

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра аэродинамики, конструкции и прочности
летательных аппаратов

М.А. Киселев, Л.В. Москаленко, В.В. Трофимов

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ И АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

ЧАСТЬ I

Учебно-методическое пособие
по изучению дисциплины

*для студентов III курса
направления 25.05.05
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2020

УДК 629.7.02+621.4
ББК 052
К44

Рецензент:

Ципенко В.Г. – д-р техн. наук, профессор

Киселев М.А.

К44

Летательные аппараты и авиационные двигатели. Часть I [Текст] : учебно-методическое пособие по изучению дисциплины / М.А. Киселев, Л.В. Москаленко, В.В. Трофимов. – М.: ИД Академии Жуковского, 2020. – 24 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Летательные аппараты и авиационные двигатели» по учебному плану для студентов III курса направления 25.05.05 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 20.02.2020 г. и методического совета 18.03.2020 г.

УДК 629.7.02+621.4
ББК 052

СОДЕРЖАНИЕ

| | с. |
|---|----|
| 1. ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 4 |
| 3. СТРУКТУРА КУРСА..... | 5 |
| 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 6 |
| 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 22 |

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие содержит рекомендации по изучению дисциплины «Летательные аппараты и авиационные двигатели» для студентов III курса направления образования 25.05.05 МГТУ ГА: в пособии изложены цели и задачи дисциплины, представлены структура курса и программа дисциплины с методическими указаниями по изучению ее разделов, список рекомендуемой литературы.

Самостоятельная работа студентов по освоению дисциплины должна проводиться с помощью предлагаемой основной литературы [1 - 3], которая содержит необходимый объем материала.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование у обучаемых необходимых знаний и умений, а также привитие практических навыков по конструкции и прочности современных ЛА, функционированию их основных систем.

Задача изучения дисциплины – формирование у обучающихся компетенций, необходимых для осуществления производственно-технологической деятельности в сфере «Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов», в том числе **профессиональных компетенций (ПК):**

– способность и готовность эксплуатировать воздушные суда, силовые установки и системы воздушных судов, включая радио- и электросветотехническое оборудование, системы автоматики и управления и бортовое аварийно-спасательное оборудование, в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (ПК-56);

– способность и готовность осуществлять проверку работоспособности эксплуатируемого оборудования; (ПК-60).

В результате изучения дисциплины «Летательные аппараты и авиационные двигатели» студент должен обладать:

по компетенции ПК-56:

знать:

- классификацию самолетов ГА (ПК-56.1.10);
- понятие об НЛГС, АП-25 (ПК-56.1.11);
- основные части конструкции самолета, их назначение (ПК-56.1.12);
- устройство и принцип работы основных систем летательных аппаратов (ПК-56.1.13);
- основные методы и принципы проектирования ЛА, уравнение существования ЛА (ПК-56.1.14);

уметь:

– оценивать неисправности в конструкции планера самолета и его систем (ПК-56.2.8);

владеть:

– навыками оценки возникновения неисправностей в конструкции планера самолета и его систем (ПК-56.3.7);

по компетенции ПК-60:**знать:**

– теоретические положения, лежащие в основе принципов действия самолетных систем и авиадвигателей как объектов процессов эксплуатации (ПК-60.1.12);

– силовые факторы, возникающие в основных элементах конструкции ЛА (ПК-60.1.13);

уметь:

– исследовать объекты и процессы эксплуатации самолетных механических систем и авиадвигатели (ПК-60.2.12);

– оценивать неисправности в конструкции планера самолета и его систем (ПК-60.2.13);

владеть:

– навыками исследования объектов и процессов эксплуатации самолетных механических систем и авиадвигателей (ПК-60.3.11).

3. СТРУКТУРА КУРСА

На дневном отделении Московского государственного технического университета гражданской авиации курс «Летательные аппараты и авиационные двигатели» для направления образования 25.05.05 обеспечивается в течение пятого семестра 17 лекциями и 4 лабораторными работами и завершается сдачей дифференцированного зачета.

Лекции предназначены для первичного ознакомления с материалом в методически правильной постановке и последовательности. На лекциях следует стремиться к точному конспектированию и пониманию логических связей отдельных элементов курса и его разделов. В процессе самостоятельной работы с учебными пособиями и другой литературой можно восполнить пробелы конспекта, дополнить его новым материалом, а также зафиксировать свои собственные мысли. Все это позволит в дальнейшем продуктивно использовать конспект в качестве справочника.

Лабораторные работы №1 и 2 предназначены для ознакомления с методами экспериментального определения прочностных характеристик частей и деталей летательного аппарата, № 3 и 4 позволяют сформировать профессиональные компетенции по эксплуатации контрольно-измерительной аппаратуры и электротехнического оборудования систем силовой установки и воздушных су-

дов. Лабораторные работы выполняются на экспериментальных установках и в специализированных классах двигателей, эксплуатируемых в гражданской авиации. Отчет о выполненной лабораторной работе защищается у преподавателя.

