

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра аэродинамики, конструкции и прочности
летательных аппаратов

Ефимов В.В.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к изучению дисциплины**

**КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*для студентов специальности 160901
заочного обучения*

Москва – 2007

Рецензент доцент Гарбузов В.М.

Ефимов В.В.

Методические указания к изучению дисциплины «Конструкция и прочность летательных аппаратов». – М.: МГТУ ГА, 2007. – 27 с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов специальности 160901 заочного обучения, утвержденным 14.07.2007.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 09.10.07 и методического совета 30.10.07.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	7
3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	9
4. СТРУКТУРА КУРСА.....	12
5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПРОГРАММЫ.....	14
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ (СЕМИНАРСКИЕ) ЗАНЯТИЯ	25
7. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.....	25
8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	26

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания имеют целью систематизировать и облегчить самостоятельную работу студентов по изучению дисциплины «Конструкция и прочность летательных аппаратов» (КПЛА), занимающей одно из центральных мест в подготовке авиационного инженера-механика гражданской авиации (ГА). Указания знакомят с организацией обучения и программой дисциплины, а также содержат конкретные методические рекомендации по изучению основных ее разделов.

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины КПЛА рассчитано на один семестр работы студентов-заочников 4 курса. Общий объем часов на дисциплину – 250 часов. Самостоятельная работа составляет 228 часов.

Перед началом изучения дисциплины на 3-м курсе (6-й семестр) студентам читается установочная лекция (2 часа), в которой дается общее представление о содержании курса КПЛА, который включает в себя следующие разделы:

Раздел 1. Введение.

Раздел 2. Условия нагружения ЛА.

Раздел 3. Основы строительной механики летательных аппаратов.

Раздел 4. Конструкция и расчёт крыла самолёта.

Раздел 5. Конструкция и расчёт фюзеляжа.

Раздел 6. Конструкция и расчет оперения, рулей и элеронов.

Раздел 7. Конструкция, размещение, крепление и расчёт силовых установок ЛА.

Раздел 8. Конструкция и расчет шасси.

Раздел 9. Колебания и аэроупругость авиаконструкций.

Раздел 10. Надёжность, живучесть и ресурс конструкций ЛА.

Раздел 11. Особенности конструкции и прочности вертолётов.

Раздел 12. Основы проектирования и оценка эффективности ЛА.

На установочной лекции также рассматривается ряд вопросов, касающихся основ проектирования летательных аппаратов (ЛА): основные этапы разработки проекта самолета; определение перспективных значений летно-технических характеристик; разработка эксплуатационно-технических требований; общие принципы выбора компоновки и параметров ЛА; перспективы развития летательных аппаратов.

Это должно помочь студентам при выполнении курсового проекта пассажирского или грузового самолета, который каждый студент выполняет са-

мостоятельно в процессе обучения. Трудоемкость курсового проекта находится в пределах 45-ти часов. Курсовой проект после его выполнения высылается студентом (желательно заблаговременно, до начала сессии) в деканат заочного факультета для рецензирования преподавателем кафедры Аэродинамики, конструкции и прочности ЛА (АКПЛА), в результате которого проект может быть допущен к защите или направлен автору на доработку.

При необходимости каждый студент-заочник в период между сессиями может получить письменную консультацию по интересующим его вопросам, направив соответствующее письмо на кафедру АКПЛА через деканат заочного факультета.

На зачетно-экзаменационной сессии студенты имеют возможность прослушать шесть лекций (12 часов). Ниже представлено краткое содержание лекций:

1. Нагрузки, действующие на ЛА, их классификация. Понятие о перегрузке. Требования, предъявляемые к конструкции ЛА. Нормы летной годности (НЛГС). Авиационные правила АП-25. Требования к прочности в АП-25. Нормируемые параметры. Коэффициент безопасности – 2 часа.

2. 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.

3. 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.

4. Классификация средств улучшения взлетно-посадочных характеристик (ВПХ) самолетов. Влияние различных средств механизации на ВПХ 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.

5. 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.

6. 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.

В период зачетно-экзаменационной сессии студенты обязаны пройти лабораторный практикум (8 часов), получить по всем лабораторным работам зачеты и защитить выполненный самостоятельно курсовой проект, после чего сдать экзамен по всему курсу КПЛА. Успешная сдача экзамена завершает изучение дисциплины.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Цель преподавания дисциплины

Курс КПЛА является прикладной инженерной дисциплиной, в которой изучаются конструкции деталей, узлов и агрегатов 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 высоком уровне безопасности полетов.

