

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР  
проф. Криницин В.В.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2004 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Конструкция и прочность летательных аппаратов - СД.08**

*Специальность 130300*

*Факультет Механический*

*Кафедра АКПЛА*

*Курс 4 Форма обучения заочная Курс 4*

*Общий объем часов на дисциплину - 250 ч*

*Самостоятельная работа - 228 ч*

*Аудиторные занятия 22 ч*

*Лекции 14 ч (в том числе установочная лекция - 2 ч)*

*Лабораторные работы 8 ч*

*Курсовой проект*

*Экзамен 4 курс*

Москва 2004

Рабочая программа по дисциплине "Конструкция и прочность ЛА" составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования "Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 130300 - «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиадвигателей».

Рабочую программу составили:

ЕФИМОВ В.В., к.т.н., \_\_\_\_\_

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры АКПЛА,  
протокол \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2004 г.

Заведующий кафедрой ЦИПЕНКО В.Г., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена методическим советом специальности  
130300 - «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиадвигателей»

протокол \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2004 г.

Председатель методического совета ЧИНЮЧИН Ю.М., д.т.н., проф.  
\_\_\_\_\_

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением (УМУ).

Начальник УМУ ЛОГАЧЕВ В.П. \_\_\_\_\_

Рабочая программа согласована с заочным факультетом

Декан заочного факультета ЕРМАКОВ А.Л. \_\_\_\_\_

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

### 1.1. Цель преподавания дисциплины.

Изучение конструкции деталей, узлов, агрегатов и устройств летательных аппаратов (ЛА) путем рассмотрения типовых конструкций ЛА, их устройства, принципа действия, методов их проектирования и расчета на прочность, жесткость, долговечность и безопасную повреждаемость с целью овладения навыками выполнения квалифицированной оценки состояния ЛА с точки зрения возможности их эффективной эксплуатации при заданном уровне безопасности полетов.

1.2. Задачи изучения дисциплины (минимально необходимый комплекс знаний и умений).

1.2.1. В результате освоения дисциплины студент должен иметь представление:

- об основных научно-технических проблемах и перспективах развития летательных аппаратов,
- о методах проектирования ЛА.

1.2.2. В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- конструкцию и прочность ЛА, принципы работы систем, агрегатов, планера,
- методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость типовых элементов конструкций ЛА,
- методы анализа и оценки ЛА как объектов эксплуатации; ЛТХ и конструкцию существующих и перспективных ЛА;
- принципы создания конструкций и систем повышенной живучести, методы улучшения конструктивно-эксплуатационных свойств ЛА;
- нормативно-технические документы, регламентирующие создание, испытание и эксплуатацию воздушной техники.

1.2.3. Студент должен уметь:

- оценивать конструктивно-эксплуатационные свойства ЛА и обеспечивать их соответствие требованиям АП-25 и рекомендациям ИКАО;
- анализировать нарушения работоспособности конструкции, проводить поиск причин отказов авиационной техники и разрабатывать меры по их устранению и предупреждению;
- разрабатывать и предъявлять эксплуатационно-технические требования к новым образцам авиационной техники.

1.2.4. Студент должен иметь опыт:

- обоснования технико-экономических требований к эксплуатационным характеристикам новых типов ЛА.

## 2. Содержание дисциплины

### 2.1. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Введение.

Гражданская авиация и её значение в развитии страны и задачи инженеров ГА в обеспечение эффективной и безопасной эксплуатации воздушных судов. Развитие авиационной науки и техники в России и за рубежом. Учёт требований охраны окружающей среды, охраны труда и техники безопасности при создании ЛА и их эксплуатации. Метрологическое обеспечение проектирования и расчётов прочности ЛА. Приборы, указывающие и регистрирующие параметры полёта. Нормы лётной годности самолетов и вертолётов ГА и требований ИКАО. Воздушный кодекс. Курс КПЛА и организационные вопросы его изучения. [1], с. 3...4.

#### Раздел 2. Условия нагружения самолетов и вертолетов.

Понятие о перегрузке. Измерение и регистрация перегрузок. Маневренный полет в вертикальной и горизонтальной плоскостях. [1], с. 24...33.

