

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт радиотехнических систем и управления

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
ДЛЯ АСПИРАНТОВ**

по направлению
24.06.01 – АВИАЦИОННЫЕ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

по отрасли
Технические науки

Присуждаемая ученая степень
Кандидат технических наук

Форма обучения
очная

Таганрог

ВВЕДЕНИЕ

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: аэродинамика, динамика полета, конструирование агрегатов летательных аппаратов, прочность конструкции, проектирование летательных аппаратов, технология создания элементов и конструкций.

1. ОБЩЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

1.1. Процесс создания летательного аппарата (ЛА)

Этапы разработки ЛА. Роль и место проектирования в процессе разработки ЛА.

Летательный аппарат как объект проектирования, производства и эксплуатации. Классификация и требования, предъявляемые к ЛА. Исторический обзор развития ЛА. Общие характеристики ЛА различного назначения. Перспективные направления и способы совершенствования ЛА, вопросы конверсии, системы двойного применения.

Определение задач проектирования. Этапы проектирования, содержание задач, решаемых на отдельных этапах (техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, рабочий проект).

Общие и частные критерии оценки проектно-конструкторских решений. Содержание и методы разработки технического задания на проект ЛА. Проектное моделирование, весовой и баллистический анализ ЛА, оценки эффективности и затрат на создание. Выбор основных проектных параметров. Общий подход к оптимизации.

Общий подход при оптимизации проектных параметров ЛА (задача, критерии, модели, математическая формулировка задач проектирования, методы оптимизации). Особенности проектно-конструкторских задач (многокритериальность, многопараметричность, динамичность, вероятностный характер, основные методы поиска решений). Алгоритм решения проектных задач.

Жизненный цикл изделий, стадии разработки и создания ЛА.

Виды проектной документации. Нормативные документы, регламентирующие процесс разработки ЛА (АП, ОТТ ВВС, ГОСТы, ОСТы).

Особенности проектирования современных ЛА. Роль научно-технического задела и современных информационных технологий в совершенствовании проектирования.

1.2. Исходные данные для проектирования. Условия и связи, формирующие области существования проекта

Техническое задание (ТЗ) на проектирование. Методика разработки. Структура ТЗ.

Концептуальное проектирование. Разработка технического предложения. Цель и задачи. Способы идентификации проекта. Классификация переменных (параметры и ограничения, критерии) Виды параметров (дискретные, непрерывные, относительные, абсолютные) и их номенклатура.

Связи между параметрами и характеристиками ЛА. Основные условия (связи), определяющие область существования проекта. Уравнения существования ЛА

Ограничения на область существования проекта. Ограничения, вытекающие из условий реализации заданного профиля полета. Ограничения по числу Маха, скоростному напору. Расчетной перегрузке. Минимальные скорости полета. Ограничения, накладываемые требованиями производственной и эксплуатационной технологичности.

1.3. Анализ и выбор схемы

Различные аэродинамические схемы ЛА. Особенности и области применения различных схем. Конструктивно-компоновочная схема (ККС). Прогнозирование определяющих параметров (массовая, стоимостные и др.) Основная задача проектирования ЛА в составе комплекса. Многоуровневая оптимизация и сходимость решений главных задач. Эффективное уточнение решения. Общий алгоритм выбора схемы. Матрица признаков компоновочных схем как основа автоматизированного выбора схемы ЛА.

1.4. Определение основных проектных параметров ЛА

Итерационность определения параметров. Схемы алгоритмов определения проектных параметров. Определение параметров начального приближения. Согласование параметров планера и силовой установки.

Параметрический анализ. Оптимизация проектных параметров при заданных требованиях и ограничениях. Частные и общие критерии. Оценки качества проекта (прямые эксплуатационные расходы, топливная эффективность и т.д.). Показатели эффективности многоцелевого ЛА. Скалярная и векторная оптимизация. Блок-схема определения параметров ЛА в схеме автоматизированного проектирования.

1.5. Методы расчета массы ЛА и ее составляющих

Классификация весов ЛА. Итерационность определения веса ЛА. Определение веса ЛА и ее составляющих на различных этапах проектирования. Изменения веса в процессе проектирования. Закон «квадрата-куба» и его влияние на вес ЛА. Метод весовых эквивалентов. Лимиты веса и их роль в процессе проектирования.