2.2. Задачи изучения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен иметь представление:

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

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, летно-технические характеристики (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, испытания и эксплуатацию воздушной техники.

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.

2.3. Перечень базовых дисциплин

Курс базируется на таких инженерных дисциплинах, как авиационное материаловедение, сопротивление материалов, аэромеханика, детали машин, техническая механика и др.

2.4. Перечень дисциплин, в которых используется КПЛА

Знания по курсу КПЛА будут необходимы при изучении дисциплин: техническая эксплуатация ЛА и авиадвигателей, ремонт ЛА и авиадвигателей, надежность авиационной техники и безопасность полетов, конструкция и техническое обслуживание ЛА и авиадвигателей, а также в процессе курсового и дипломного проектирования.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная учебная литература

1. Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации: Учебник для вузов гражданской авиации / М.С. Воскобойник, П.Ф. Максютинский, К.Д. Миртов и др.; Под общ. ред. К.Д. Миртова, Ж.С. Черненко. – М.: Машиностроение. 1991. – 448 с.: ил.

2. Строительная механика летательных аппаратов: Учебник для авиационных специальностей вузов / И.Ф. Образцов, Л.А. Булычев, В.В. Васильев и др.; Под ред. И.Ф. Образцова. – М.: Машиностроение, 1986. – 536 с.: ил.

3. Страхов Г.И., Чунарева Н.Н. Строительная механика самолета. – М.: МИИГА, 1983. – 96 с.

4. Протопопов В.И., Арепьев А.Н.. Основы авиационной техники. – М.: МИИГА, 1981. – 88 с.

Дополнительная учебная литература

5. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1995. – 416 с.: ил.

6. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Под ред. С.М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.

Регламентирующая литература

7. Воздушный кодекс Российской Федерации. Официальный текст по состоянию на 1 ноября 1998 г. – М.: Издательская группа НОРМА-ИНФРА•М, 1999. – 80 с.

8. Наставление по производству полетов НППГА – 85. – М.: Воздушный транспорт, 1985. – 254 с.

9. Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов, 1993. – 214 с.

10. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории, 1994. – 322 с.

Литература для выполнения курсового проекта

11. Андрюхин В.А., Арепьев А.Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов». Часть 1. Объем, содержание и оформление проекта. – М.: МГТУ ГА, 1994. – 32 с.

12. Андрюхин В.А., Арепьев А.Н., Крестьянинов Е.Ф., Чунарёва Н.Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов». Часть 2. – М.: МГТУ ГА, 1995. – 56 с.

13. Андрюхии В.А., Чунарёва Н.Н., Зайцев В.И. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и прочность летательных аппаратов». Часть 3. – М.: МГТУ ГА, 1995. – 60 с.

Справочная литература

14. Шульженко М.Н. Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.

15. Гребеньков О.А. Конструкция самолетов. Учеб. пособие для авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с., ил.

16. Арепьев А.Н. Проектирование легких пассажирских самолетов. – М.: Издательство МАИ, 2006. – 640 с.: ил.

17. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение». – М.: Машиностроение, 1985. – 296 с., ил.

18. Стригунов В.М. Расчет самолета на прочность: Учебник для авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с., ил.

19. Проектирование конструкций самолетов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение» / Е.С. Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.: ил.

20. Андрюхин В.А., Ефимов В.В., Бехтина Н.Б. Конструкция и прочность летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2003. – 68 с.

Литература по конкретной авиационной технике

21. Юркевич Н.Р., Яковлев С.А., Федулов В.Д. Самолет Як-40. – М.: Транспорт, 1971. – 280 с.

22. Пассажирский самолет Ил-62. В 2-х частях / Г.В. Новожилов, Д.В. Лещинер, Б.Н. Травкин. Под ред. Г.В. Новожилова. – М.: Машиностроение, 1981. – 328 с.: ил.

23. Яковлев Ю.А. Самолет Ил-86. Конструкция и летная эксплуатация. – Учебное пособие. – М.: Воздушный транспорт, 1992. – 184 с.

24. Ефимов В.В. Конструкция и техническое обслуживание летательных аппаратов. Самолет Ил-86. Часть 1. Планер: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2006. – 100 с.

4. СТРУКТУРА КУРСА

Раздел 1. Введение

Гражданская авиация и её значение в развитии страны и задачи инженеров ГА в обеспечение эффективной и безопасной эксплуатации воздушных судов. Регламентирующие документы.