Дифференцированный зачет проводится после успешного выполнения учебного плана (включая защиты всех лабораторных работ) в объеме контрольных вопросов каждого раздела программы дисциплины.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Конструкция основных частей самолета

Тема 1.1. Введение. Структура дисциплины. Классификация и схемы самолетов. Основы расчета на прочность (2 часа)

Введение в конструкцию и расчет на прочность ЛА, бортовые системы и проектирование летательных аппаратов. Предмет курса, связь с другими учебными дисциплинами. Структура дисциплины, краткая характеристика её частей. Место дисциплины в системе знаний по эксплуатации самолетов. Краткий исторический очерк развития дисциплины.

Летательные аппараты гражданской авиации. Классификация самолетов гражданской авиации.

Виды нагрузок, действующих на самолет, и их классификация. Использование понятия перегрузки при определении нагрузок. Перегрузки при различных режимах полета. Перегрузки вне центра масс самолета. Нормы прочности самолетов в АП-25. Определение основных исходных данных для расчета самолета на прочность. Принципы определения разрушающих напряжений при расчете на прочность силовых элементов конструкций летательных аппаратов.

Самостоятельная работа студентов (4 часа)

Место дисциплины в системе знаний по эксплуатации самолетов. Краткий исторический очерк развития дисциплины.

Темы для самостоятельного изучения:

Место дисциплины в системе знаний по эксплуатации самолетов. Краткий исторический очерк развития дисциплины.

Литература: [1, с. 6-8].

Нормы прочности самолетов в АП-25. Определение основных исходных данных для расчета самолета на прочность. Принципы определения разрушающих напряжений при расчете на прочность силовых элементов конструкций летательных аппаратов.

Литература: [1, с. 10-17].

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 4-17, 67-71].

Центральные вопросы подраздела: конструкции ЛА; бортовые системы ЛА; проектирование ЛА; классификация самолетов гражданской авиации; нагрузки, действующие на самолет; нормы прочности самолетов.

Контрольные вопросы:

- 1.1.1. Основные части самолета.
- 1.1.2. Основные бортовые системы самолета.
- 1.1.3. Классификация самолетов гражданской авиации.
- 1.1.4. Нагрузки, действующие на самолет.
- 1.1.5. Расчет на прочность самолета.
- 1.1.6. Перегрузка.
- 1.1.7. Расчетные нагрузки.
- 1.1.8. Эксплуатационные нагрузки.
- 1.1.9. Разрушающие напряжения.

Тема 1.2. Крыло самолета. Конструкция подвижных частей крыла. Конструкция оперения (2 часа)

Назначение крыла и основные требования к нему. Внешние формы крыла и их влияние на весовые, жесткостные и аэродинамические характеристики крыла. Анализ схем расположения крыла относительно фюзеляжа. 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. Конструктивно-силовые схемы крыльев. Стыковые соединения крыльев различных конструктивно-силовых схем. Варианты конструктивного исполнения элементов силового набора крыла. Вырезы в крыле и их конструктивное оформление. Конструктивно-силовые схемы крыльев. 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.

Самостоятельная работа студентов (4 часа)

Конструктивно-силовые схемы крыльев. Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев.

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.

Литература: [1, с. 74...85; 96...108].

Лабораторная работа 1. Экспериментально-расчетное исследование деформаций авиационных конструкций (6 часов)

Литература: [1, с. 74...80].

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 71...85; 96...108].

Центральные вопросы подраздела: крыло; силовые факторы в сечениях крыла; силовые элементы крыла; механизация крыла; хвостовое оперение.

Контрольные вопросы:

- 1.2.1. Назначение крыла.
- 1.2.2. Расположения крыла относительно фюзеляжа.
- 1.2.3. Нагрузки, действующие на крыло.
- 1.2.4. Силовые факторы, действующие в сечении крыла.
- 1.2.5. Силовые элементы конструкции крыла.
- 1.2.6. Конструктивно-силовые схемы крыльев.
- 1.2.7. Варианты конструктивного исполнения элементов силового набора крыла.
- 1.2.8. Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев.
- 1.2.9. Аэродинамические устройства для уменьшения нагрузок на командных рычагах управления.
- 1.2.10. Назначение оперения самолета.
- 1.2.11. Размещение оперения на самолете.
- 1.2.12. Конструктивное исполнение горизонтального и вертикального оперения.
- 1.2.13. Назначение подвижного стабилизатора.
- 1.2.14. Особенности конструкции подвижного стабилизатора.

Тема 1.3. Конструкция фюзеляжа. Конструкция шасси (2 часа)

Назначение фюзеляжа и основные требования к нему. Внешние формы и геометрические характеристики фюзеляжа. Нагрузки, действующие на фюзеляж. Конструктивно-силовые схемы и силовые элементы фюзеляжей. Стыковые соединения фюзеляжа с другими частями самолета. Варианты конструктивного исполнения силовых элементов фюзеляжа. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже. Компоновка и конструкция кабин. Конструкция фонарей, окон, дверей и люков.

Назначение шасси и основные требования к нему. Схемы шасси, их достоинства и недостатки. Проходимость самолета и характеристики аэродромов. Геометрические характеристики шасси. Конструктивно-силовые схемы шасси. Нагрузки, действующие на шасси, и работа шасси под нагрузкой. Элементы конструкции шасси и их назначение. Виды опорных элементов. Схемы крепе-

ния 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. Конструкция авиационных колес. Кинематические схемы уборки-выпуска шасси. Колебания шасси при движении по земле.

