОГИДРОКОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого Совета
Аэрокосмического института

 О.В. Тушавина

Протокол от 22 февраля 2018г. №1

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ

ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ **24.06.01** АВИАЦИОННАЯ И
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ **05.07.02** ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И
ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: основы устройства летательных аппаратов (ЛА), основы конструирования ЛА, аэродинамика, прочность ЛА, методы оптимального проектирования ЛА, инженерные методы проектирования ЛА, проектирование управления автоматических ЛА, инженерные методы проектирования конструкций ЛА, надежность ЛА, общее проектирование двухсредных ЛА, методы проектирования двухсредных ЛА, прикладная гидромеханика, надежность и эффективность двухсредных ЛА, энергосиловые системы двухсредных ЛА, конструирование двухсредных ЛА и их агрегатов, методы теории искусственного интеллекта, аэрогидробаллистическое проектирование, теоретические основы технологии, технологические процессы изготовления деталей ЛА, технологические процессы производства ЛА, технологические процессы контроля и испытаний ЛА.

Раздел 1. Проектирование летательных аппаратов

1.1. Летательный аппарат как объект проектирования, структура, состав, функции. Принципы системного подхода при проектировании, условия существования и развития. Определение и задачи проектирования. Жизненный цикл изделий, стадии разработки и создания ЛА.

Обобщенная исходная модель ЛА как многоступенчатого аппарата. Проектные параметры. Обобщенные управляющие функции. Обобщенная математическая весогабаритная модель ЛА. Математическая модель режимов движения ЛА.

Особенности боевого применения ЛА. Информационное обеспечение авиационно-ракетных комплексов. Комплекс ЛА - основная структурная единица. Отличительные особенности современных ЛА. Новое поколение ЛА - интеллектуальное высокоточное оружие. Новые условия боевых операций ЛА.

1.2. Общие и частные критерии оценки проектно-конструкторских решений. Содержание и методы разработки технического задания на проект ЛА. Проектное моделирование, весовой и баллистический анализ ЛА, модели оценки эффективности и затрат на создание. Выбор основных проектных параметров. Общий подход к оптимизации проектных параметров ЛА (проектных решений): задача, критерии, модели, математическая формулировка постановок задач проектирования, методы оптимизации. Особенности проектно - конструкторских задач - многокритериальный, многопараметрический, динамический, стохастический характер, основные методы поиска решений. Алгоритм решения проектных задач. Три составляющих процесса проектирования: изобретательство, инженерный анализ, принятие решений.

Конструктивно-компоновочная схема (ККС). Уравнения существования и функционирования ЛА. Тройственность процесса

компоновки: аэродинамическая, объемно-массовая и конструктивно-силовая компоновка. Компоновка и центровка ЛА. Компоновочные чертежи, общие виды, теоретические чертежи, требования к ним.

1.3. Основные абсолютные и относительные параметры ЛА. Связи между характеристиками и параметрами ЛА. Влияние параметров ЛА на его летно-технические и технико - экономические характеристики. Анализ влияния основных проектных параметров ЛА на дальность полета, начальную массу, массу полезной нагрузки и т.п. Выбор расчетных случаев и условий для проектирования ЛА, ограничения по числу М, скоростному напору, расчетной перегрузке и др. Выбор типовых траекторий полета ЛА.

1.4. Аэродинамика ЛА. Физические свойства воздуха. Воздушный поток и его свойства. Уравнения установившегося движения. Особенности сверхзвукового обтекания. Аэродинамические силы: подъемная и боковая силы, сила сопротивления. Поляра летательного аппарата. Аэродинамические моменты: моменты тангажа, рыскания и крена. Продольная балансировка и статическая устойчивость ЛА.

1.5. Задачи проектирования систем управления, стабилизации и наведения ЛА. Важнейшие характеристики управляемости и их связи с параметрами ЛА. Возмущающие факторы. Методы и реализация органов управления. Проектирование несущих поверхностей. Проектирование органов управления ЛА.

Управление летательными аппаратами. Физические основы управления. Уравнения движения ЛА. Формирование команды управления. Методы и траектории теленаведения. Методы и траектории самонаведения. Контур управления при теленаведении. Контур управления при самонаведении. Формирование управляющих воздействий. Способы создания управляющих воздействий. Передаточные функции жесткого БЛА. Бортовая система стабилизации. Обоснование структуры и выбор основных параметров системы стабилизации при аэродинамическом способе управления. Влияние упругости конструкции на работу системы стабилизации. Передаточные функции упругого ЛА. Выбор способов обеспечения устойчивости контура стабилизации упругого ЛА. Особенности проектирования системы стабилизации поперечного движения ЛА (по тангажу, курсу) при сочетании аэродинамического и газодинамического способов создания сил и моментов.