1.6. Компоновка и центровка ЛА

тройственность процесса компоновки (аэродинамическая, объемно-массовая и конструктивно-силовая компоновка). Связь центровки, устойчивости и управляемости. Автоматические системы для определения центровок и веса ЛА.

1.7. Системный подход – основа современной методологии проектирования

Эволюция задач, методов и средств проектирования. Статистические и аналитические методы определения проектных параметров. Развитие методов оптимального проектирования. Математическая постановка задач оптимального проектирования и методы ее решения.

Необходимость использования системного подхода в проектировании. ЛА как элемент комплекса. Структурно-функциональные элементы ЛА (планер, силовая установка, система управления, бортовые системы и оборудования, целевая (боевая и коммерческая) нагрузка). Интеграция элементов ЛА. Основные положения методологии и системотехники.

Проблемы декомпозиции объекта и задач проектирования. Проблемы моделирования в проектировании. Структура и типы проектных моделей. Состояние и роль численного и физического моделирования в проектировании. Принципы оптимальности. Общие и частные критерии оценки эффективности проектно-конструкторских решений.

Три составляющие проектирования как творческого процесса: синтез, анализ и принятие решений. Соотношение формализуемых и неформальных процедур процесса проектирования и пути их объединения. Визуализация как способ решения задач и средство обмена информацией в процессе проектирования, роль машинной графики.

Особенности технологии автоматизированного проектирования. Роль человека в САПР. Системы управления положением центра тяжести ЛА в полете. Правило площадей. Общие виды ЛА. Компоновочный чертеж. Теоретические чертежи. Методы построения обводов ЛА. Системы геометрического моделирования. Автоматизация процесса компоновки.

2.ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИИ ЛА И ЕГО АГРЕГАТОВ

2.1.Общие вопросы конструирования ЛА и агрегатов

Принципы конструирования ЛА. Эволюция компоновок конструкций ЛА. Фактор преемственности конструкций. Методы формирования конструктивно-силовой схемы. Факторы, определяющие критерий качества. Конструкционные способы обеспечения качества (прочность, устойчивость, герметичность, долговечность, надежность).

Нормы прочности. Коэффициент безопасности. Нормы прочности для различных случаев нагружения. Аэродинамические, динамические и тепловые нагрузки на ЛА. Влияние температуры на несущую способность конструкции.

Расчетные случаи. Изменение нагрузок на различных этапах эксплуатации ЛА.

Методы выбора основных конструкционных, теплозащитных и теплоизоляционных материалов. Процесс проектирования частей ЛА. Основные параметры частей ЛА.

Методы описания поверхностей агрегатов ЛА. Надежность и ресурс конструкции. Выбор конструктивно-силовой схемы.

Выбор материалов элементов конструкции с учетом условий производства, эксплуатации, прочности, жесткости и долговечности.

2.2. Проектирование крыла, оперения и органов управления

Основные весовые и аэродинамические характеристики крыла. Аэродинамическая компоновка крыла, типа профилей крыла, аэродинамическая и геометрическая крутка.

Проектирование механизации и органов управления. Управление пограничным слоем и циркуляцией. Непосредственное управление подъемной силой. Адаптивные крылья.

Основные характеристики оперения. Типы оперения. Расположение вертикального и горизонтального оперения на ЛА различного назначения. Определение основных параметров и характеристик оперения. Выбор параметров органов управления. Анализ и выбор конструктивно-силовой схемы оперения и рулей. Конструкция переставных и управляемых стабилизаторов.

2.3. Конструкция и проектирование фюзеляжа и силовой установки

Типы и характеристики фюзеляжа (аэродинамическая компоновка ЛА различного назначения, несущий фюзеляж).

Анализ и выбор конструктивно-силовой схемы фюзеляжа. Силовая увязка фюзеляжа с крылом, оперением, двигателями. Особенности конструктивно-силовых схем фюзеляжей современных ЛА. Конструктивные мероприятия по повышению живучести и ресурса фюзеляжей. Влияние гермокабины на конструктивно-силовую схему фюзеляжа.

Требования к силовой установке, типы и характеристики авиационных и ракетных двигателей. Логическая блок-схема проектирования силовой установки. Установка двигателей на ЛА. Размещение топливных баков на дозвуковых и сверхзвуковых ЛА. Топливные отсеки в конструкции корпуса. Мероприятия по защите силовой установки и топливных баков от пожара и взрыва в полете.

