


МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР

 Криницин В.В.
« 8 » 06 2004г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматическое управление авиадвигателями (ОПД.Ф.07.02)

Факультет	заочный
Кафедра	Двигатели Летательных Аппаратов
Курс	4. форма обучения
Общий объем учебных часов на дисциплин	50ч.
Лекции	4ч.
Лабораторные занятия	4ч.
Контрольная работа	1ч.
ИФК:	экзамен

МОСКВА – 2004

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности.

Рабочую программу составил:
проф. Никонов В.В.



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры ДИА, протокол № 6
от 13 апр. 2004 г.

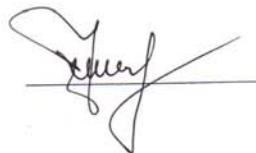
Заведующий кафедрой:
д.т.н., проф. Пивоваров В.А.



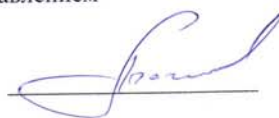
Рабочая программа одобрена методическим советом специальности «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» 130300.

Протокол № 9 от «08» 06 2004г.

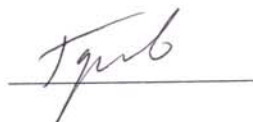
Председатель методического совета:
проф. Чинючин Ю.М.



Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением
Начальник УМУ:
Логачев В.П.



Рабочая программа согласована с Заочным факультетом
Декан ЗФ:
доц., к.т.н. Ермаков А.Л.



1. Цель и задачи дисциплины.

1.1. Роль и место дисциплины в системе профессиональной подготовки специалистов по специальности 13.03.

Применение систем автоматического управления (САУ) является важнейшим фактором в развитии всей авиационной техники и, в частности, в решении вопросов надежности, долговечности и экономичности силовых установок, используемых на летательных аппаратах.

Авиационные газотурбинные силовые установки (АГТСУ) современных летательных аппаратов достигли высокой степени технического совершенства, позволяющего получать при работе на расчетном режиме необходимую тягу (эквивалентную мощность) при относительно низких значениях удельной массы и удельного расхода топлива. Однако для улучшения характеристик силовых установок на нерасчетных режимах при различных окружающих условиях, а также по мере расширения диапазона скоростей и высот полета летательных аппаратов возникает потребность в управлении все большим числом параметров рабочего процесса, в усложнении программ управления (регулирования) и в повышении точности их выполнения. Успешное решение этих задач возможно только средствами автоматики, т.е. в результате использования систем автоматического управления (регулирования).

Системы автоматического управления (регулирования) реализуют без непосредственного участия человека в замкнутом контуре САУ все выработанные человеком заранее или в процессе функционирования объекта алгоритм действия. Роль человека при этом сводится к пуску и выключению системы, эпизодическому контролю за правильностью ее работы, регулированию, отладке, техническому обслуживанию и другим вспомогательным функциям, непосредственно не связанным с выполнением системой процесса регулирования АГТСУ.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Курс учебной дисциплины «Автоматика и управление», в котором изучаются общие принципы построения и классификации САУ, регулируемые параметры, регулирующие факторы и программы регулирования авиационных ГТД, элементная база гидромеханических САУ, системы регулирования и регуляторы отдельных параметров или элементов двигателя, а также перспективы развития САУ авиационных ГТД, является необходимым для подготовки авиационных специалистов в области технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей ГА (специальность 13.03).

2.1. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений).

Основной задачей изучения дисциплины является приобретение знаний по принципам действия, особенностям конструктивного выполнения, условиям работы и характеристикам САУ в целом, а также их основных элементов или звеньев.

Изучение дисциплины «Автоматика и управление» обеспечивает подготовку студентов к изучению специальных учебных курсов, входящих в программу подготовки инженеров специальности 13.03.

В результате изучения дисциплины «Автоматика и управление» студенты должны:

2.1.1. Иметь представление:

- об устройстве основных элементов систем автоматического управления авиационных ГТД;
- о техническом обслуживании, проверке технического состояния и регулировке основных регуляторов САУ ГТД.

2.1.2. Знать:

- основные понятия и определения, терминологию САУ авиационных ГТД;
- требования, предъявляемые к системам автоматического управления авиационных двигателей в соответствии с нормами летной годности и безопасности полетов;
- принципы действия, особенности конструктивного исполнения, работу и эксплуатационные характеристики отдельных элементов и систем автоматического управления в целом;
- влияние отдельных устройств или элементов авиационной автоматики на работу авиационных ГТД.