1.6. Методы оптимального проектирования. Классификация методов оптимального проектирования. Вариационные методы оптимального проектирования. Нелинейные методы оптимального проектирования. Методы оптимизации при векторном критерии. Область компромиссов. Нормализация критериев эффективности. Учет приоритета критериев. Интеллектуальные методы проектирования. Нейросетевые методы. Методы проектирования на основе гибких вычислений. Генетические алгоритмы. Статистический синтез проектных решений при разработке сложных систем. Модели и методы статистического синтеза. Устойчивость проектных решений. Прикладные задачи статистического синтеза.

1.7. Проектирование и управление разработкой. Программа обеспечения надежности и безопасности. Влияние требований к надежности и безопасности (в том числе экологической) на проектно - конструкторские решения. Модернизация комплексов, создание модификаций ЛА. Особенности решения соответствующих проектно конструкторских задач.

1.8. Особенности устройства и функционирования ЛА различного назначения. Высокоточное ракетное оружие. Зенитные управляемые ракеты. Авиационные ракеты воздушного боя. Крылатые ракеты, предназначенные для поражения наземных и морских точечных объектов. Управляемые (корректируемые) бомбы. Противотанковые управляемые ракеты. Противоракеты. Тактические и оперативно-тактические комплексы сухопутных войск. Беспилотные боевые самолеты. Дистанционно-пилотируемые ЛА и их комплексы.

Бортовое оборудование и оснащение ЛА. Бортовая аппаратура управления и стабилизации полета ЛА. Бортовые координаторы цели (головки самонаведения). Аппаратура системы автоматического управления и стабилизации. Силовые приводы. Приемно-передающая аппаратура. Боевое оснащение ЛА. Взрывчатые вещества, применяемые для снаряжения боевых частей ЛА. Устройство и конструкция элементов боевого оснащения ЛА: боевые части; взрыватели; предохранительно-исполнительные механизмы. Аппаратура обеспечения функционирования бортовых систем. Бортовые источники электропитания и бортовая сеть. Телеметрическая аппаратура.

Рекомендуемая литература

1. Аппазов Р.Ф., Лавров С.С., Мишин В.П. Баллистика управляемых ракет дальнего действия. Наука, 1966.
2. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования / Под ред. И.С. Голубева и И.К. Туркина. 3-е изд.- М.: МАИ, 2010.
3. Новиков В.Н. Введение в ракетно-космическую технику. - М.: Изд-во МАИ. 2010.
4. Тарасов Е.В., Балык В.М. Методы проектирования двухсредных летательных аппаратов. Учебное пособие. М.: МАИ-ПРИНТ, 2008.
5. Голубев И.С, Самарин А.В. Проектирование конструкций летательных аппаратов: Учебник для студентов втузов.- М.: Машиностроение, 1991.
6. Гуцин В.Н. Проектирование искусственных спутников Земли. Тексты лекций. -М.: МАИ, 1999, 56 с.
7. Гуцин В.Н. Управление разработками авиакосмических систем. Учеб. пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1999.
8. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). Учебник для технических вузов / В.П. Мишин, В.К. Безвербый, Б.М. Панкратов и др.; Под ред. В.П. Мишина. -М.: Машиностроение, 1985.

9. Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов: Учебник для студентов вузов/ Б.В. Грабин, О.И. Давыдов, В.И. Жихарев и др.; Под ред. В.П. Мишина, В.К. Карраска.-М: Машиностроение, 1991.
10. Проектирование зенитных управляемых ракет / Под ред. И.С. Голубева и В.Г. Светлова: 2-е изд. - М.: Изд-во МАИ, 2001.
11. Щеверов Д.Н., Матвеев Ю.А. Проектирование и управление разработкой ЛА. М. 1993.
12. Матвеев Ю.А. Методы проектирования модификаций ЛА при разработке. -М.: 1992.
13. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. М.: Горячая линия-Телеком, 2002.
14. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MatLab и Fuzzi Tech. СПб.: Изд-во ВHV, 2011.
15. Мизрохи В.А. Проектирование управления зенитных ракет. Учебно-научное издание. -М.: Изд-во ООО «Экслибрис-Пресс», 2010.
16. Системы оборудования летательных аппаратов. Учебник. / Под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова. -М.: Машиностроение, 1995.

