

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2.1. Цель преподавания дисциплины.....	4
2.2. Задачи изучения дисциплины.....	4
2.3. Перечень базовых дисциплин.....	5
2.4. Перечень дисциплин, в которых используется данная учебная дисциплина.....	5
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	5
3.1. Основная учебная литература.....	5
3.2. Дополнительная литература.....	5
3.3. Учебно-методическая литература для выполнения лабораторных работ.....	6
3.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.....	6
4. СТРУКТУРА КУРСА.....	6
5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ.....	7
6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ В ЧАСАХ.....	14

## 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Общий объем учебных часов на дисциплину	180	ч
Курс	4	
Объем аудиторной нагрузки	16	ч
– лекции	8	ч
– практические занятия	–	ч
– лабораторные работы	8	ч
Объем самостоятельной работы студента	164	ч
Курсовой проект	–	курс
Зачет	–	курс
Экзамен	4	курс

## 2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Цель преподавания дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у обучаемых профессиональных знаний и умений в части конструкции и прочности летательных аппаратов (ЛА) в объеме, необходимом для подготовки специалистов, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание объектов и систем топливообеспечения аэропортов и воздушных судов гражданской авиации.

### 2.2. Задачи изучения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- назначение ЛА и предъявляемые к ним требования, классификацию ЛА;
- основные параметры ЛА и их агрегатов;
- конструктивно-силовые схемы агрегатов ЛА;
- назначение, предъявляемые требования, принципы функционирования и виды конструктивного исполнения элементов конструкции ЛА;
- виды действующих нагрузок и работу ЛА и их агрегатов под нагрузкой;
- причины изменения прочности ЛА в эксплуатации;
- нормативно-технические документы, регламентирующие обеспечение прочности ЛА;

**уметь:**

- разрабатывать и предъявлять эксплуатационно-технические требования к новым образцам авиационной техники;
- анализировать нарушения работоспособности конструкции ЛА, разрабатывать меры по их предупреждению;

**владеть:**

- методами расчета нагрузок, действующих на ЛА;
- методами расчета на прочность и жесткость элементов конструкции ЛА.

**2.3. Перечень базовых дисциплин**

Курс базируется на таких дисциплинах, как Высшая математика, Информатика и информационные технологии, Физика, Гидрогазодинамика, Физические основы современных технологий, Методы и алгоритмы обработки статистических данных, Инженерная и компьютерная графика, Теоретическая механика, Сопротивление материалов, Детали машин, Материаловедение и технология материалов, Динамика и прочность авиационных конструкций, Динамика полета, Аэродинамика, Основы теории надежности, Метрология, стандартизация и сертификация.

**2.4. Перечень дисциплин, в которых используется данная учебная дисциплина**

Знания по данной дисциплине будут необходимы при изучении дисциплин:

- Технологические процессы топливообеспечения;
- Технические средства топливообеспечения ЛА и наземной техники и их эксплуатация.

**3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА****3.1. Основная учебная литература**

1. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 416 с.: ил.

**3.2. Дополнительная литература**

2. Ефимов В.В. Конструкция и техническое обслуживание летательных аппаратов. Самолет Ил-86. Часть I. Планер: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2006. – 100 с., 94 ил., лит.: 3 наим.

3. Ефимов В.В. Конструкция и техническое обслуживание летательных аппаратов. Самолет Ил-86. Часть II. Система управления и шасси: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2008. – с. 122, рис. 69, табл. 1.

### **3.3. Учебно-методическая литература для выполнения лабораторных работ**

4. Ефимов В.В., Ефимова М.Г., Старовидченко А.Н. Конструкция и прочность летательных аппаратов: Пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2006. – 44 с.

### **3.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

5. <http://www.mstuca.ru> – электронные ресурсы Университета – электронные версии пособий, методических разработок по всем видам учебной работы;

6. <http://www.mintrans.ru> – официальный сайт Минтранспорта РФ;

7. <http://минобрнауки.пф> – официальный сайт Министерства образования и науки РФ;

8. <http://akpla.ucoz.com> – сайт кафедры АКПЛА – электронные версии пособий, методических разработок, объявления.

## **4. СТРУКТУРА КУРСА**

### **РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Тема 1.1. Летательные аппараты гражданской авиации и их классификация.