2.1.3. Уметь:

- анализировать системы регулирования авиационных ГТД по их структуре;
- устанавливать возможные причины и проводить инженерный анализ эксплуатационных отказов, связанных с нарушениями работы элементов САУ;
- формировать требования к проведению отладки автоматических систем и их отдельных элементов.

2.1.4. Иметь опыт анализа основных эксплуатационных характеристик регуляторов САУ ГТД (переходных, частотных, амплитудо-частотных, фазо-частотных, амплитудофазочастотных и др.) с целью определения возможных причин отказа или неисправности основных элементов САУ.

3. Объем дисциплины. Виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	50
Лекции	4
Лабораторные работы	4
Контрольная работа	1
Экзамен	+

4. Содержание дисциплины.

Учебная дисциплина «Автоматика и управление» состоит из следующих логически связанных учебных тем:

1. Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ).
2. Управление авиационными ГТД.
3. Газотурбинные двигатели как объекты управления.
4. Элементная база гидромеханических САУ.
5. Система управления степенью повышения (понижения) давления.
6. Системы управления частотой вращения ротора ГТД.
7. Системы управления температурой газа.
8. Автоматизация процессов приемистости и запуска авиационных ГТД.
9. Автоматические системы осевых компрессоров.
10. Автоматические ограничители неуправляемых величин.
11. Системы управления устройствами реверсирования тяги авиационных ГТД.
12. Управление отдельными системами и устройствами авиационных двигателей.
13. Электронные цифровые и аналоговые системы управления.

Лекция 1. Введение в дисциплину.

Лекция 2. Теоретические основы устройства и работы систем автоматического регулирования.

4.1. Наименование разделов (подразделов).

Раздел 1. Теоретические основы устройства и работы систем автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок.

1.1. Системы автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ).

Обоснование необходимости применения САУ для обеспечения надежного и эффективного управления АГТСУ. Краткие сведения об истории развития автоматического систем управления.

Определение САУ АГТСУ, состав, назначение, основные требования. Системы и устройства силовых установок, работа которых управляется с помощью автоматических систем. Классификация основных типов АС управления современных АГТСУ. Система автоматического управления (регулирования) авиационного ГТД как основной элемент САУ АГТСУ воздушных судов гражданской авиации.

1.2. Система управления авиационных ГТД, как составная часть АС управления АГТСУ.

Основные режимы работы авиационных ГТД, дроссельные характеристики. Регулируемые параметры и регулирующие факторы авиационных газотурбинных двигателей. Требования к регулируемым параметрам. Программы регулирования одновального ТРД, двухвального ТРД или ТРДД и ТВД. Изменение различных параметров двигателей при изменении внешних условий (например, температуры окружающего воздуха) для различных программ регулирования. Влияние программы регулирования на положение рабочей линии или линии рабочих режимов при дросселировании двигателя на характеристике компрессора.

1.3. Газотурбинные двигатели как объекты управления.

Динамические свойства ГТД по частоте вращения. Понятие о собственной устойчивости двигателя. Влияние температуры газов перед турбиной на динамические свойства и устойчивость авиационных ГТД. Самовыравнивание энергетического объекта. Признаки собственной устойчивости двигателя.

Уравнение одновального ТРД как объекта регулирования при независимой дифференциального уравнения одновального ТРД с помощью экспериментальных характеристик отдельных элементов. Влияние на устойчивость ГТД системы топливоподачи с приводным топливным насосом.

Особенности уравнений ТВД и двухвальных ГТД как объектов регулирования.

Раздел 2. Устройство и работа систем автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ).

2.1. Элементная база гидромеханических САУ.

Элементы системы питания двигателей топливом, влияющие на процесс управления работой ГТД. Клапаны, применяемые в САУ. Чувствительные элементы регуляторов и датчиков. Усилительные устройства. Стабилизирующие устройства САУ. Преобразующие устройства. Регулирующие органы САУ ГТД. Временные регуляторы как отдельные блоки регуляторов систем автомеханического управления ГТД.

Механизмы управления и настройки элементов регуляторов.

2.2. Системы управления частотой вращения ротора ГТД.

Системы ручного управления частотой вращения ротора ГТД применения. Функциональные и принципиальные схемы ручного управления с регуляторами постоянной подачи топлива. Эксплуатационные свойства таких систем.

Автоматические системы управления частотой вращения роторов ТД. Назначение систем, эксплуатационные и метрологические требования к ним. Применяемые регуляторы: типы, сравнительная оценка, характеристики.

АС управления частотой вращения роторов серийных ГТД с регуляторами, имеющими различные корректирующие устройства.