Вопросы к разделу 1

1. Классификация ЛА. Сведения о ЛА различного назначения, особенностях их устройства и функционирования.
2. Понятие сложной технической системы (структура, функционирование, управление). Комплекс ЛА - основная структурная единица. ЛА в составе комплекса - сложной технической системы.
3. Аэродинамические силы ЛА. Аэродинамическое качество. Поляра.
4. Аэродинамические моменты ЛА. Продольная балансировка и статическая устойчивость ЛА.
5. Уравнения движения ЛА.
6. Методы и траектории теленавещения. Оценка точности теленавещения. Контур управления при теленавещении.
7. Методы и траектории самонавещения. Оценка точности самонавещения. Контур управления при самонавещении.
8. Способы создания управляющих сил и моментов.
9. Передаточные функции ЛА.
10. Обоснование структуры и выбор основных параметров системы стабилизации при аэродинамическом способе управления.
11. Влияние упругости конструкции на работу системы стабилизации. Выбор способов обеспечения устойчивости контура стабилизации упругого ЛА.
12. Бортовая аппаратура управления и стабилизации полета ЛА. Головки самонавещения. Аппаратура системы автоматического управления и стабилизации. Приемно-передающая аппаратура. Силовые приводы.
13. Устройство и конструкция боевого оснащения ЛА: боевые части, взрыватели, предохранительно-исполнительные механизмы.

14. Аппаратура обеспечения функционирования бортовых систем. Бортовые источники электропитания. Телеметрическая аппаратура.
15. Зенитные управляемые ракеты. Особенности устройства и функционирования.
16. Авиационные ракеты воздушного боя. Особенности устройства и функционирования.
17. Крылатые ракеты, предназначенные для поражения наземных и морских точечных объектов. Особенности устройства и функционирования.
18. Управляемые (корректируемые) бомбы. Особенности устройства и функционирования.
19. Противотанковые управляемые ракеты. Особенности устройства и функционирования.
20. Беспилотные боевые самолеты. Особенности устройства и функционирования.
21. Дистанционно-пилотируемые ЛА и их комплексы.
22. Виды функций управления ЛА.
23. Условия физического и функционального существования ЛА.
24. Вариационный метод оптимального проектирования геофизической исследовательской ракеты с ЖРД.
25. Методы статистического синтеза проектного решения
26. Нейросетевое моделирование.

Раздел 2. Конструкция летательных аппаратов и их агрегатов

2.1. Принципы конструирования ЛА. Эволюция компоновок конструкций ЛА. Фактор преемственности конструкций. Прогнозирование развития конструкций. Методы формирования конструктивно-силовой схемы. Критерии качества и факторы, его определяющие. Конструкционные способы обеспечения качества: прочность конструкции, устойчивость, герметичность, долговечность, надежность.

Нормы прочности. Коэффициент безопасности. Нормы прочности для различных случаев нагружения.

2.2. Системный подход при проектировании агрегата. Основные положения системного подхода. Учет целостности системы. Исследование специфических связей элементов. Критерии эффективности. Связи подсистем в зависимости от числа составляющих. Прямые и опосредованные связи. Требования к агрегату, определяемые взаимодействием с другими элементами бортовой системы. Требование более высоких уровней структуры двухсредных ЛА. Требования к конструкции при эксплуатации в одной среде. Особенности конструкции агрегатов, предназначенных для работы в одной среде, в двух средах, герметичность, повышенная жёсткость и коррозионная стойкость.

2.3. Теоретические и методологические основы инженерного проектирования ЛА. Смысловое содержание инженерного проектирования. Разработка технического задания. Формирование концепции проекта.

Инженерный анализ альтернативных вариантов обликов изделий. Задачи принятия решения. Сущность и содержание эффективности технических систем. Целевая эффективность ЛА. Вероятность выполнения целевой задачи. Надежность ЛА. Проектная эффективность ЛА. Обобщенные свойства ЛА и их взаимосвязь. Содержание и показатели проектной эффективности. Общая характеристика стоимостных показателей ЛА. Себестоимость продукции. Цена продукции. Определение стоимостных показателей. Критериальный анализ проектных решений. Частные критерии анализа: технический уровень ЛА; начальная масса БЛА; средние затраты на выполнение целевой задачи. Системный анализ проектных вариантов БЛА: Разработка типовой операции; моделирование операции; анализ результатов.

Задачи обликового проектирования ЛА. Общая характеристика задач инженерного проектирования ЛА. Применение системного подхода к проектированию ЛА в составе большой технической системы. Стадии обликового проектирования и решаемые на них задачи. Схемы ЛА и их анализ. Выбор схемы ЛА. Аэродинамические схемы. Газодинамические схемы и устройства. Комбинированные (аэрогазодинамические) схемы и устройства. Динамические свойства схем ЛА. Выбор схемы ЛА. Выбор типа двигательной установки. Увязка облика ЛА с бортовой системой управления. Предварительная оценка массово-геометрических параметров БЛА и его бортового оборудования. Баллистическое проектирование БЛА. Уточнение структуры, выбор параметров системы управления, оценка эффективности БЛА. САПР - инструмент проектанта.