Тема 1.2. Основы разработки эксплуатационно-технических требований и предварительного проектирования.

### **РАЗДЕЛ 2. КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Тема 2.1. Виды нагрузок, действующих на самолет, и их классификация. Нормы прочности.

Тема 2.2. Конструкция и расчет на прочность крыла и оперения.

Тема 2.3. Конструкция и расчет на прочность фюзеляжа.

Тема 2.4. Конструкция и расчет на прочность шасси, элементов системы управления и крепления силовых установок.

### **РАЗДЕЛ 3. АЭРОУПРУГОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Тема 3.1. Статическая аэроупругость.

Тема 3.2. Динамическая аэроупругость.

## **5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ПРОГРАММЫ**

### **РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

#### **Тема 1.1. Летательные аппараты гражданской авиации и их классификация**

Структурная схема самолета. Классификация самолетов по назначению, по дальности полета, по аэродинамической схеме, по конструктивным признакам.

*Методические указания к изучению темы 1.1*

Л и т е р а т у р а : [1, с. 5-10].

Центральные вопросы темы: Определение самолета. Структурная схема самолета. Классификация самолетов по назначению (пассажирские, грузовые, специального назначения, учебные), по дальности полета (ближние магистральные, средние магистральные, дальние магистральные, местных воздушных линий), по аэродинамической (балансировочной) схеме (нормальная, «утка», бесхвостка, летающее крыло), по конструктивным признакам (положение крыла по высоте фюзеляжа, форма крыла в плане, схема оперения, схема шасси и т.д.).

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы :

1. Дайте определения самолета.
2. Изобразите структурную схему самолета с детализацией агрегатов планера.
3. Как классифицируются самолеты по назначению?
4. Как классифицируются самолеты по дальности полета?
5. Как классифицируются самолеты по аэродинамической схеме?
6. Как классифицируются самолеты по конструктивным признакам?

#### **Тема 1.2. Основы разработки эксплуатационно-технических требований и предварительного проектирования**

Самолет как сложная система. Эффективность самолета. Основная задача проектирования самолета. Обеспечение выполнения эксплуатационно-технических требований. Взаимосвязь свойств самолета. Уравнение существования самолета. Факторы, влияющие на конструкцию самолета.

*Методические указания к изучению темы 1.2*

Л и т е р а т у р а : [1, с. 6, 10-13, 40-44].

Центральные вопросы темы: Самолет как сложная система с развитой иерархической структурой. Основная задача проектирования самолета. Свойства самолета и их овеществление в виде составляющих взлетной мас-

сы самолета. Уравнение существования самолета – уравнение взаимосвязи его свойств. Условия функционирования самолета. Требования аэродинамики. Требования к силовой установке. Требования к авиационному и радиоэлектронному оборудованию. Требования достаточной прочности и жесткости. Требования надежности и безопасности. Требование живучести. Эксплуатационные требования. Требование высокой технологичности. Требование минимальной массы.

**Контрольные вопросы:**

1. Что представляет собой самолет как система, из каких подсистем он состоит?
2. В чем состоит основная задача проектирования?
3. Объясните смысл уравнения существования самолета.
4. Какие составляющие взлетной массы самолета обычно учитываются в уравнении его существования?
5. Что происходит с одними свойствами самолета при изменении других свойств на данном фиксированном этапе развития науки и техники?
6. Какие факторы влияют на конструкцию самолета?
7. В чем заключаются требования аэродинамики?
8. К чему приводит перетяжеление конструкции самолета?
9. Какими средствами достигается выполнение требования обеспечения высокой производственной технологичности конструкции самолета?
10. Какие эксплуатационно-технические требования применяются к конструкции самолета?

## **РАЗДЕЛ 2. КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### **Тема 2.1. Виды нагрузок, действующих на летательный аппарат, и их классификация. Нормы прочности**

Классификация нагрузок по характеру воздействия, по распределению, по величине и направлению. Массовые и поверхностные нагрузки. Полная перегрузка и ее проекции на оси систем координат самолета. Перегрузки в различных условиях полета. Авиационные правила – Нормы летной годности самолетов. Определение основных исходных данных для расчета самолета на прочность.