2.4. Системы управления ЛА. Требования к системе управления ЛА различного назначения

Задачи проектирования систем управления, стабилизация и наведения. Важнейшие характеристики управляемости и их связи с параметрами ЛА. Возмущающие факторы. Способы управления и наводнения. Автономные системы управления телеуправления, системы наведения.

Исходные данные для проектирования и выбора параметров различных каналов управления. Командные рычаги (типы и конструкция, размещение командных рычагов в кабинах экипажа пилотируемых ЛА, учет требований эргономики. Типы проводок управления, характеристики нагружения конструкции). Электродистанционные системы управления. Принципы подключения исполнительных механизмов, гидравлические усилители. Обеспечение требований безопасности полета при проектировании систем управления. Резервирование систем. Использование систем управления ЛА для улучшения летных характеристик.

2.5. Конструкция и проектирование шасси

Типы и основные параметры шасси. Анализ и рекомендации по выбору схемы шасси. Характеристики проходимости ЛА по грунтовым и бетонным ВПП. Конструктивно-силовые схемы шасси. Кинематические схемы уборки шасси, авиационные колеса. Системы торможения ЛА, их энергоемкость. Конструкция и расчет амортизаторов, связь параметров амортизации с ресурсом ЛА. Нагружение и работа элементов шасси. Принципы обеспечения надежности и долговечности. Влияние

параметров шасси на технико-экономические и эксплуатационные характеристики ЛА. Выбор основных параметров шасси.

2.6. Надежность, ресурс и безопасность полета ЛА

Основные понятия и показатели надежности. Эксплуатационная технологичность ЛА. Взаимосвязь надежности и эксплуатационная технологичность ЛА и его системы.

Требования к ЛА по безопасности полета. Надежность, живучесть, ресурс и срок службы конструкции планера ЛА.

Нагрузка, действующая на ЛА в полете и при движении на ВПП, их цикличность. Изменение состояния конструкции ЛА в условиях эксплуатации. Основы определения ресурса конструкции. Факторы, влияющие на ресурс. Испытания конструкции на ресурс. Пути повышения усталостной и коррозионной прочности конструкции. Влияние условий эксплуатации на надежность, ресурс, безопасный срок службы.

2.7. Сертификация авиационной техники

Правовые основы сертификации авиационной техники (а.т.). Гармонизация правил сертификации а.т. мировых авиационных объектов. Сертификация объектов а.т. и эксплуатантов.

Сертификация разработчика авиационной техники. Сертификация типа и экземпляра а.т. Сертификационный базис воздушных судов (В.С.) Требования по шуму и эмиссии вредных веществ. Сертификация производства воздушного судна. Поддержание летной годности В.С. Внедрение изменений в тип В.С. Классификация изменений. Дополнение к сертификату типа. Директивы летной годности. Действия сертификатов летной годности.

3. ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

3.1. Основные технологии производства ЛА

Производственный процесс и его составляющие. Конструкторские и технологические методы обеспечения качества. Технологические методы создания высоконадежных и долговечных конструкций ЛА. Состояние поверхностного слоя детали, остаточные напряжения в нем и их влияние на ресурс детали. Общие принципы обеспечения точности изготовления деталей а.т. Понятия о точности и производственных погрешностях. Методы контроля точности и устойчивости технологических процессов. Основные сведения о базах. Правила базирования при изготовлении деталей и сборке.

Методы обеспечения взаимозаменяемости в производстве ЛА. Понятие о взаимозаменяемости и увязке размеров деталей.

Характеристика плазово-шаблонного метода изготовления деталей и сборки ЛА. Теоретические плазы и основные шаблоны. Методы увязки размеров элементов при помощи ЭВМ.

Общие и частные требования технологичности. Показатели технологичности. Последовательность обеспечения технологичности конструкции при проектировании.

Показатели экономической эффективности. Технологические методы повышения производительности труда. Технологическая себестоимость, структура и пути ее снижения технологическими методами.

3.2. Процессы изготовления деталей ЛА

Тенденции в развитии современного производства ЛА. Классификация деталей, заготовок и полуфабрикатов из металлов и композиционных материалов.