Проектирование конструкций ЛА. Общая характеристика конструкций ЛА и процессов функционирования ЛА. Внутренние функции планера. Внешние функции планера. Силы и перегрузки, действующие на ЛА. Коэффициент безопасности. Характеристики теплового воздействия на ЛА. Динамика конструкций. Общая характеристика динамических процессов. Общая характеристика задач проектирования конструкций ЛА. Этапы проектирования конструкций ЛА. Понятие структуры конструкции. Конструктивно-силовая схема. Конструктивно-технологическое решение. Критерии в задачах проектирования. Критерий минимум массы - основной критерий. Частные критерии, используемые в задачах проектирования конструкций ЛА. Обеспечение минимальной массы конструкции. Технологичность конструкций в производстве и эксплуатации. Основные показатели и способы обеспечения технологичности. Прямые и обратные задачи проектирования конструкций ЛА.

2.4. Инженерные методы проектирования конструкций ЛА. Проектирование конструкций двигательных установок ЛА. Газодинамическое проектирование РДТТ. Выбор типа твердотопливного заряда. Выбор рабочего давления в камере сгорания. Определение параметров камеры сгорания, твердотопливного заряда и соплового блока. Проектирование корпуса РДТТ. Выбор расчетных условий. Проектирование обечайки и днищ (конструкции, в том числе из композиционных материалов,

и теплозащитного покрытия). Схемы газодинамических органов управления вектором тяги.

Проектирование конструкций двигательных установок с ЖРД. Выбор проектных параметров двигательных установок с ЖРД: давление в камере сгорания; давления наддува топливных баков; типа системы подачи топлива, способа изменения вектора тяги. Конструкция камеры ЖРД и определение ее основных параметров. Компонентная и конструктивно-силовая схема баков; определение основных параметров силовой конструкции баков: обечайки и днищ.

Проектирование конструкций корпусов ЛА. Нагрузки, действующие на корпус ЛА. Требования к конструкции корпуса. Элементы силовой конструкции корпуса: обшивка, стрингеры, лонжероны, шпангоуты -функции и типовые сечения. Анализ конструктивно-силовых схем корпусов. Лонжеронный корпус. Стрингерный корпус. Бесстрингерные корпуса с однослойной и многослойной обшивкой. Ферменные и рамные конструкции. Конструктивно-технологические решения корпусов ЛА. Материалы корпусов. Фрезерованные, штампованные и литые отсеки корпуса. Отсеки вафельного типа. Гофрированные обшивки. Трехслойные обшивки с наполнителем. Клепаные, клееклепаные, сварные соединения элементов корпуса. Конструкции ЛА из композиционных материалов. Определение основных конструктивных параметров балочного корпуса. Гладкая оболочка монококового (бесстрингерного) отсека корпуса. Подкрепленная оболочка полумонококового (стрингерного) отсека корпуса.

Герметичные конструкции. Определение герметичности. Назначение герметичных конструкций в составе ЛА. Контур герметичности агрегата (системы).

Проектирование конструкций несущих поверхностей. Конструктивные схемы крыльев. Лонжеронная схема. Кессонная схема. Моноблочная схема. Функции элементов силовой конструкции крыла: обшивка, стрингеры, лонжероны, нервюры. Узлы крепления крыла к корпусу ЛА. Особенности конструктивных схем стреловидных и треугольных крыльев: крылья с переломом осей продольных силовых элементов у борта корпуса и крылья с внутренней подкосной балкой. Определение основных конструктивных параметров сечения крыла. Расчет параметров сечения кессонного (моноблочного) крыла. Расчет параметров сечения лонжеронного крыла. Особенности проектирования конструкций оперения ЛА. Типы оперения. Конструкции оперения. Определение основных параметров и характеристик оперения. Анализ и выбор конструктивно-силовой схемы оперения и рулей. Конструкции складных несущих поверхностей.

2.5. Постановка задачи разработки агрегата. Классификация задач по степени полноты исходных данных для разработки агрегата:

- задана конструктивно-компонентная схема;
- предложена идея конструктивной реализации на основе принципиальной схемы агрегата;
- известно только математическое описание работы агрегата;

- задана цель, которая должна быть достигнута при функционировании агрегата.

Последовательность разработки агрегата при заданной конструктивно-компоновочной схеме:

- анализ исходных данных, составление функциональной схемы, определение входа и выхода агрегата и их параметров;
- типовые части, агрегаты, двигатель, трансмиссия, рабочие органы, органы управления;
- определение формы и увязка взаимодействия основных частей на основе кинематических и других схем;
- составление расчетно-проектных схем;
- определение параметров деталей;
- проектные расчеты, степень их подробности и объем на различных этапах.