Самостоятельная работа студентов (3 часа)

Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже. Компоновка и конструкция кабин. Конструкция фонарей, окон, дверей и люков.

Особенности конструкции передних опор. Конструкция авиационных колес. Кинематические схемы уборки-выпуска шасси. Колебания шасси при движении по земле.

Литература: [1, с. 86...96, 119...138].

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 86...96, 119...138].

Центральные вопросы подраздела: фюзеляж, шпангоут, стрингер; шасси; опорный элемент; амортизационная стойка.

Контрольные вопросы:

- 1.3.1. Назначение фюзеляжа.
- 1.3.2. Геометрические характеристики фюзеляжа.
- 1.3.3. Нагрузки, действующие на фюзеляж.
- 1.3.4. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей.
- 1.3.5. Силовые элементы фюзеляжа.
- 1.3.6. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже.
- 1.3.7. Назначение шасси.
- 1.3.8. Основные требования к шасси.
- 1.3.9. Схемы шасси.
- 1.3.10. Характеристики аэродромов.
- 1.3.11. Геометрические характеристики шасси.
- 1.3.12. Опорные элементы шасси.
- 1.3.13. Крепление опорных элементов к стойкам шасси.
- 1.3.14. Назначение и принцип работы жидкостно-газового амортизатора.
- 1.3.15. Особенности конструкции передних опор.

Тема 1.4. Конструкция элементов системы управления. Конструкция элементов крепления силовых установок (2 часа)

Назначение системы управления самолетом и основные требования к ней. Виды командных постов управления. Виды проводки управления. Элементы проводки 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 двигатели. Способы крепления двигателей к планеру самолета.

Самостоятельная работа студентов (4 часа)

Назначение силовой установки, ее состав и основные требования к ней. Варианты размещения двигателей на самолете и их анализ. Нагрузки, действующие на двигатели. Способы крепления двигателей к планеру самолета.

Литература: [1, с. 144...146; 157...160].

Лабораторная работа 2. Определение частоты собственных колебаний частей авиационных конструкций (4 часа)

Литература: [1, с. 108...119, 144...146].

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1, с. 108...119, 144...146; 157...160].

Центральные вопросы подраздела: управление самолетом; силовая установка.

Контрольные вопросы:

- 1.4.1. Назначение системы управления самолетом.
- 1.4.2. Виды командных постов управления.
- 1.4.3. Виды проводки управления.
- 1.4.4. Устройства для улучшения характеристик управляемости.
- 1.4.5. Варианты размещения двигателей на самолете.
- 1.4.6. Способы крепления двигателей к планеру самолета.

Раздел. 2. Основные системы оборудования ЛА**Тема 2.1. Гидравлические системы (2 часа)**

Принципиальные схемы гидравлических систем с регулируемой и нерегулируемой подачей. Виды основных исполнительных механизмов. Рабочие жидкости в системе. Требования, предъявляемые к гидравлическим системам и пути их реализации.

Самостоятельная работа студентов (2 часа)

Рабочие жидкости в системе. Требования, предъявляемые к гидравлическим системам и пути их реализации.

Литература [1, с. 204...210].

Методические указания к изучению раздела

Литература [1, с. 204...210].

Центральные вопросы подраздела: гидравлические системы самолета.

Контрольные вопросы:

- 2.1.1. Принципиальные схемы гидравлических систем.
- 2.1.2. Гидравлические системы с нерегулируемой подачей.
- 2.1.3. Гидравлические системы с регулируемой подачей.
- 2.1.4. Виды гидравлических систем.
- 2.1.5. Рабочие жидкости гидросистем.
- 2.1.6. Виды основных исполнительных механизмов.

2.1.7. Гидроаккумуляторы

Тема 2.2. Системы кондиционирования и регулирования давления воздуха в кабинах самолета. Противообледенительные системы (2 часа)

Требования к состоянию среды в гермокабинах самолетов. Принципиальные схемы систем кондиционирования воздуха и регулировки давления в кабине пилота и пассажирских салонах самолета. Отбор воздуха от компрессоров ТРД. Охлаждение воздуха. Регулировка температуры и влажности воздуха, подаваемого в гермокабину.

Условия обледенения поверхностей самолета. Формы льда, образующиеся на лобовых поверхностях самолетов. Требования, предъявляемые к противообледенительным системам. Типы противообледенительных систем. Датчики сигнализации обледенения. Принципиальные схемы противообледенительных систем самолета.

Самостоятельная работа студентов (2 часа)

Отбор воздуха от компрессоров ТРД. Охлаждение воздуха. Регулировка температуры и влажности воздуха, подаваемого в гермокабину.

Принципиальные схемы противообледенительных систем механического действия. Состав противообледенительных систем механического действия.

Литература: [1, с. 212...219].

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 212...219].

Центральные вопросы подраздела: Системы кондиционирования и регулирования давления воздуха; противообледенительные системы.