Перегрузка при полёте в беспокойном воздухе. Влияние упругих деформаций конструкции и автоматики систем управления на перегрузки. [1], с. 33...38.

Основные полётные и посадочные случаи нагружения. Испытания ЛА. Особенности нагружения вертолётов. [1], с. 44...47.

#### Раздел 3. Основы строительной механики летательных аппаратов.

Расчёт элементов планера ЛА методами теории упругости. Формулировка задачи. Уравнение равновесия и граничные условия. Элементы геометрической теории деформации. Физические соотношения. Принцип Сен-Венана. Энергия деформаций. Общие уравнения решения задач. Метод Ритца. Метод Бубнова-Галёркина . [2], с. 13...42.

Устойчивость, прочность и жёсткость тонких пластин. Основные гипотезы. Дифференциальное уравнение изгиба и характеристика методов его решения. Энергия деформации пластин. [2], с. 99...106, 113...128.

Уравнение сложного изгиба пластин. Определение критических сил устойчивости пластин в различных случаях нагружения и закрепления краёв. Устойчивость и прочность тонкостенных стержней. Общая и местная потеря устойчивости стрингеров. Потеря устойчивости до и после предела пропорциональности. [2], с. 340...350.

#### Раздел 4. Конструкция и расчёт крыла самолёта.

Назначение и важнейшие технические требования, предъявляемые к крылу, компоновка внешних форм крыльев. [1], с. 123...137.

Тонкостенные подкреплённые авиационные конструкции и особенности их работы. Основы балочной теории оболочек. Основные допущения. Редукционный коэффициент. Основы метода редукционных коэффициентов. Изгиб тонкостенных балок и подкреплённых оболочек. Расчёт нормальных напряжений. [2], с. 189...200, 483...485.

Расчёт касательных напряжений при изгибе и кручении тонкостенных подкреплённых конструкций. Свободное кручение тонкостенных конструк-

ций. Уравнения циркуляции. Расчёт центров жесткости при изгибе открытых, однозамкнутых и многозамкнутых тонкостенных конструкций. Расчет перемещений в тонкостенных конструкциях. [2], с. 201...225.

Понятие о депланации поперечных сечений. Стеснённое кручение кессона крыла. Жёсткость и устойчивость элементов крыла. Обшивка, подкреплённая и неподкреплённая панели. Устойчивость подкреплённой панели. [2], с. 232...259; 353...356; [1], с. 185...188; 110...112.

Расчёт заклёпочных соединений. Назначение, конструкция и работа продольного набора крыла. Лонжероны. Расчёт на изгиб балки с параллельными и непараллельными поясами. Работа балки с тонкой стенкой до и после потери устойчивости стенки. Проверка прочности элементов лонжерона. Нагружение, конструкция и работа стрингеров и нервюр. Проверка прочности. [1], с. 179...193, 112...116, 119...122; [2], с. 356...361.

Приближённый расчёт крыла на изгиб. Приближённый расчёт крыла на кручение. Приближённый расчёт крыла на сдвиг. Деформация крыла при изгибе и кручение. [1], с. 164...170; [3], с. 25...29.

Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев. Назначение и работа силовых нервюр корневой части крыла. [1], с. 170...175, 194...195.

Конструкция и работа крыла в зоне выреза. Конструкция и работа крыла у разъёма. Моментное и шарнирное точечное крепление. Контурное крепление. Эксплуатационные повреждения крыла и его элементов. Методы обнаружения повреждений и методы их устранения. [1], с. 196...203.

#### Раздел 5. Конструкция и расчёт фюзеляжа.

Особенности работы, нагружения и расчёта на прочность фюзеляжа в зонах стыков и вырезов. Расчёт шпангоута. Пути обеспечения живучести конструкции. Кабины экипажа, пассажирские салоны и вспомогательные помещения. Герметические кабины современных пассажирских самолётов. Законы регулирования давления внутри кабин.

Создание бытовых условий и комфорта. Двери, люки, окна, средства спасения в аварийных ситуациях. Конструктивные мероприятия по обеспечению безопасности экипажа и пассажиров. [1], с. 259...267, 288...297.