2.6. Особенности совместного проектирования конструкции и системы управления ЛА. Физическая модель взаимодействия упругого ЛА и САУ в полете. Математические модели аэроупругих колебаний ЛА. Определение передаточных функций упругого ЛА. Анализ устойчивости контура «упругий ЛА - система стабилизации» с использованием частотного критерия. Анализ мероприятий, направленных на повышение запасов устойчивости. Мероприятия, связанные с изменением характеристик конструкции, параметров и характеристик системы стабилизации.

2.7. Требования, предъявляемые к энергетическим системам. Основные типы источников питания на борту ЛА. Гидравлические и газовые системы и их агрегаты, основные характеристики. Влияние вида и интенсивности действующих нагрузок на конструкцию ЛА. Массовые и жесткостные характеристики авиационных конструкций, работа силовых элементов и выбор силовых схем. Обеспечение прочности и жесткости авиационных конструкций. Учет явлений аэротермоупругости при проектировании. Массовая и экономическая оценка, конструктивно-проектировочных решений. Нагрев ЛА в полете и методы теплозащиты. Массовые эквиваленты различных характеристик ЛА и условия оптимальности конструктивно-проектировочных решений. Экономические характеристики авиационных конструкций. Характеристики и выбор органов управления ЛА. Требования к двигательной установке. Типы и характеристики двигателей ЛА. Установка двигателей на ЛА. Входные и выходные устройства двигателей. Топливные системы. Топливные отсеки в конструкции корпуса. Защита топлива от кинетического нагрева. Повторяемость нагрузок в полете и при движении ЛА по земле. Изменение состояния конструкции в условиях эксплуатации. Основы определения усталостного ресурса конструкции и анализ факторов, влияющих на усталостный ресурс. Пути повышения усталостной прочности конструкции. Прогнозирование, нормирование и обеспечение надежности, живучести и безопасности ЛА. Резервирование в системах управления. Обеспечение надежности энергетических систем в эксплуатации.

Рекомендуемая литература

1. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования / Под ред. И.С. Голубева и И.К. Туркина. 3-е изд.- М.: МАИ, 2010.
2. Голубев И.С, Самарин А.В. Проектирование конструкций летательных аппаратов- М.: Машиностроение, 1991.
3. Патрушев В.И. Конструирование технических объектов. Учебное пособие.-М.:Изд-во МАИ, 1993.
4. Ильичев А.В., Волков В.Д., Грущанский В.А. Эффективность проектируемых элементов сложных систем. Учебное пособие. М.: Наука, 1989.
5. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты) / Под ред. И.С. Голубева и Ю.И. Янкевича. - М.: Изд-во МАИ, 2006.
6. Парафесь С.Г., Сафронов В.С., Туркин И.К. Задачи оптимального проектирования беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие. -М.: Изд-во МАИ, 2002.
7. Парафесь С.Г., Туркин И.К. Методы и средства динамических испытаний конструкций летательных аппаратов. Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 2002.
8. Чернобровкин Л.С. Общие вопросы проектирования и выбор схемы летательного аппарата. Учебное пособие. -М.: Изд-во МАИ, 1987.
9. Чернобровкин Л.С. Аэродинамическая компоновка летательного аппарата. Баллистическое проектирование. Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1988.
10. Петраш В.Я., Коваленко А.И. Расчет параметров и характеристик летательных аппаратов с устройствами газодинамического управления. Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 2003.

Вопросы к разделу 2

1. Смысловое содержание инженерного проектирования. Разработка технического задания. Формирование концепции проекта.
2. Сущность и содержание эффективности технических систем. Обобщенные свойства ЛА и их взаимосвязь. Содержание и показатели проектной эффективности ЛА.
3. Критериальный анализ проектных решений. Частные критерии анализа: технический уровень ЛА, начальная масса ЛА и др.
4. Стадии обликового проектирования и решаемые на них задачи.
5. Схемы ЛА и их анализ. Аэродинамические, газодинамические комбинированные (аэрогазодинамические) схемы. Динамические свойства ЛА. Выбор схемы ЛА.
6. Выбор типа двигательной установки. Увязка облика ЛА с бортовой системой управления. Предварительная оценка массово-геометрических параметров ЛА и его бортового оборудования.