Контрольные вопросы:

- 2.2.1. Требования к содержанию вредных примесей в воздухе гермокабин.
- 2.2.2. Необходимость систем кондиционирования воздуха в кабине пилота и пассажирских салонах самолета.
- 2.2.3. Необходимость систем регулировки давления в кабине пилота и пассажирских салонах самолета.
- 2.2.4. Основные элементы систем кондиционирования воздуха.
- 2.2.5. Основные элементы систем регулировки давления.
- 2.2.6. Условия обледенения поверхностей самолета.
- 2.2.7. Виды обледенений поверхностей самолета.
- 2.2.8. Требования, предъявляемые к противообледенительным системам.
- 2.2.9. Типы противообледенительных систем.
- 2.2.10. Датчики сигнализации обледенения.
- 2.2.11. Принципиальные схемы противообледенительных систем самолета.

Тема 2.3. Противопожарные системы. Топливные системы (2 часа)

Условия возникновения пожара. Зависимость энергии инициализации возгорания и взрыва от внешних условий и концентраций топливо-воздушной

смеси. Датчики сигнализации. Принципиальные схемы противопожарных систем. Методы снижения вероятности возгорания и взрыва.

Требования, предъявляемые к топливным системам. Принципиальная схема топливной системы. Характеристика топлива. Основные агрегаты систем: насосы, датчики расхода и запаса топлива. Централизованная заправка. Меры надежности и живучести топливных систем самолетов Аварийный слив топлива. Обеспечение охраны окружающей среды.

Самостоятельная работа студентов (2 часа)

Методы снижения вероятности возгорания и взрыва на борту ЛА.

Централизованная заправка. Меры надежности и живучести топливных систем самолетов Аварийный слив топлива. Обеспечение охраны окружающей среды.

Литература: [1, с. 177...181].

Методические указания к изучению темы

Литература: [1, с. 177...181].

Центральные вопросы подраздела: противопожарные системы топливные системы.

Контрольные вопросы:

- 2.3.1. Условия возникновения пожара.
- 2.3.2. Датчики сигнализации возгорания.
- 2.3.3. Датчики сигнализации дымообразования.
- 2.3.4. Принципиальные схемы противопожарных систем.
- 2.3.5. Мероприятия по снижению возгорания топлива в топливных баках.
- 2.3.6. Требования, предъявляемые к топливным системам.
- 2.3.7. Принципиальная схема топливной системы.
- 2.3.8. Характеристика топлива.
- 2.3.9. Основные агрегаты топливных систем.
- 2.3.10. Централизованная заправка.
- 2.3.11. Меры по увеличению надежности и живучести топливных систем.
- 2.3.12. Аварийный слив топлива.

Раздел 3. Основы проектирования ЛА

Тема 3.1 Основы проектирования (2 часа)

Характеристика самолета как объекта проектирования. Этапы и задачи проектирования. Общие положения разработки эксплуатационно-технических требований. Уравнение существования самолета. Основы оценки эффективности и технического уровня самолетов гражданской авиации. Авиационные правила АП-25 (Нормы летной годности самолетов транспортной категории).

Самостоятельная работа студентов (3 часа)

Общие положения разработки эксплуатационно-технических требований. Основы оценки эффективности и технического уровня самолетов гражданской авиации.

Литература: [1, стр. 245...255; 2, с. 412...423].

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1, стр. 245...255; 2, с. 412...423].

Центральные вопросы подраздела: проектирования самолетов; авиационные правила АП-25.

Контрольные вопросы:

- 3.1.1. Характеристика самолета как объекта проектирования.
- 3.1.2. Этапы проектирования.
- 3.1.3. Общие положения разработки эксплуатационно-технических требований.
- 3.1.4. Уравнение существования самолета.
- 3.1.5. Оптимизация летно-технических характеристик.
- 3.1.6. Основы оценки эффективности и технического уровня самолетов гражданской авиации.
- 3.1.7. Авиационные правила АП-25.
- 3.1.8. Пути повышения эффективности ЛА за счет прогресса в аэродинамике.
- 3.1.9. Пути повышения эффективности ЛА за счет весового совершенства конструкции планера.
- 3.1.10. Пути повышения эффективности ЛА за счет весового совершенства бортовых систем.
- 3.1.11. Пути повышения эффективности ЛА за счет применения совершенных материалов.
- 3.1.12. Пути повышения эффективности ЛА за счет применения совершенных технологий.

Раздел. 4. Основы конструкции узлов газотурбинных двигателей

Тема 4.1 История создания и основные параметры ГТД. Принцип работы ГТД (2 часа)

Введение. История создания авиационных ГТД. Типы газотурбинных двигателей и области применения. Газотурбинный двигатель как объект эксплуатации.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Ознакомление с основными конструктивно-схемными решениями ГТД. Изучение принципов подхода к инженерному анализу с учетом условий работы конструкций ГТД. Ознакомление с основными технико-экономическими параметрами авиадвигателей.

Литература: [3, с. 4-28; 11].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 4-28; 11].

Центральные вопросы подраздела: основные типы авиадвигателей, их параметры и области применения, основные параметры авиационных ГТД

Контрольные вопросы:

4.1.1. Установить и обосновать тип конструктивно-схемного решения авиадвигателя.