Раздел 2. Условия нагружения ЛА

Виды нагрузок, действующих на ЛА. Основные полётные и посадочные случаи нагружения.

Раздел 3. Основы строительной механики летательных аппаратов

Расчёт элементов планера ЛА методами теории упругости. Изучение работы тонкостенных конструкций и стержневых систем под нагрузкой.

Раздел 4. Конструкция и расчёт крыла самолёта

Основные технические требования, предъявляемые к крылу самолета. Назначение силовых элементов конструкции крыла, восприятие ими силовых факторов, действующих в сечении крыла. Приближенный расчет крыла на прочность. Виды конструктивно-силовых схем крыльев, варианты их конструктивного исполнения.

Раздел 5. Конструкция и расчёт фюзеляжа

Основные технические требования, предъявляемые к фюзеляжу самолета. Назначение силовых элементов конструкции фюзеляжа, восприятие ими силовых факторов, действующих в сечении фюзеляжа. Приближенный расчет фюзеляжа на прочность. Виды конструктивно-силовых схем фюзеляжей, варианты их конструктивного исполнения.

Раздел 6. Конструкция и расчет оперения, рулей и элеронов

Основные технические требования, предъявляемые к оперению и подвижным частям крыла и оперения самолета. Назначение силовых элементов конструкции оперения и подвижных частей крыла и оперения, восприятие ими силовых факторов, действующих в сечении фюзеляжа. Приближенный расчет оперения и подвижных частей крыла и оперения на прочность. Виды конструктивно-силовых схем оперения и подвижных частей крыла и оперения, варианты их конструктивного исполнения.

Раздел 7. Конструкция, размещение, крепление и расчёт силовых установок ЛА

Основные требования к размещению и креплению двигателей. Виды силовых установок. Определение нагрузок, действующих на силовые установки.

Раздел 8. Конструкция и расчет шасси

Основные технические требования, предъявляемые к шасси ЛА. Виды конструктивно-силовых схем шасси. Назначение и конструкция элементов шасси. Определение нагрузок, действующих на шасси.

Раздел 9. 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.

Раздел 10. 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.

Раздел 11. 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.

Раздел 12. Основы проектирования и оценка эффективности ЛА

Расчёт масс частей летательного аппарата, их весовой эффективности на основе полуэмпирических зависимостей. Методы оценки технического уровня и эффективности ЛА.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПРОГРАММЫ

Раздел 1. Введение

ГА 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 ЛА ГА и требования ИКАО. Воздушный кодекс РФ. Курс КПЛА и организационные вопросы его изучения.

Методические указания к изучению раздела 1

Литература: [1], с. 3...4, 29.

Центральные вопросы раздела: место ГА в транспортной системе страны; достижения современной авиационной науки; обеспечение экологической безопасности при создании ЛА и их эксплуатации; авиационные правила (нормы лётной годности ЛА) и другие нормативные документы.

Контрольные вопросы:

1. Какое место занимает ГА в транспортной системе страны?
2. Какие достижения современной авиационной науки Вам известны?
3. Какие мероприятия необходимы для обеспечения экологической безопасности при создании ЛА и их эксплуатации?

4. Какие нормативные документы, используемые при создании и эксплуатации ЛА, Вам известны?

5. В каком нормативном документе излагаются Нормы прочности ЛА?

Раздел 2. Условия нагружения ЛА

Понятие о перегрузке. Измерение и регистрация перегрузок. Маневренный полет в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Перегрузка при полёте в беспокойном воздухе. Влияние упругих деформаций конструкции и автоматики систем управления на перегрузки. Основные полётные и посадочные случаи нагружения. Испытания ЛА. Особенности нагружения вертолётов.

Методические указания к изучению раздела 2

Литература: [1], с. 24...38, 44...47.

Центральные вопросы раздела: понятие о перегрузке; маневренные перегрузки; перегрузки при полете в беспокойном воздухе; методы определения нагрузок в Нормах прочности; огибающие перегрузок при маневре и при полете в беспокойном воздухе; схема расчетных случаев при посадке ЛА; особенности нагрузок, действующих на вертолеты.

Контрольные вопросы:

1. Что такое перегрузка?
2. Каким образом можно измерить перегрузку?
3. Какую размерность имеет перегрузка?
4. Является ли перегрузка векторной величиной?
5. Для чего строятся огибающие перегрузок?
6. Какие нагрузки действуют на лопасть несущего винта вертолета?