*Методические указания к изучению темы 2.1*

*Литература:* [1, с. 28-34, 36-38].

**Центральные вопросы темы:** Статические и динамические нагрузки. Сосредоточенные и распределенные (по длине, поверхности и объему) нагрузки. Массовые и поверхностные нагрузки. Перегрузки в установленном прямолинейном горизонтальном полете. Перегрузки при криволинейном полете в вертикальной плоскости. Перегрузки при криволинейном по-

лете в горизонтальной плоскости. Перегрузки при полете в неспокойном воздухе (болтанка). Перегрузки вне центра масс самолета. Нормы прочности – раздел Норм летной годности самолетов. Эксплуатационные и расчетные перегрузки. Коэффициент безопасности.

**К о н т р о л ь н ы е   в о п р о с ы :**

1. Дайте классификацию нагрузок, действующих на самолет.
2. Как нагрузки делятся по характеру распределения?
3. Какие нагрузки относятся к массовым?
4. Какие нагрузки относятся к поверхностным?
5. Дайте определение полной перегрузки.
6. В каком регламентирующем документе излагаются Нормы прочности самолета?
7. Какова минимальная величина коэффициента безопасности, принятая в Нормах прочности?

## **Тема 2.2. Конструкция и расчет на прочность крыла и оперения**

Назначение крыла и основные требования к нему. Внешние формы крыла и их влияние на весовые, жесткостные и аэродинамические характеристики крыла. Нагрузки, действующие на крыло. Силовые факторы, действующие в сечении крыла. Эпюры поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов.

Силовые элементы конструкции крыла, их назначение и работа под нагрузкой. Приближенный метод расчета крыла на прочность (расчет панелей, стенок лонжеронов, нервюр). Конструктивно-силовые схемы крыльев. Стыковые соединения крыльев различных конструктивно-силовых схем. Варианты конструктивного исполнения элементов силового набора крыла и вспомогательных конструкций. Вырезы в крыле и их конструктивное оформление. Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев.

Назначение, принципы работы, виды конструктивного исполнения механизации крыла, органов управления самолетом по крену, аэродинамических устройств для уменьшения нагрузок на командных рычагах управления.

Назначение оперения и основные требования к нему. Внешние формы оперения и его размещение на самолете, балансировочные схемы. Анализ влияния схем оперения на его эффективность и массу. Нагрузки, действующие на оперение. Варианты конструктивного исполнения горизонтального и вертикального оперения, включая рули высоты и направления. Назначение и особенности конструкции подвижного стабилизатора.

*Методические указания к изучению темы 2.2*

**Л и т е р а т у р а :** [1, с. 50-187].

**Ц е н т р а л ь н ы е   в о п р о с ы   т е м ы :** Назначение крыла. Требования к крылу. Внешние формы крыла. Общая картина работы крыла под нагрузкой. Эпюры поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Назначение сило-

вых элементов крыла. Работа силовых элементов крыла под нагрузкой. Виды конструктивно-силовых схем крыльев. Особенности конструкции носка, хвостовой и концевой частей крыла, обтекателей. Назначение и требования к механизации крыла. Виды механизации крыла, принципы работы механизации задней и передней кромок крыла, гасителей подъемной силы, тормозных щитков. Нагружение средств механизации. Элероны и интерцепторы, их назначение, принципы действия. Нагружение элеронов. Конструкция элеронов. Шарнирный момент и его аэродинамическая компенсация. Назначение и составные части оперения. Основные требования к оперению. Балансировочные схемы. Схемы оперения и их влияние на его эффективность и массу. Нагрузки на оперение и работа оперения под нагрузкой. Варианты конструктивного исполнения горизонтального оперения. Варианты конструкции горизонтального оперения с изменяемым в полете углом установки стабилизатора.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы :

1. В чем состоит назначение крыла?
2. Какие основные требования выдвигаются к крылу?
3. Какие силовые факторы действуют в сечении крыла?
4. Перечислите силовые элементы крыла. Каково их назначение?
5. Опишите работу силовых элементов крыла под нагрузкой.
6. Опишите наиболее часто встречающиеся варианты конструктивного исполнения силовых элементов крыла.
7. Какие конструктивно-силовые схемы крыльев Вы знаете?
8. В чем состоит назначение механизации крыла?
9. В чем состоит назначение оперения?
10. Назовите составные части оперения.
11. Перечислите основные требования к оперению.
12. От чего зависит эффективность оперения?
13. Какие виды нагрузок действуют на оперение?
14. Опишите варианты конструктивного исполнения горизонтального и вертикального оперения.
15. В чем состоит назначение и особенности конструкции подвижного стабилизатора.