4.1.2. Произвести сравнение вариантов конструктивно-компоновочных схем и технико-экономических параметров заданных конкретных двигателей одного назначения.

4.1.3. Усилия, действующие в ГТД.

Тема 4.2 Конструктивно компоновочные и силовые схемы авиационных ГТД (2 часа).

Конструктивно-компоновочные схемы ГТД. Силовые схемы ГТД. Характеристики. Особенности.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Ознакомление с вариантами схем восприятия и передачи нагрузок элементами конструкции газотурбинного двигателя. Изучение основных силовых схем ГТД. Анализ силовых схем роторов двигателей, валов и опор ГТД.

Литература: [3, с. 28-56; 12].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 28-56; 12].

Центральные вопросы подраздела: понятие конструктивно-компоновочной схемы ГТД; понятие силовой схемы роторов; понятие силовой схемы корпусов; узлы подвески ГТД.

Контрольные вопросы:

4.2.1. Типы силовых схем роторов одновальных ГТД.

4.2.2. Особенности силовых схем роторов многовальных ГТД.

4.2.3. Типы силовых схем корпусов.

4.2.4. Узлы подвески ГТД;

4.2.5. Определить тип силовой схемы конкретного двигателя.

4.2.6. Проанализировать особенности конструкции корпуса двигателя.

Тема 4.3 Компрессоры авиационных ГТД. (2 часа)

Назначение и типы компрессоров (осевые, центробежные, диагональные, комбинированные). Конструктивные компоновки (число ступеней, законы профилирования проточной части с постоянным наружным средним и внутренним диаметрами, число и расположение опор, особенности, конструктивные типы роторов и статоров основных изучаемых типов ГТД). Роторы компрессоров (барabanные, дисковые и смешанные. Области применения. Разборные и неразборные конструкции. Диски и валы. Передача крутящих моментов. Центрирование элементов ротора. Материалы). Характерные неисправности компрессоров.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Рабочие лопатки (назначение, геометрические характеристики, материалы. Перовая часть рабочих лопаток. Хвостовики и полки лопаток.). Крепление рабочих лопаток с использование замков различных конструкций). Статоры компрессоров (назначение, элементы статоров направляющие и спрямляющие аппараты, корпусы опор.).

Литература: [3, с. 56-100, 6].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 56-100, 6].

Центральные вопросы подраздела: компрессор: назначение, типы; ротор компрессора; статор компрессора; лопатки; диски; валы.

Контрольные вопросы:

- 4.3.1. Назначение и типы компрессоров ГТД.
- 4.4.2. Классификация компрессоров.
- 4.3.3. Конструктивные компоновки.
- 4.3.4. Роторы компрессоров ГТД.
- 4.3.5. Статоры компрессоров ГТД.
- 4.3.6. Рабочие лопатки компрессора (назначение, перо, хвостовики, полки, фиксация).
- 4.3.7. Направляющие аппараты (назначение, перо, хвостовики, полки, фиксация).
- 4.3.8. Спрямяющие аппараты (назначение, перо, хвостовики, полки, фиксация).
- 4.3.9. Входные направляющие аппараты (назначение, особенности, типы).
- 4.3.10. Дополнительная механизация компрессора.

Тема 4.4. Камеры сгорания авиационных ГТД (2 часа)

Назначение камер сгорания. Типы камер сгорания (прямоточные: трубчато-кольцевые, кольцевые, противоточные). Конструкция элементов камер сгорания (диффузоры, фронтные устройства, смесительные устройства, устройства охлаждения, элементы подвески жаровых труб и обеспечение свободы температурных расширений, форсунки (типы-одноконтурные, двухконтурные, испарительного типа), воспламенители, дренажные устройства). Материалы, используемые в конструкциях камер сгорания.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Меры борьбы с эмиссией вредных веществ (компоненты продуктов сгорания. Многогорелочные фронтные устройства, двузонные камеры сгорания с последовательным расположением зон, двухъярусные камеры сгорания). Характерные неисправности камер сгорания, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [3, с. 100-120, 13].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 100-120, 13].

Центральные вопросы подраздела: камеры сгорания: назначение, типы; организация процесса горения, диффузор, жаровая труба, стабилизаторы пламени, охлаждение.

Контрольные вопросы:

4.4.1. Назначение камер сгорания ГТД.

4.4.2. Типы камер сгорания.

4.4.3. Конструкция элементов камер сгорания ГТД.

4.4.4. Организация процесса горения в КС.

4.4.5. Материалы, используемые в конструкциях камер сгорания ГТД.

4.4.6. Характерные неисправности камер сгорания ГТД, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Тема 4.5 Турбины авиационных ГТД (2 часа)

Назначение и типы газовых турбин, классификация (по направлению движения потока, числу каскадов, способа срабатывания теплоперепада и др.).