Раздел 3. Основы строительной механики летательных аппаратов

Расчёт элементов планера ЛА методами теории упругости. Формулировка задачи. Уравнение равновесия и граничные условия. Элементы геомет-

рической теории деформации. Физические соотношения. Принцип Сен-Венана. Энергия деформаций. Общие уравнения решения задач. Метод Ритца. Метод Бубнова-Галёркина. Устойчивость, прочность и жёсткость тонких пластин. Основные гипотезы. Дифференциальное уравнение изгиба и характеристика методов его решения. Энергия деформации пластин. 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.

Методические указания к изучению раздела 3

Литература: [2], с. 13...42, 99...106, 113...128, 340...350.

Центральные вопросы раздела: основные положения теории упругости; уравнения теории тонких пластин; плоское напряженное состояние пластин; изгиб пластин; критерии устойчивости элементов ЛА; устойчивость тонкостенных стержней; устойчивость тонких пластин.

Контрольные вопросы:

1. Чем занимается теория упругости?
2. Каковы условия равновесия элементарного объема упругого тела?
3. В чем суть закона парности касательных напряжений?
4. При каких условиях упругая система считается устойчивой?
5. Какая нагрузка называется критической?

Раздел 4. Конструкция и расчёт крыла самолёта

Назначение и важнейшие технические требования, предъявляемые к крылу, компоновка внешних форм крыльев.

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. Расчёт касательных напряжений при изгибе и кручении тонкостенных подкреплённых конструкций.

Свободное кручение тонкостенных конструкций. Уравнения циркуляции. Расчёт центров жесткости при изгибе открытых, однозамкнутых и многозамкнутых тонкостенных конструкций. Расчет перемещений в тонкостенных конструкциях. Понятие о депланации поперечных сечений. Стеснённое кручение кессона крыла. Жёсткость и устойчивость элементов крыла. Обшивка, подкрепленная и неподкрепленная панели. Устойчивость подкреплённой панели.

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.

Приближённый расчёт крыла на изгиб. Приближённый расчёт крыла на кручение. Приближённый расчёт крыла на сдвиг. Деформация крыла при изгибе и кручение.

Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев. Назначение и работа силовых нервюр корневой части крыла.

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.

Методические указания к изучению раздела 4

Литература: [1], с. 110...137, 164...203; [2], с. 189...225, 232...259, 353...361, 483...485.

Центральные вопросы раздела: технические требования, предъявляемые крылу; основы балочной теории оболочек; метод редуцированных коэффициентов; расчет нормальных и касательных напряжений при изгибе и кру-

чении тонкостенных подкреплённых конструкций; жёсткость и устойчивость элементов крыла; назначение, конструкция и работа продольного и поперечного набора крыла; приближённый расчёт крыла на изгиб; особенности конструкции и работы стреловидных крыльев; конструктивно-силовые схемы крыльев; конструкция и работа крыла у разъёма.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные технические требования, предъявляемые крылу.
2. Перечислите основные допущения балочной теории оболочек.
3. Что такое редуцированный коэффициент?
4. Приведите последовательность расчета подкрепленной панели на потерю устойчивости.
5. Каково назначение лонжерона в конструкции крыла?

Раздел 5. Конструкция и расчёт фюзеляжа

Основные технические требования, предъявляемые к фюзеляжу. 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.

Методические указания к изучению раздела 5

Литература: [1], с. 259...267, 288...297.

Центральные вопросы раздела: обеспечение прочности фюзеляжа в зонах стыков и вырезов; расчет шпангоута на прочность; конструктивные мероприятия, повышающие живучесть фюзеляжа; конструкция герметичных

кабин; обеспечение условий комфорта в кабинах экипажа и пассажиров; конструктивные мероприятия по обеспечению безопасности экипажа и пассажиров.

Контрольные вопросы:

1. В чем особенность работы конструкции фюзеляжа в зонах стыков и больших вырезов?
2. Каково основное назначение нормальных шпангоутов?
3. В чем принципиальное отличие усиленных шпангоутов от нормальных?
4. Опишите качественно закон регулирования давления в гермокабине.
5. Перечислите основные конструктивные мероприятия по обеспечению безопасности экипажа и пассажиров.

Раздел 6. Конструкция и расчет оперения, рулей и элеронов

Основные технические требования к органам устойчивости и управляемости самолёта. Нагрузки, действующие на оперение. Параметры 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.

Методические указания к изучению раздела 6

Литература: [1], с. 204...219.