### **Тема 2.3. Конструкция и расчет на прочность фюзеляжа**

Назначение фюзеляжа и основные требования к нему. Внешние формы и геометрические параметры фюзеляжа. Нагрузки, действующие на фюзеляж. Конструктивно-силовые схемы, силовые элементы фюзеляжей и их работа под нагрузкой. Стыковые соединения фюзеляжа с другими частями самолета. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже. компоновка и конструкция кабин. Конструкция фонарей, окон, дверей и люков.

*Методические указания к изучению темы 2.3*

Л и т е р а т у р а : [1, с. 188-239].

Центральные вопросы темы: Назначение фюзеляжа. Основные требования к фюзеляжу. Формы поперечного сечения фюзеляжа. Вид фюзеляжа сбоку. Геометрические параметры фюзеляжа. Основные нагрузки, действующие на фюзеляж. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей. Назначение и конструкция основных силовых элементов фюзеляжа. Крепление агрегатов к фюзеляжу. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже. Компоновка и конструкция кабин, фонарей, окон, дверей и люков.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы :

1. В чем состоит назначение фюзеляжа?
2. Перечислите основные требования к фюзеляжу.
3. Перечислите наиболее часто встречающиеся формы поперечного сечения фюзеляжей.
4. Перечислите геометрические параметры фюзеляжа.
5. Какие силовые факторы действуют в поперечном сечении фюзеляжа?
6. Какие конструктивно-силовые схемы фюзеляжей Вы знаете?
7. Перечислите основные силовые элементы фюзеляжа, расскажите об их назначении и работе под нагрузкой.

**Тема 2.4. Конструкция и расчет на прочность шасси, элементов системы управления и крепления силовых установок**

Назначение шасси и основные требования к нему. Схемы шасси, их достоинства и недостатки. Геометрические параметры шасси. Нагрузки, действующие на шасси, и работа шасси под нагрузкой. Элементы конструкции шасси и их назначение. Конструктивно-силовые схемы шасси. Опорные элементы шасси. Схемы крепления опорных элементов к стойкам шасси, их достоинства и недостатки. Назначение и принцип работы жидкостно-газового амортизатора. Виды размещения амортизатора в конструкции опоры. Особенности конструкции передних опор. Кинематические схемы уборки-выпуска шасси. Колебания шасси при движении по земле.

Назначение системы управления самолетом и основные требования к ней. Командные посты управления. Проводка управления. Устройства для улучшения характеристик управляемости, включаемые в проводку управления.

Назначение силовой установки, ее состав и основные требования к ней. Варианты размещения двигателей на самолете и их анализ. Нагрузки, действующие на элементы крепления двигателей. Конструкция элементов крепления двигателей.

*Методические указания к изучению темы 2.4*

Л и т е р а т у р а : [1, с. 240-357, 359-387].

Центральные вопросы темы: Назначение шасси. Основные требования к шасси. Схемы шасси. Параметры шасси. Нагрузки на шасси и работа шасси под нагрузкой. Элементы конструкции опор и их назначение. Варианты конструктивных решений элементов шасси. Конструктивно-силовые схемы шасси и их анализ. Опорные элементы. Схемы крепления опорных элементов к стойкам шасси и их анализ. Особенности конструкции передних опор. Амортизация шасси. Кинематические схемы уборки-выпуска шасси. Колебания шасси. Назначение системы управления самолетом. Основные требования к системе управления. Командные посты ручного управления. Командные посты ножного управления. Электрическая и механическая проводка управления. Устройства для улучшения характеристик управляемости, включаемые в проводку управления. Назначение силовой установки и ее состав. Основные требования к силовым установкам. Анализ различных вариантов размещения двигателей на самолете. Нагрузки на элементы крепления двигателей. Конструкция элементов крепления двигателей.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит назначение шасси?
2. Перечислите основные требования к шасси.
3. Какие схемы шасси Вы знаете? Какие у них достоинства и недостатки?
4. Какие нагрузки действуют на шасси?
5. Перечислите элементы конструкции опор.
6. Перечислите особенности конструкции передних опор.
7. В чем состоит назначение системы управления?
8. Перечислите основные требования к системе управления.
9. Какие виды проводки управления Вы знаете?
10. Какие устройства включают в проводку управления для улучшения характеристик устойчивости и управляемости?
11. В чем состоит назначение силовой установки?
12. Из чего состоит силовая установка?
13. Перечислите основные требования к силовой установке.
14. Проанализируйте различные варианты размещения двигателей на самолете.
15. Какие виды нагрузок испытывают элементы крепления двигателей?