Особенности центростремительных турбин. Конструктивные компоновки (по форме проточной части (закону профилирования, числу ступеней и каскадов, размещению силовых элементов). Роторы осевых турбин (дисковая и барабанно-дисковая схемы, основные элементы роторов). Рабочие лопатки газовых турбин (особенности геометрических характеристик профилей лопаток турбин по сравнению с лопатками компрессоров, охлаждение рабочих лопаток). Крепление рабочих лопаток (радиальная и осевая фиксации, бандажирование рабочих лопаток турбин). Особенности конструкции и охлаждения лопаток сопловых аппаратов. Корпусы сопловых аппаратов (особенности разъемов, центрирование частей корпуса, изменение размеров в процессе эксплуатации и конструктивные мероприятия, обеспечивающие предотвращение усадки и коробления). Корпусы опор, тепловая защита опор.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Материалы, используемые для деталей турбин. Охлаждение турбин (способы охлаждения, их эффективность, влияние системы охлаждения турбины на характеристики двигателя в целом). Характерные неисправности турбин, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Литература: [3, с. 120-156, 9].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 120-156, 9].

Центральные вопросы подраздела: турбины ГТД: классификация, назначение, типы; особенности конструкции, рабочие лопатки, сопловые лопатки, охлаждение турбин, активное управление зазорами.

Контрольные вопросы:

4.5.1. Назначение и типы газовых турбин ГТД, классификация.

- 4.5.2. Конструктивные компоновки турбин ГТД.
- 4.5.3. Роторы осевых турбин ГТД.
- 4.5.4. Статоры турбин ГТД.
- 4.5.5. Особенности конструкции и охлаждения лопаток сопловых аппаратов ГТД.
- 4.5.6. Материалы, используемые для деталей турбин.
- 4.5.7. Охлаждение турбин ГТД.
- 4.5.8. Обеспечение радиальных зазоров в турбине.
- 4.5.9. Активное управление зазорами.
- 4.5.10. Характерные неисправности турбин ГТД.

Тема 4.6 Входные и выходные устройства авиационных ГТД (2 часа).

Входные устройства ГТД. Выходные устройства ГТД. Особенности выходных устройств ТВД. Реверсирование тяги (назначение, классификация, устройства створчатого и решетчатого типа, усилия на элементы устройства). Шум, создаваемый реактивной струей, и способы его снижения. Характерные неисправности входных и выходных устройств, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Основные элементы воздушных и гидрогазовых систем привода, особенности реверсирования тяги двигателей с большой степенью двухконтурности. Девиаторы тяги.

Литература: [3, с. 157-172, 14].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 157-172, 14].

Центральные вопросы подраздела: входные устройства ГТД; выходные устройства ГТД: классификация, назначение, типы; особенности конструкции, шумоглушение, реверсивные устройства, девиаторы тяги.

Контрольные вопросы:

- 4.6.1. Входные устройства ГТД, назначение, особенности конструкции.
- 4.6.2. Выходные устройства ГТД: классификация, назначение, типы.
- 4.6.3. Особенности конструкции выходных устройств.
- 4.6.4. Принцип шумоглушения авиационных двигателей.
- 4.6.5. Реверсивные устройства створчатого типа.
- 4.6.6. Реверсивные устройства решетчатого типа.
- 4.6.7. Девиаторы тяги.
- 4.6.8. Особенности реверсирования тяги двигателей с большой степенью двухконтурности.

Раздел 5. Основы конструкции систем авиационных ГТД

Тема 5.1 Масляные системы ГТД (2 часа).

Назначение, требования к системам (обратить особое внимание на требования к высотности систем и способы ее обеспечения, а также требования по расходу масла), функции (смазки, охлаждения, выноса продуктов износа, предотвращения коррозии, обратить особое внимание на диагностическую функцию системы), классификация (циркуляционные, замкнутые и короткозамкнутые, признаки схем), типичные схемы работы систем, агрегаты систем: характеристики, конструкция (система смазки: масляные, насосы, обратные клапаны, редуционные клапаны, топливо-масляные радиаторы (ТРДД), воздушно-масляные радиаторы ТВД), краны слива, система суфлирования: предохранительные клапаны, воздухоотделители, фильтры и фильтры-сигнализаторы, магнитные пробки и стружкосигнализаторы, масляные системы редукторов и привода винтов изменяемого шага (ТВД)), датчики и сигнализаторы, применяемые в масляных системах. Применяемые масла и изменение их свойств в процессе эксплуатации, основы контроля состояния масла в эксплуатации и типичные точки отбора проб масла; особенности технической эксплуатации, возможные неисправности, способы предупреждения, обнаружения и устранения.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Уметь изобразить в соответствии с требованиями к выполнению принципиальных гидравлических схем систем. Основные типы насосов, области их применения, конструктивные схемы и разновидности – для насосов типа: шестеренного, пластинного, плунжерного, поршневого, центробежного. Преимущества и недостатки различных типов насосов. Явление кавитации и способы его предупреждения.

Литература: [3, с. 387-417, 10].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 387-417, 10].

Центральные вопросы подраздела: система смазки: масляные насосы, обратные клапаны, редуционные клапаны, топливо-масляные радиаторы (ТРДД), воздушно-масляные радиаторы ТВД, система суфлирования, предохранительные клапаны, воздухоотделители, фильтры и фильтры-сигнализаторы, магнитные пробки и стружкосигнализаторы, датчики и сигнализаторы, применяемые в масляных системах.

Контрольные вопросы:

5.1.1. Типы маслосистем ГТД.

5.1.2. Магистраль маслосистем ГТД.