Процессы раскроя заготовок и полуфабрикатов. Изготовление деталей ЛА изгибом. Аналитические методы расчета упругого возврата, предельной степени деформации и усилия при изгибе. Виды процессов гибки листовых и профильных заготовок.

Изготовление деталей ЛА обтяжкой.

Классификация процессов и деталей, изготавливаемых обтяжкой. Напряженно-деформированное напряжение заготовки. Технологичность деталей, изготавливаемых обтяжкой.

Изготовление деталей ЛА вытяжкой и формовкой. Классификация деталей и процессов. Типовой анализ деформированного состояния заготовки.

Высокоскоростные, высокоэнергетические процессы изготовления ЛА. Физическая сущность рассматриваемых технологических процессов.

Технологии создания слоев деталей с заданными свойствами. Технология упрочнения деталей. Процессы изготовления деталей ЛА холодным деформированием. Изготовление деталей электрофизическими и электрохимическими методами.

Технология термической обработки деталей.

Основные этапы проектирования технологических процессов изготовления деталей. Методы типизации и групповой обработки.

3.3. Процессы сборки узлов и агрегатов применяемые при сборке планера самолета

Варианты базирования элементов планера с помощью установочных фиксирующих отверстий. Варианты базирования элементов выходящих на внешний контур.

Характеристики и классификация процессов соединений.

Остаточные напряжения, возникающие при сборке. Причины возникновения и значение остаточных напряжений. Остаточные напряжения в конструкциях из композиционных материалов.

Основные положения формирования технологического членения. Структура сборочной единицы и ее технологичность при сборке. Форма сборочных единиц. Условия формирования границ сборочных единиц.

Условия поставки деталей на сборку. Учет жесткости деталей при сборке. Форма сборочных единиц. Условия формирования границ сборочных единиц.

Проектирование процессов сборки узлов и агрегатов.

Характеристика узлов как объектов сборки. Структура сборочного узла. Выбор установочных баз для сборки. Анализ точности сборки. Характеристика соединений, возможности механизации процессов.

Условия поставки деталей на сборку. Учет жесткости деталей при сборке. Примеры сборки узлов плавлением на основе адгезии и с механическим соединением.

Сборка узлов из композиционных материалов. Способы формирования узлов из композиционных материалов. Выбор оснастки для процессов сборки с отверждением. Обеспечение точности узлов из композиционных материалов. Особенности механических соединений деталей из композиционных материалов.

Характеристика агрегата как объекта сборки. Структура агрегатов как сборочной единицы. Анализ возможного членения. Выбор установочных баз для подборок. Анализ точности сборки.

Характеристика соединений, анализ возможности механизации при их выполнении. Выбор варианта технологического членения. Особенность сборки герметичных агрегатов. Испытания герметических отсеков. Обеспечение взаимозаменяемости отсеков и агрегатов по стыкам с другими агрегатами.

3.4. Процессы окончательной сборки, монтажа и испытания систем ЛА

Предварительная стыковка агрегатов. Требования к агрегатам, поступающим на окончательную сборку. Влияние конструкции стыка на трудоемкость стыковочных работ.

Монтаж и испытание систем. Подготовка агрегатов планера для монтажа оборудования. Монтаж трубопроводов. Виды испытаний систем оборудования ЛА.

Процессы испытаний узлов, агрегатов и ЛА в целом. Виды и основные задачи испытаний (ГОСТ №16504-81) (приемосдаточные (ПСИ), конструкторско-доводочные (КАДИ), периодические (ПИ)). Классификация и общая характеристика испытаний по воздействующим факторам. Испытания на линейные перегрузки (вибродинамические, термовакуумные, климатические).

Характеристика процессов пневмо- и гидроиспытаний. Процесс и средства испытаний конструкций на герметичность. Понятие герметичности, контрольного и

пробного вещества, детектора течеискания, чувствительности испытаний, способы оценки степени негерметичности. Общая характеристика методов и способов испытаний и область их применения. Виды испытаний ЛА и его систем. Определение геометрических параметров ЛА и его агрегатов. Юстировка посадочных мест для установки приборов. Определение положения вектора тяги двигательной установки. Определение положения центра масс, статическая и динамическая балансировка.