7. Баллистическое проектирование ЛА.
8. Уточнение структуры и выбор параметров системы управления. Оценка эффективности ЛА.
9. Система автоматизированного проектирования и конструирования (САПР) - инструмент проектанта. Принципы организации и структура САПР.
10. Общая характеристика конструкций ЛА и процессов функционирования ЛА. Внутренние и внешние функции планера. Силы и перегрузки, действующие на ЛА. Коэффициент безопасности. Тепловые и динамические нагрузки.
11. Этапы проектирования конструкций ЛА и решаемые на них задачи.
12. Критерии в задачах проектирования конструкций. Критерий минимум массы - основной критерий. Обеспечение минимальной массы конструкции. Технологичность конструкций в производстве и эксплуатации. Основные показатели и способы обеспечения технологичности.
13. Прочность и жесткость балочных и оболочечных конструкций. Условия прочности и жесткости.
14. Связи и ограничения устойчивости тонкостенных конструкций. Критерий статической и динамической устойчивости.
15. Собственные и вынужденные колебания ЛА. Формирование связей и ограничений динамики конструкций в задачах оптимального проектирования конструкций ЛА.
16. Статические и динамические явления аэроупругости. Формирование связей и ограничений аэроупругости в задачах оптимального проектирования конструкций ЛА.
17. Формирование математических моделей функционирования конструкции на основе численных методов.
18. Параметрическая оптимизация конструкций ЛА. Методы параметрической оптимизации корпусов и несущих поверхностей ЛА.
19. Структурно-параметрическая оптимизация конструкции ЛА. Методы решения задач структурно-параметрической оптимизации с использованием математического аппарата идентификации конструкций.
20. Классификация и области применения двигательных установок; их основные параметры и характеристики.
21. Конструктивные схемы и основные элементы конструкции РДТТ. Особенности двухрежимных РДТТ. Параметры и характеристики РДТТ.
22. Газодинамическое проектирование РДТТ: выбор типа и параметров твердотопливного заряда, давления в камере сгорания, определение параметров камеры сгорания и характеристик соплового блока.
23. Выбор проектных параметров корпуса РДТТ (конструкции и теплозащитного покрытия).
24. Выбор проектных параметров двигательных установок с ЖРД: давления в камере сгорания, давления наддува топливных баков, типы системы подачи топлива, способа изменения вектора тяги.
25. Конструкция камеры ЖРД и определение её основных параметров.

26. Компоновочная и конструктивно-силовая схема баков; определение основных параметров силовой конструкции баков: обечайки и днищ.
27. Типы ВРД и их применение. Основы устройства и функционирования ВРД.
28. Проектирование конструкций двигательных установок с ВРД. Конструкции воздухозаборников, камер сгорания, креплений ВРД.
29. Конструктивные схемы корпусов. Ферменные и балочные корпуса. Состав, назначение и работа силовых элементов конструкции ферменных корпусов. Возможные технологические решения.
30. Сравнительный анализ конструктивных схем и технологических решений балочных корпусов. Назначение и работа силовых элементов конструкции лонжеронного, стрингерного и бесстрингерного корпуса.
31. Методика выбора параметров бесстрингерного корпуса.
32. Методика выбора параметров конструкции стрингерного корпуса.
33. Конструктивные схемы крыльев. Их сравнительный анализ; области применения. Назначение и работа силовых элементов конструкции.
34. Методика выбора параметров конструкции лонжеронных крыльев.
35. Методика выбора параметров конструкции кессонных (моноблочных) крыльев.
36. Анализ и выбор конструктивно-силовой схемы оперения и рулей. Определение основных параметров и характеристик оперения.
37. Задача совместного проектирования конструкции и системы управления ЛА. Физическая и математическая модели взаимодействия упругого ЛА и САУ в полете. Исследование устойчивости контура «упругий ЛА-система стабилизации» частотным методом.
38. Особенности конструкции агрегатов, работающих в двух средах.

Раздел 3. Прикладная гидромеханика

3.1. Теоретические методы гидромеханики. Изотермическое движение вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение Эйлера и концепция пограничного слоя. Граничные условия на свободных поверхностях. Математические основы решения типичных задач гидромеханики.

3.2. Экспериментальные методы гидромеханики. Принципы моделирования в гидромеханике, критерии подобия, масштабный эффект. Типы экспериментальных установок.

3.3. Расчет гидродинамических характеристик подводных аппаратов. Гидродинамические схемы подводных аппаратов и подводных ступеней двухсредного аппарата (ДСА). Гидродинамические силы инерционной и вязкостной природы, действующие на аппарат. Позиционные и демпфирующие силы и моменты. Гидростатические силы. Гидродинамические характеристики подводных аппаратов и подводных ступеней ДСА, движущихся в режиме сплошного и кавитационного обтекания.

3.4. Гидродинамическое проектирование подводной ступени. Критерии гидродинамического проектирования подводной ступени. Ходкость подводной ступени, статическая устойчивость на стационарных режимах движения, маневренность, гидродинамическая «шумность» обтекания.

Рекомендуемая литература

1. Шашин В.М. Гидромеханика. М: Высшая школа, 1990.
2. Иванов А.Н. Гидродинамика развитых кавитационных течений. Л.: Судостроение. 1980.

Вопросы к разделу 3

1. Основные критерии подобия.
2. Принципы построения кавитирующих подводных аппаратов.
3. Систематизация гидродинамических сил.
4. Уравнение Навье-Стокса.
5. Позиционные и демпфирующие силы и моменты.
6. Задача моделирования кавитационного обтекания.