5.1.3. Агрегаты, узлы и коммуникации систем смазки и суфлирования.

5.1.4. Возможные неисправности масляных систем ГТД, их предупреждение.

5.1.5. Контроль параметров систем смазки в эксплуатации.

Тема 5.2 Топливные системы ГТД (2 часа)

Назначение, требования к системам, классификация, типичные схемы (с основным топливным насосом управляемой и неуправляемой производительности), магистрали (низкого, высокого давления, пускового топлива, дренажа, гидравлическая) и агрегаты, используемые в магистралях; работа систем, в т.ч. при останове двигателя, ложном запуске и холодной прокрутке, агрегаты систем: характеристики, конструкция – центробежные насосы, плунжерные насосы: их характеристики, форсунки и воспламенители; фильтры и их характеристики; топливо-масляные радиаторы (ТРДД), воздушно-масляные радиаторы (ТВД), подогреватели топлива; распределители топлива; пожарные краны; стоп-краны, краны слива; агрегаты зажигания; применяемые топлива и их основные свойства; меры по недопущению образования льда на фильтрах; возможные неисправности, способы предупреждения, обнаружения и устранения.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Уметь изобразить топливную систему в соответствии с требованиями к выполнению принципиальных гидравлических схем систем.

Литература: [3, с. 418-447, 8].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 418-447, 8].

Центральные вопросы подраздела: топливные системы ГТД, магистрали, центробежные насосы, плунжерные насосы, форсунки, воспламенители; фильтры и их характеристики; подогреватели топлива; распределители топлива; пожарные краны; стоп-краны, краны слива; агрегаты зажигания; применяемые топлива.

Контрольные вопросы:

5.2.1. Устройство топливных систем ГТД и их типовые схемы.

5.2.2. Основные агрегаты, узлы и коммуникации топливных систем ГТД.

5.2.3. Характерные неисправности топливных систем ГТД, их предупреждение, обнаружение и устранение.

Тема 5.3. Контроль параметров масляной и топливной систем. Лабораторная работа №3. (6 часов)

Способы обеспечения эксплуатационной технологичности систем. Параметры, контролируемые и регистрируемые в процессе эксплуатации масляных систем. Меры техники безопасности при выполнении работ на системах и экологические требования. Типичные работы по ТО масляных систем. Параметры, контролируемые и регистрируемые в процессе эксплуатации топливных систем. Меры техники безопасности при выполнении работ на системах и экологические требования. Типичные работы по ТО топливных систем. Конструкция, принцип работы основных датчиков топливной и масляной систем.

Самостоятельная работа студентов (3 часа).

Подготовка к лабораторной работе №3. Заполнение журнала ЛР. Уметь проводить работы по поиску датчиков и сигнализаторов топливных и масляных систем конретного двигателя для проведения ТО.

Литература: [3, с. 387-447, 8, 10, 15].

Методические указания к изучению темы

Литература: [3, с. 387-447, 8, 10, 15].

Центральные вопросы подраздела: датчики и сигнализаторы: датчики давления на входе/на выходе в двигатель, датчики перепада давления, температурные датчики, указатели уровня, фильтры-сигнализаторы.

Контрольные вопросы:

5.3.1. Назначение системы в рамках обеспечения работы узлов ГТД и ГТД в целом.

5.3.2. Требования к системе как составной части ГТД.

5.3.3. Классификация.

5.3.4. Состав системы.

5.3.5. Работа типичной системы.

5.3.6. Основные типичные неисправности, их характеристики и проявление, влияние на работоспособность узлов и ГТД в целом.

5.3.7. Контролируемые параметры.

5.3.8. Конструкция, принцип работы основных датчиков.

Тема 5.4. Противопожарные и противообледенительные системы ГТД. (2 часа)

Назначение, требования к системам, классификация (противообледенительные: воздушно-тепловые и электротепловые), типичные схемы, работа систем, агрегаты систем (датчики обледенения пневматические и пьезоэлектрические, датчики пожара (перегрева) и защищаемые полости двигателя, использование элементов конструкции маслосистем в качестве противообледенительных, особенности конструкции коков двигателей, направленные на недопущение образования на них льда; стаканы и коллекторы отбора воздуха и их размещение на двигателе, заслонки включения системы, заслонки переключения между точками отбора воздуха, трубопроводы, коллекторы систем, термокомпенсаторы, элементы подвода огнегасящего состава в полости опор, баллоны с огнегасящим составом, пиропатроны, обратные клапаны: характеристики, конструкция; применяемые огнегасящие составы и их влияние на конструктивные элементы двигателей; влияние работы противообледенительной системы на характеристики двигателей и порядок использования противообледенительных систем.

Самостоятельная работа студентов (2 часа).

Причины пожарной опасности двигателей, условия обледенения и допустимость или недопустимость образования льда на элементах двигателей с последующим его удалением.

Литература: [7].

Методические указания к изучению темы

Литература: [7].

Центральные вопросы подраздела: противообледенительная система, противопожарная система..

Контрольные вопросы:

5.4.1. Назначение, состав и условия включения противообледенительных систем ГТД.

5.4.2. Назначение, состав и условия включения противопожарных систем ГТД.