3.5. Технологическая подготовка серийного производства

Основные задачи технологической подготовки серийного производства ЛА. Отработка конструкции ЛА на технологичность. Проектирование, монтаж и увязка сборочной оснастки. Проектирование сборочных приспособлений. Монтаж сборочных приспособлений. Размерная увязка сборочных приспособлений.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1) Егер С.М., Мишин В.Ф., Лисейцев Н.К. и др. Проектирование самолетов. М.:Машиностроение, 1983.
- 2) Анцелович Л.А. Надежность, безопасность и живучесть самолета. М.:Машиностроение, 1985.
- 3) Братухин И.П. Проектирование и конструкция вертолетов. М. : Оборониздат, 1955.
- 4) Войт Е.С., Емдогур А.И., Мелик-Саркисян З.А., Алявдин И.М. М.:Машиностроение, 1991.
- 5) Житомирский Г.И. Конструкция самолетов. М.:Машиностроение, 1991.
- 6) Голубев И.С., Самарин А.В. Проектирование конструкции летательных аппаратов. М.:Машиностроение, 1991.
- 7) Кербер Л.А. Компоновка оборудования на самолетах. М.:Машиностроение, 1972.
- 8) Егер С.М., Лисейцев Н.К., Самойлович О.С. Основы автоматизированного проектирования самолетов. М.:Машиностроение, 1988.
- 9) Матвиенко А.М., Зверев И.И. Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. М.:Машиностроение, 1982.
- 10) Бекасов В.И., Евсеев А.С., Матвиенко А.М. и др. Системы оборудования ЛА.- М.:Машиностроение, 1986
- 11) Торнбик Э. Проектирование дозвуковых самолетов. М.:Машиностроение, 1983
- 12) Тищенко М.Н., Некрасов А.В., Радин А.С. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании. М.:Машиностроение, 1988
- 13) Богданов Ю.С., Михеев Р.А. Скулков Д.Д. Конструкция вертолетов. М.:Машиностроение, 1990.
- 14) Методы количественного анализа безотказности функциональных систем при проектировании самолетов и вертолетов. ОСТ 1001132-84.
- 15) Руководство по сертификации и надзору за производством изделий авиационной техники, АР МАК, 1997.
- 16) Бабушкин А.И. Методы сборки самолетных конструкций. М.:Машиностроение, 1985
- 17) Бойцов Б.В. Прогнозирование долговечности напряженных конструкций. Комплексное исследование шасси самолета. М.:Машиностроение, 1980
- 18) Бойцов В.В., Ганиханов Ш.Ф., Крысин В.Н. Сборка агрегатов самолета. М.:Машиностроение, 1980
- 19) Бойцов Б.В., Кишкина С.И., Кравченко Г.Н. и др. Долговечность шарнирно-болтовых соединений ЛА.-М.:Машиностроение, 1996
- 20) Крысин В.Н. Слоистые клееные конструкции в самолетостроении. М.:Машиностроение, 1980.
- 21) Современные технологии самолетостроения /Под ред. А.Г. Братухина. М.:Машиностроение, 1999.
- 22) Современные технологические процессы сбора планера самолета/Под ред. Ю.Л. Иванова. М.:Машиностроение, 1999.

- 23) Абибов А.Л., Бирюков Н.М., Бойцов В.В. и др. Технология самолетостроения: Учебник для авиационных вузов. Под ред. А.Л. Абибова. М.:Машиностроение,1982.
- 24) Цибизов Н.И., Бойцов Б.В., Чернышов А.В. Электромонтажные работы на летательных аппаратах. М.:Машиностроение,1987.
- 25) Мишин В.П., Безвербный В.К. Панкратов Б.М. и др. Основы проектирования летательных аппаратов. Учебник для вузов. Под ред. В.П. Мишина. М.:Машиностроение,1985.
- 26) Беляков И.Т., Борисов Ю.Д. Технологические проблемы проектирования летательных аппаратов. М.:Машиностроение,1978.
- 27) Шеверов Д.Н., Проектирование беспилотных летательных аппаратов. М.:Машиностроение,1978.

Составитель: ст. преподаватель, к.т.н. И.В. Борисов

Рецензент: первый заместитель Генерального конструктора ОАО “ТАНТК им. Г.М. Бериева”, к.т.н. Н.А. Лавро

Зав. кафедрой ЛА доктор технических наук, профессор Г.С. Панатов.