Раздел 4. Энергосиловые системы

4.1. Типы и состав двигательных установок (ДУ), выбор параметров ДУ, соответствующих проектируемому ЛА. Выбор и согласование характеристик ЛА и двигательной установки.

4.2. Двигательные установки БЛА. Классификация двигательных установок БЛА. Основные параметры двигательных установок.

Ракетные двигатели твердого топлива. Особенности устройства и применения. Твердые ракетные топлива. Основные параметры РДТТ. Однорежимные РДТТ, двухрежимные РДТТ. РДТТ многократного включения.

Жидкостные ракетные двигатели. Устройство жидкостных ракетных двигательных установок (ЖРДУ). Перспективные ЖРДУ.

Воздушно-реактивные двигатели. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели. Ракетно-прямоточные двигатели. Турбореактивные двигатели.

Поршневые двигатели. Особенности поршневых двигателей. Воздушные винты.

4.3. Выбор ДУ на воздушном участке траектории. Возможные схемы, основные параметры. Особенности ВРД одноразового применения. Выбор основных параметров, обеспечивающих повышенную эффективность. Комбинированные установки. Ракетно-прямоточные двигатели, и их характеристики. Выбор двигательной установки для подводного участка траектории. Основные схемы: ракетные, водометные, прямоточные. Выбор основных параметров. Характеристики лопастных систем. Энергосиловые системы для глубоководных аппаратов. Увязка энергосиловой системы с

аппаратом. Компоновка энергосиловой системы. Гидродинамическое согласование подсистем ЛА.

Рекомендуемая литература

1. Дубенец С.А., Кузин А.И. Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов. - М: Изд-во МАИ, 2008.
2. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. - М. Машиностроение, 2002.
3. Попов В.В. Энергосиловые системы двухсредных аппаратов. - М.: Изд-во МАИ, 1979.
4. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей. / Под ред. СИ. Шляхтенко. 2 изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1987.

Вопросы к разделу 4

1. Классификация двигательных установок БЛА. Основные параметры двигательных установок БЛА.
2. Ракетные двигатели твердого топлива (устройство, область применения). Двухрежимные РДТТ. РДТТ многократного включения.
3. Жидкостные ракетные двигатели (устройство, область применения). Перспективные ЖРДУ
4. Воздушно-реактивные двигатели (устройство, область применения). Прямоточные воздушно-реактивные двигатели. Ракетно-прямоточные двигатели. Турбореактивные двигатели.
5. Двигательные установки дистанционно-пилотируемых ЛА. Поршневые двигатели. Особенности поршневых двигателей. Воздушные винты.
6. Структура энергосиловых систем.
7. Особенности ПВРД одноразового применения.
8. Ракетные и водометные двигатели подводного движения.
9. Понятие «расчетной точки» для двигателя.
10. Критерии энергосиловой установки.
11. Компоновка водометной силовой установки.
12. Турбореактивные двигатели замкнутого цикла.

Раздел 5. Технология производства летательных аппаратов

5.1. Основные определения, особенности производства ЛА. Понятие о технологии производства ЛА, как науки. Характеристика типов производства, виды производства (заготовительное, формообразование, сборочное, контроль качества продукции). Особенности производства ЛА, перспективы развития.

5.2. Качество продукции и технологические методы его обеспечения, показатели качества, методы оценки качества. Основные мероприятия по обеспечению качества продукции: при проектировании изделий, в период

технологической подготовки производства и серийного изготовления изделий. Понятие технологичности конструкции. Задача проектирования технологии изготовления. Экономическая оценка технологических процессов. Критерии выбора вариантов технологического процесса. Пути повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции. Общие понятия о технологической подготовке производства.

5.3. Основные функции и этапы технологической подготовки производства, связь с конструкторской подготовкой производства. Формы организации, перспективы совершенствования. Комплексная оптимизация конструкторско - технологических решений.

Технические средства увязки зависимого производства: плазово-шаблонный, эталонно-шаблонный и метод объёмной увязки. Их сравнительная характеристика, область применения, тенденции дальнейшего развития.

5.4. Технологические процессы изготовления конструкций из композиционных материалов (КМ). Оборудование и оснастка. Техника безопасности. Процессы испытаний узлов, агрегатов и ЛА в целом. Виды и основные задачи испытаний (ГОСТ 16504-81): приемо-сдаточные (ПСИ), конструкторско-доводочные (КДИ), контрольно-выборочные (КВИ), периодические (ПИ). Классификация и общая характеристика испытаний по воздействующим факторам. Испытания на линейные перегрузки, вибродинамические, термовакуумные, климатические. Характеристика процессов пневмо- и гидроиспытаний. Процессы и средства испытаний конструкций на герметичность. Понятие герметичности, контрольного и пробного вещества, детектора течеискания, чувствительности испытаний, способы оценки степени негерметичности. Общая характеристика применяемых методов и способов испытаний, и область их применения. Виды испытаний ЛА и его систем в процессе ГС. Определение геометрических параметров ЛА и его агрегатов. Юстировка посадочных мест под установку приборов. Определение положения вектора тяги двигательной установки. Определение положения центра масс, статическая и динамическая балансировка КА.