5.4.3. Типы датчиков, коллекторы противообледенительной и противопожарной систем.

5.4.4. Заслонки систем.

5.4.5. Особенности противообледенительной системы двигателей без лопаток входного направляющего аппарата.

Тема 5.5 Контроль параметров противопожарной и противообледенительной систем. Лабораторная работа №4. (4 часа)

Особенности технической эксплуатации, возможные неисправности, способы предупреждения, обнаружения и устранения. Параметры, контролируемые в процессе эксплуатации систем. Меры техники безопасности при выполнении работ на системах и экологические требования. Типичные работы по ТО противообледенительных и противопожарных систем.

Самостоятельная работа студентов (3 часа).

Подготовка к лабораторной работе №4. Заполнение журнала ЛР. Уметь проводить работы по поиску датчиков, сигнализаторов, заслонок противообледенительной и противопожарной систем конкретного двигателя для проведения работ по ТО.

Литература: [7, 15].

Методические указания к изучению темы

Литература: [7, 15].

Центральные вопросы подраздела: датчики обледенения пневматические и пьезоэлектрические, датчики пожара (перегрева), защищаемые полости двигателя, стаканы и коллекторы отбора воздуха, заслонки включения системы, заслонки переключения между точками отбора воздуха и их размещение на двигателе.

Контрольные вопросы:

5.5.1. Назначение системы в рамках обеспечения работы узлов ГТД и ГТД в целом.

5.5.2. Требования к системе как составной части ГТД.

5.5.3. Классификация.

5.5.4. Состав системы.

5.5.5. Работа типичной системы.

5.5.6. Основные типичные неисправности, их характеристики и проявление, влияние на работоспособность узлов и ГТД в целом.

5.5.7. Контролируемые параметры.

5.5.8. Конструкция, принцип работы основных датчиков.

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

| | Автор | Наименование, издательство, год издания |
|---------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Основная литература: | | |
| 1. | Никитин Г. А., Баканов Е. А. | Основы авиации. М.: Транспорт, 1984. – 264 с. |
| 2. | Ефимова М.Г. | Основы авиации. Часть 2. М.: МГТУ ГА, 2005. – 53 с. |
| 3. | Лозицкий Л.П. и др. | Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Воздушный транспорт, 1992. |
| Дополнительная литература | | |
| 4. | М. С. Воскобойников, П. Ф. Максютинский, К. Д. Миртов и др.; Под общ. Ред. К. Д. Миртова, Ж. С. Черненко. | Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации: Учебник для вузов гражданской авиации /– М.: Машиностроение, 1991. – 448 с.; |
| 5. | Бадягин А. А., Егер С. М. и др. | Проектирование самолетов. М.: 1983. – 616 с. |
| 6. | Б.А. Чичков, Л.В. Москаленко. | Конструкция и прочность двигателей. Основы конструкции и прочности двигателя. Компрессоры авиационных ГТД: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы. / – Воронеж: ООО «МИР», 2019. – 36 с. |

| | | |
|-----|---|--|
| 7. | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. | Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме “Противопожарная и антиобледенительная системы ГТД”. – М.: МГТУ ГА, 2007. |
| 8. | Москаленко Л.В., Чичков Б. А. | Системы двигателя. Основы конструкции и прочности двигателя. Топливные системы авиационных ГТД: учебно методическое пособие по выполнению лабораторной работы. – Воронеж: ООО «МИР», 2019. – 40 с. |
| 9. | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П., Чичков Б. А. | Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме “Турбины газотурбинных двигателей”. – М.: МГТУ ГА, 2007 |
| 10. | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П., Чичков Б. А. | Конструкция и прочность авиационных двигателей. Пособие к лабораторным занятиям по теме “Масляные системы авиационных ГТД”. – М.: МГТУ ГА, 2007. |
| 11 | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П., Чичков Б. А. | Конструкция и прочность авиационных двигателей Пособие к лабораторным занятиям на технике по анализу конструкций узлов ГТД”. – М.: МГТУ ГА, 2007 |
| 12 | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П., Чичков Б. А. | Конструкция и прочность авиационных двигателей Пособие к лабораторным занятиям по теме «Силовые схемы газотурбинных двигателей» – М.: МГТУ ГА, 2007 |
| 13 | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. | Конструкция и прочность авиационных двигателей Пособие к лабораторным занятиям по теме «Камеры сгорания газотурбинных двигателей» – М.: МГТУ ГА, 2007 |
| 14 | Москаленко Л.В., Умушкин Б.П. | Конструкция и прочность авиационных двигателей Пособие к лабораторным занятиям по теме «Входные и выходные устройства ГТД» – М.: МГТУ ГА, 2007 |
| 15 | Москаленко Л.В.; Чичков Б.А | Конструкция и техническое обслуживание ТРДД типа Д-30К : пособие по проведению практических работ. – М.: МГТУ ГА, 2014 |

М.А. Киселев, Л.В. Москаленко, В.В. Трофимов

Летательные аппараты и авиационные двигатели.
Часть I

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 29.06.2020 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 1,5 Усл. печ. л. 1,395
Заказ № 610/0413-УМП14 Тираж 70 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68
E-mail: zakaz@itsbook.ru