#### Раздел 7. Конструкция и расчет оперения, рулей и элеронов.

Общие технические требования к органам устойчивости и управляемости самолёта. Параметры нагрузки и конструктивно- силовые схемы оперения. Расчёт на прочность узлов навески оперения. Конструкция элеронов и рулей, их работа и особенности расчёта на прочность. Аэродинамическая компенсация и средства балансировки. [1], с. 204...219.

Раздел 8. Конструкция, размещение, крепление и расчёт силовых установок ЛА.

Основные требования к размещению и креплению двигателей. Размещение двигателей на самолёте. Выполнение требований пожарной безопасности. Нагрузки, действующие на оборудование и узлы крепления двигателей. Конструкция крепления двигателей. Конструкция гондол и пилонов.

Особенности расчёта на прочность элементов силовых установок. Вынужденные колебания силовых установок и их демпфирование. [1], с. 235...256.

#### Раздел 9. Конструкция и расчет шасси.

Назначение амортизации и технические требования к ней. Виды и размещение амортизаторов в конструкции шасси. Работа и расчёт жидкостно-газового амортизатора. Влияние условий эксплуатации на характеристики амортизации шасси. [1], с. 308...311, 322...334.

Конструктивно-силовые схемы шасси и основы расчёта шасси на прочность. Кинематические схемы уборки и выпуска шасси-Корпуса колёс, пневматики и тормозные устройства. Особенности конструкции носовых опор шасси. [1], с. 311...322, 338. ..351.

#### Раздел 10. Колебания и аэроупругость авиаконструкций.

Виды колебаний частей летательных аппаратов и явления аэроупругости. Влияние колебаний на долговечность и безопасность полетов. Требования к жесткости и вибропрочности и пути их реализации. Свободные колебания самолёта. Собственные формы и частоты. Анализ собственных частот и форм колебаний крыла. Влияние осевых сил. Влияние конструктивных параметров на формы и частоты. [1], с. 48...62,

Вынужденные колебания при случайных воздействиях. Акустические вибрации. Вынужденные колебания оперения. Бафтинг. Флаттер. Изгибно-крутильный флаттер крыла. Изгибно-элеронный флаттер крыла. [1], с. 62...71.

Флаттер оперения. Влияние конструктивных параметров на критическую скорость и меры предотвращения флаттера крыла и оперения. Перекручивание и дивергенция крыла. Реверс рулей. «Шимми» носовых колёс и меры его предотвращения. [1], с. 72...82, 351.

#### Раздел 11. Надёжность, живучесть и ресурс конструкций ЛА.

Изменение состояние конструкции в условиях эксплуатации. Мероприятия по обеспечению контролепригодности, надёжности, долговечности и живучести конструкции. Основы определения усталостного ресурса. Конструкции повышенной живучести и эксплуатации ЛА «по состоянию». [1], с. 83...104.

#### Раздел 12. Особенности конструкции и прочности вертолётов.

Технические требования к вертолётам. Компонентные схемы и конструктивные формы вертолётов. Силы, действующие на вертолёт. Конструкция несущих винтов. Особенности системы управления и шасси вертолётов. [1], с. 397...433.

#### Раздел 13. Основы проектирования и оценка эффективности ЛА.

Расчёт масс частей летательного аппарата, их весовой эффективности на основе полуэмпирических зависимостей. Уравнение существования самолёта. Определение основных размеров самолёта. компоновка и силовая увязка агрегатов. Центровка самолетов. Обеспечение безопасности полетов - 10 часов. [1], с. 6...23.

## 2.2. Содержание лекций (14 часов)

**Лекция 1, установочная** (на 3-м курсе). Проектирование самолётов, основные этапы разработки проекта самолета. Определение перспективных значений летно-технических данных. Разработка эксплуатационно-технических требований. Общие принципы выбора компоновки и параметров ЛА. Перспективы развития летательных аппаратов - 2 часа [1].

**Лекция 2.** Нагрузки, действующие на ЛА, их классификация. Понятие о перегрузке. Требования, предъявляемые к конструкции ЛА. НЛГС. АП-25. Требования к прочности в АП-25. Нормируемые параметры. Коэффициент безопасности - 2 часа [1].