Рекомендуемая литература

1. Зернов И. А. Сборочные и монтажные работы в производстве космических аппаратов-М.: Машиностроение, 1992.
2. Милованов А. П., Малинкина Т. Н. Композиционные материалы и технология изготовления деталей ЛА: Учебное пособие - М.: МАИ, 1990.
3. Технология сборки и испытаний космических аппаратов: Учебник для вузов. /Под общ. ред. И. Т. Белякова и И. А. Зернова - М.: Машиностроение, 1990.
4. Беляков И.Т., Борисов Ю.Д. Технологические проблемы проектирования летательных аппаратов.- М.: Машиностроение 1978.
5. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения, Москва, Высшая школа, 2001.

6. Цыплаков О. Г. Конструирование изделий из композиционных волокнистых материалов. -М/. Машиностроение, 1984.

Вопросы к разделу 5

1. Понятие о директивных технологических материалах.
2. Роль CALS - технологии в сокращении длительности цикла подготовки производства.
3. Связи в изделии и их взаимообусловленность с показателями служебного назначения: узлов, агрегатов, деталей.
4. Основные мероприятия по обеспечению качества продукции при проектировании изделий.
5. Основные мероприятия по обеспечению качества продукции в период технологической подготовки производства
6. Конструкторско-технологические методы обеспечения надежности ЛА.
7. Понятия Производственных ресурсов.
8. Характеристика сварных соединений и области их применения в конструкциях КА.
9. Характеристика заклёпочных соединений и области применения в конструкциях КА.
10. Преимущества и недостатки КМ.
11. Основные этапы главной сборки.
12. Основы технического нормирования.
13. Особенности испытаний технологического КА.

Раздел 6. Управление разработкой и автоматизация проектирования и конструирования

6.1. Многоуровневое программно-целевое управление разработкой. Задачи макропроектирования. Постановка задачи оптимизации управления разработкой. Декомпозиция общей задачи. Виды неопределенности и их учет. Методы оптимизации решений с учетом компромиссного характера задачи, динамики и неопределенностей. Методы математического программирования. Основные понятия теории вероятности и математической статистики. Статистический метод многоуровневой согласованной оптимизации проектных решений. Методики решения проектных задач с учетом риска и компромисса. Методика комплексной оптимизации конструкторско - технологических параметров изделий.

6.2. Пути формализации процесса проектирования, не формализуемые условия. Роль современных вычислительных средств. Математическая формулировка задач проектирования. Динамические методы оптимизации. Возможности машинной компоновки.

6.3. Принципы организации и структура систем автоматизированного проектирования и конструирования - САПР. Комплекс технических средств,

математическое обеспечение, банки данных, пакеты прикладных программ. Роль человека в САПР.

6.4. Принципы разработки и структура пакетов прикладных программ. Модульный принцип построения функциональных блоков САПР. Управление процессами разработки проекта. Блок-схема некоторых типичных комплексных программ проектного анализа и синтеза ЛА и его подсистем.

Рекомендуемая литература

1. Щеверов Д.Н., Матвеев Ю.А. Проектирование и управление разработкой ЛА. М. 1993
2. Коптев Ю.Н., Мишин В.П., Матвеев Ю.А. Задачи проектирования и управления развитием ЛА \ Уч. пособ. Под ред. О.М. Алифанова . - М.: 1997
3. Матвеев Ю.А. Методы проектирования модификаций ЛА при разработке. -М.: 1992

Вопросы к разделу 6

1. Принципы декомпозиции общей проектной задачи.
2. Основные понятия в статистических методах.
3. Основные стадии процесса проектирования.
4. Структура пакетов прикладных программ.
5. Факторы неопределенностей в проектных задачах.
6. Свертки неконтролируемых факторов в задачах проектирования ЛА.
7. Принципы построения модульного проектирования ЛА.
8. Банки данных и базы знаний.
9. Понятие векторного критерия эффективности ЛА.
10. Виды конструкторско-технологических решений ЛА.

Профессор кафедры 601

Заведующий кафедрой 601



А.А. Золотов

О.М. Алифанов

Профессор кафедры 602

Заведующий кафедрой 602



С.Г. Парафесь

И.К. Туркин

Профессор кафедры 608

Заведующий кафедрой 608

В.М. Балык

В.А. Сорокин