Центральные вопросы раздела: технические требования к органам устойчивости и управляемости самолёта; виды балансировочных схем самолётов; конструктивно-силовые схемы оперения; принципы расчета на прочность узлов навески подвижных частей крыла и оперения; особенности конструкции элеронов и рулей; аэродинамические средства уменьшения усилий на рычагах управления.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите органы, обеспечивающие устойчивость и управляемость самолета.
2. Какие балансировочные схемы самолетов Вы знаете?
3. В чем особенность конструкции элеронов и рулей?
4. Для чего нужны балансировочные грузы, устанавливаемые на элеронах и рулях?
5. Для чего нужна аэродинамическая компенсация?

Раздел 7. 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.

Методические указания к изучению раздела 7

Литература: [1], с. 235...256.

Центральные вопросы раздела: основные технические требования к силовым установкам ЛА; определение нагрузок, действующих на узлы крепления двигателей; конструктивно-силовые схемы крепления двигателей; особенности конструкции гондол и пилонов; конструктивные мероприятия по обеспечению демпфирования колебаний силовых установок.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите специфические технические требования к силовым установкам ЛА.
2. Перечислите основные типы двигателей, используемые в составе силовых установок ЛА.

3. В чем состоят основные достоинства и недостатки размещения двигателей на пилонах под крылом?

4. Какие виды нагрузок рассматриваются при расчете на прочность узлов крепления двигателей?

5. Какие конструктивно-силовые схемы крепления двигателей Вам известны?

Раздел 8. 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.

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.

Методические указания к изучению раздела 8

Литература: [1], с. 308...351.

Центральные вопросы раздела: схемы размещения шасси на самолете; конструктивно-силовые схемы опор шасси; конструкция амортизационных стоек шасси; работа жидкостно-газового амортизатора; конструкция авиационных колес и других опорных элементов шасси; виды тормозных устройств; особенности конструкции носовых опор шасси.

Контрольные вопросы:

1. Какие схемы размещения опор шасси на самолете Вы знаете?
2. Что такое шлиц-шарнир и каково его назначение?
3. Каково назначение амортизатора в конструкции опор шасси?
4. Какие опорные элементы шасси Вы знаете?
5. Опишите конструкцию дискового тормоза.

Раздел 9. Колебания и аэроупругость авиаконструкций

Виды колебаний частей летательных аппаратов и явления аэроупругости. Влияние колебаний на долговечность конструкции 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.

Вынужденные колебания при случайных воздействиях. Акустические вибрации. Вынужденные колебания оперения. Бафтинг. Флаттер. Изгибно-крутильный флаттер крыла. Изгибно-элеронный флаттер крыла.

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.

Методические указания к изучению раздела 9

Литература: [1], с. 48...82, 351.

Центральные вопросы раздела: явления аэроупругости; мероприятия по обеспечению требуемой жесткости и вибропрочности конструкции; анализ собственных частот и форм колебаний крыла; вынужденные колебания оперения; дивергенция и реверс; флаттер и бафтинг; «шимми» носовых опор.

Контрольные вопросы:

1. Какие явления аэроупругости Вам известны?
2. От чего зависит критическая скорость изгибно-крутильного флаттера крыла?
3. Перечислите мероприятия, повышающие критическую скорость изгибно-элеронного флаттера крыла.
4. От жесткости какой части планера самолета в основном зависит критическая скорость флаттера оперения?

5. В чем заключается явление реверса органов управления?

6. Какие конструктивные мероприятия применяются для борьбы с явлением «шимми» носовых опор шасси?

Раздел 10. 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».

Методические указания к изучению раздела 10

Литература: [1], с. 83...104.

Центральные вопросы раздела: взаимосвязь понятий надёжности, безопасности, живучести, эксплуатационной технологичности и эффективности ЛА; конструктивные мероприятия по повышению долговечности и живучести конструкций ЛА; методы определения усталостного ресурса.

Контрольные вопросы:

1. Что такое эксплуатационная живучесть?
2. От чего зависит долговечность конструкции?
3. Перечислите составляющие понятия «надёжность»?
4. Что такое безопасно повреждаемые конструкции и для чего они нужны?
5. В чем разница между ресурсом и сроком службы конструкции?

Раздел 11. 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.

Методические указания к изучению раздела 11

Литература: [1], с. 397...433.