**Лекция 3.** Общие вопросы конструкции и прочности крыла. Нагрузки, действующие на крыло. Построение эпюр поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Конструктивно-силовые схемы крыла и их анализ. Путь сил и работа элементов в силовой системе крыла. Работа конструктивных элементов крыла - 2 часа. [1].

**Лекция 4.** Назначение фюзеляжа, основные параметры, важнейшие требования предъявляемые к фюзеляжу. Внешние формы фюзеляжа. Нагрузки на фюзеляж. Силовые схемы. Силовые элементы фюзеляжа. Конструкция соединений и стыков. Работа и приближённый расчёт фюзеляжа вдали от вырезов. Изгиб, кручение, действие избыточного внутреннего давления - 2 часа. [1].

**Лекция 5.** Классификация средств улучшения ВПХ самолетов. Влияние различных средств механизации на взлётно-посадочные характеристики и обеспечение безопасности полётов. Механизация крыла, увеличивающая подъёмную силу и улучшающая характеристики разбега. Использование вертикальной тяги. Торможение самолёта. Условия нагружения, конструкция и расчёт на прочность средств механизации - 2 часа, [1].

**Лекция 6.** Назначение и основные технические требования, предъявляемые к шасси самолётов. Схемы расположения шасси на самолете. Геометрические параметры шасси и их влияние на безопасность при рулении, разбеге и пробеге самолёта. Требования к прочности шасси в НЛГС - 2 часа. [1].

**Лекция 7.** Назначение систем управления и требования к ним. Основное и дополнительное управление. Конструкция и прочность частей основного управления. Мероприятия по снижению нагрузок на командные рычаги скоростных и тяжёлых самолетов. Включение бустеров по обратимой и не-обратимой схемам. Автоматизированные системы управления. - 2 часа. [1].

## 2.3. Лабораторные работы (8 часов)

1. Определение частоты колебаний авиационной тяги управления (4 часа) [4].
2. Изучение конструкции самолета Як-40 (4 часа).

## 2.4. Курсовое проектирование

Задание.

Исходя из предложенной концепции, спроектировать самолет (МВЛ, БМС, СМС, ДМС) или вертолет с заданной крейсерской скоростью полета, рассчитанный на перевозку данного количества пассажиров (или полезной нагрузки) на заданное расстояние. [5, 6, 7, 8].

Проект состоит из пояснительной записки и графической части (два чертежа формата А1: габаритный чертеж и чертеж общего вида).

## 3. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

3.1. Основная литература	
1	Под общей редакцией: К.Д. Миртова, Ж.С. Черненко Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации - М.: Машиностроение, 1991. - 448 с.
2	Образцов И.Ф., Булычев Л.А., Васильев В.В. и др. Под ред. И.Ф. Образцова Строительная механика летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1991. - 400с.
3	Страхов Г.И. Чунарёва Н.Н. Строительная механика воздушных судов ГА- -М.:МИИГА. 1983.-96 с.
3.2. Учебно-методическая литература	
Для лабораторных работ:	
4	Чунарёва Н.Н. Старовидченко А.Н. Лабораторные работы по курсу «Конструкция и прочность летательных аппаратов». - ч.2-М.:МГТУГА, 1997 - 20с.
Для курсового проекта:	
5	Андрюхин В.А., Арепьев А.Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине Конструкция и прочность летательных аппаратов». ч.1 « Объем, содержание и оформление проекта»- М.:МГТУ ГА, 1994,-32с.
6	Андрюхий В.А., Арепьев А.Н., Крестьянинов Е.Ф., Чунарёва Н.Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов» ч.2 - М-:МГТУ ГА, 1995. - 56с.
7	Андрюхий В.А., Чунарёва Н.Н., Зайцев В.И. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов» ч. 3 - М-:МГТУ ГА, 1995. - 60с.

8	Житомирский Г.И.	Конструкция самолётов, - М.: Машиностроение. 1995 - 400с.
---	------------------	---

4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

*(специальные лаборатории и классы, приборы, установки и стенды):*

- 5.1. Лаборатория конструкции и прочности ЛА: установка для определения частоты колебаний авиационной тяги управления.
- 5.2. Препарированный самолет Як-40.
- 5.3. Комплекты диапозитивов и плакатов по темам.