### **РАЗДЕЛ 3. АЭРОУПРУГОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

#### **Тема 3.1. Статическая аэроупругость**

Жесткость конструкции планера и ее значение. Виды аэроупругих явлений. Дивергенция. Реверс органов управления.

*Методические указания к изучению темы 3.1*

*Л и т е р а т у р а : [1, с. 388-393].*

Центральные вопросы темы: Значение жесткости конструкции планера самолета. Виды аэроупругих явлений. Физическая картина дивергенции. Критическая скорость дивергенции. Конструктивные меры борьбы с дивергенцией. Физическая картина реверса органов управления. Критическая скорость реверса элеронов. Конструктивные меры борьбы с реверсом.

Контрольные вопросы:

1. Каково значение жесткости конструкции планера самолета?
2. Какие виды аэроупругих явлений Вы знаете?
3. Опишите физическую картину дивергенции крыла.
4. Как определяется критическая скорость дивергенции?
5. Перечислите конструктивные меры борьбы с дивергенцией.
6. Опишите физическую картину реверса элеронов.
7. Как определяется критическая реверса элеронов?
8. Перечислите конструктивные меры борьбы с реверсом органов управления.

### **Тема 3.2. Динамическая аэроупругость**

Виды флаттера. Изгибно-крутильный флаттер крыла и конструктивные меры по его предотвращению. Изгибно-элеронный флаттер крыла и конструктивные меры по его предотвращению. Флаттер оперения и конструктивные меры по его предотвращению. Бафтинг оперения и меры борьбы с ним.

*Методические указания к изучению темы 3.2*

Литература: [1, с. 393-399].

Центральные вопросы темы: Наиболее распространенные виды флаттера. Физическая картина изгибно-крутильного флаттера крыла. Критическая скорость изгибно-крутильного флаттера крыла. Конструктивные меры борьбы с изгибно-крутильным флаттером крыла. Физическая картина изгибно-элеронного флаттера крыла. Конструктивные меры борьбы с изгибно-элеронным флаттером крыла. Физическая картина флаттера оперения и конструктивные меры по его предотвращению. Физическая картина бафтинга оперения и меры борьбы с ним.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды флаттера Вы знаете?
2. Опишите физическую картину изгибно-крутильного флаттера крыла.
3. Как определяется критическая скорость изгибно-крутильного флаттера крыла?
4. Перечислите конструктивные меры борьбы с изгибно-крутильным флаттером крыла.
5. Опишите физическую картину изгибно-элеронного флаттера крыла.
6. Перечислите конструктивные меры борьбы с изгибно-элеронным флаттером крыла.
7. Опишите физическую картину флаттера оперения.

8. Перечислите конструктивные меры борьбы с флаттером оперения.
9. Опишите физическую картину бафтинга оперения.
10. Перечислите конструктивные меры борьбы с бафтингом оперения.

## **6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ ТЕМАТИКА И ОБЪЕМ В ЧАСАХ**

**ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ.** Исследование напряжений в хвостовой части фюзеляжа при поперечном изгибе и кручении (тема 2.3) – 8 часов.

На лабораторном занятии изучается напряженно-деформированное состояние хвостовой части фюзеляжа самолета. Расчетным путем определяются нормальные напряжения при поперечном изгибе и касательные напряжения при кручении в различных сечениях хвостовой части фюзеляжа самолета. Затем производится экспериментальная проверка результатов расчетов методом электротензометрии.