Центральные вопросы раздела: основные технические требования, предъявляемые к вертолетам; компоновочные схемы вертолетов; конструктивно-силовые схемы основных частей планера вертолета; нагрузки, действующие на вертолет; особенности конструкции систем управления вертолетов.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные технические требования, предъявляемые к вертолетам.
2. Какие компоновочные схемы вертолетов Вы знаете?
3. Каким образом осуществляется путевое управление одновинтовым вертолетом?
4. Что такое автомат перекоса и для чего он служит?
5. Как осуществляется управление величиной тяги несущего винта вертолета?

Раздел 12. Основы проектирования и оценка эффективности ЛА

Расчёт масс частей ЛА, их весовой эффективности на основе полуэмпирических зависимостей. Уравнение существования самолета. Определение основных размеров самолёта. Компоновка и силовая увязка агрегатов. Центровка самолетов. Обеспечение безопасности полетов.

Методические указания к изучению раздела 12

Литература: [1], с. 6...23.

Центральные вопросы раздела: принципы расчета масс частей самолета; уравнение существования самолета; аэродинамическая, объемно-весовая и конструктивно-силовая компоновка самолета; конструктивно-силовая увязка частей самолета; центровка самолета.

Контрольные вопросы:

1. Опишите подход к определению масс частей самолета.

2. Запишите уравнение существования самолета и объясните, почему оно так называется.

3. В чем заключается объемно-весовая компоновка?

4. В чем состоит основная задача конструктивно-силовой компоновки самолета?

5. Каким образом производится центровка самолета?

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ (СЕМИНАРСКИЕ) ЗАНЯТИЯ

В настоящем курсе практические (семинарские) занятия не предусмотрены.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Лабораторная работа № 1. Определение частоты колебаний авиационной тяги управления

Цель работы: Изучение экспериментального и расчетного методов определения частот собственных колебаний авиационной тяги системы управления.

Содержание работы:

1) определение расчетным методом Релея частоты первого тона колебаний тяги управления;

2) экспериментальное определение частоты первого тона колебаний тяги управления;

3) сравнение результатов, полученных экспериментальным и расчетным путями.

Базовыми для выполнения работы являются разделы 3 и 9 настоящего курса.

Продолжительность занятия – 4 часа.

Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции самолета Як-40

Цель работы: Ознакомление с основными элементами конструкции и узлами планера, шасси и системы управления самолета Як-40.

Содержание работы:

- 1) ознакомление с конструкцией самолета в лаборатории Док-1, где самолет Як-40 представлен в препарированном виде;
- 2) выполнение эскизов указанных преподавателем конструктивных элементов и узлов самолета.

Базовыми для выполнения работы являются разделы 4 – 8 настоящего курса.

Продолжительность занятия – 4 часа.

8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Целью курсового проекта является углубление и закрепление знаний, полученных при изучении курса КППЛА и ряда других смежных дисциплин, а также приобретение опыта самостоятельного решения инженерных задач проектного, расчетно-графического и эксплуатационного характера. Результаты выполнения курсового проекта оформляются в виде комплекта чертежей и пояснительной записки.

При выполнении курсового проекта студент обязан:

- проработать (повторить) по учебникам разделы курса, которые являются базовыми при выполнении курсового проекта (разделы 4 – 8, 10, 12);
- получить заблаговременно (на установочной лекции) согласованное с преподавателем техническое задание на курсовое проектирование;
- проработать методические указания к выполнению курсового проекта [11 – 13];
- выполнить необходимые расчеты, оформить пояснительную записку и графическую часть проекта.

Пояснительная записка должна содержать техническое задание на проектирование, подписанное преподавателем, выбор и расчетное обоснование основных параметров и характеристик ЛА, а также все необходимые вспомогательные материалы (графики, таблицы, рисунки и т.п.). Объем записки – 30...35 листов формата А4.

Комплект чертежей состоит из габаритного чертежа ЛА в трех проекциях и чертежа общего вида ЛА с необходимыми разрезами. Формат чертежей – А1.

Подробная информация об объеме, содержании, рекомендуемой последовательности работы над проектом и оформлении результатов проектирования содержится в методических указаниях [11]. Там же имеются вопросы для самопроверки студентом курсового проекта и для подготовки к его защите.

Вся работа над курсовым проектом выполняется лично самим студентом, который несет ответственность за правильность расчетов, целесообразность принятия технических решений, качество выполнения пояснительной записки и графической части проекта.

Как указывалось выше, курсовой проект рецензируется преподавателем кафедры АКПЛА и после допуска к защите защищается студентом перед комиссией в составе двух преподавателей.

Трудоемкость курсового проекта – в пределах 45 часов.