Статические и динамические характеристики АС, способы их измерения и отладки. Характерные неисправности систем управления и их влияния на безопасность полетов. Мероприятия по повышению надежности и долговечности систем управления частотой вращения ротора ГТД.

2.3. Система управления степенью повышения (понижения) давления.

Обоснование необходимости применения систем повышения (понижения) давления в авиационных ГТД. Пневматические датчики отношения давлений: принципиальное устройство характеристики, области существования возможных режимов, настройка (регулирование) датчика. Пневматический редуктор.

Системы управления степенью повышения давлений в компрессоре авиационного ГТД. Функциональные и принципиальные схемы систем. Регулятор степени повышения давлений в компрессоре: принципиальная схема, работа, достоинства и недостатки.

Система автоматического управления степенью понижения давлений в турбине: назначение, возможные программы регулирования, регулирующие факторы. Регулятор

степени понижения давлений в турбине: принципиальная схема, работа, достоинства и недостатки.

2.4. Системы управления температурой газа.

Назначение систем управления температурой газа, эксплуатационные и метрологические требования к ним, области применения. Функциональные и принципиальные схемы систем управления температурой газа.

Совместная работа систем управления частотой вращения и температурой газа. Практическая реализация систем управления температурой газа, их сравнительный анализ, оценка эксплуатационных свойств и регулировка. Характерные неисправности и их влияние на безопасность полетов.

2.5. Автоматизация процессов приемистости и запуска авиационных ГТД.

Необходимость автоматизации процессов приемистости и запуска. Обоснование оптимальных программ приемистости и запуска авиационных ГТД; основные элементы САУ, обеспечивающие выполнение этих программ, принципиальные схемы и особенности их работы.

Системы автоматизации процессов приемистости и запуска, эксплуатационные и метрологические требования к ним; основные принципы построения. Автоматы приемистости и запуска, их классификация и особенности работы. Функциональные и принципиальные схемы автоматов приемистости различных типов. Характерные неисправности и их влияние на безопасность полетов.

2.6. Автоматические системы осевых компрессоров.

Характеристики компрессора, влияние расчетной степени повышения давления на положение рабочей линии, обоснование необходимости механизации компрессора.

Задачи автоматизации осевых компрессоров, принцип работы АС осевых компрессоров и требования к ним. АС управления перепуском воздуха и поворотными лопатками. Законы управления, функциональные и принципиальные схемы, статические и динамические свойства, эксплуатационная оценка.

Примеры исполнения систем управления механизацией компрессоров, примеры их работы и отладка в эксплуатации. Характерные неисправности и их влияние на безопасность полетов.

2.7. Автоматические ограничители неуправляемых величин.

Автоматические системы ограничения неуправляемых параметров современных АГТСУ. Назначение ограничителей и их роль в обеспечении надежности работы авиационных силовых установок и безопасности полетов, эксплуатационные и

метрологические требования к ограничителям. Классификация ограничителей. Применение ограничителей в разомкнутых и замкнутых САУ.

Практическая реализация ограничителей на серийных ГТД, их эксплуатационные характеристики и отладка.

2.8. Системы управления реверсом и другими системами и устройствами авиационных силовых установок.

Назначение реверса тяги в силовых установках самолётов ГА, классификация и особенности работы различных типов устройств реверсирования тяги. Ограничения, накладываемые на режим работы ГТД при использовании реверсивного устройства. Требования, предъявляемые к устройствам реверсирования тяги.

Системы автоматического управления реверсом тяги в авиационных ГТД; состав, функциональные схемы, устройство и работа отдельных элементов, предъявляемые требования. Практическая реализация систем управления устройствами реверсирования тяги на ГТД, их эксплуатационные и эргономические характеристики, охрана труда при их эксплуатации.

Система управления воздушным винтом ТВД. Устройства защиты двигателей от появления отрицательной тяги.

Управление температурой масла.

Назначение системы, требования, структура и принципиальные схемы.

Особенности управления силовыми установками сверхзвуковых пассажирских самолетов. Принципы построения систем управления сверхзвуковых входных устройств, функциональные схемы. Системы автоматического управления площадью критического и выходного сечений сопел СПС.

Системы регулирования форсированного режима в газотурбинных авиационных двигателях прямой реакции (ТРДФ, ТРДДФ).

Системы форсирования сигналов для задания режимов работы силовой установки.

2.9. Электронные цифровые и аналоговые САУ авиационных ГТД.

Обоснование необходимости совершенствования существующих гидромеханических САУ ГТД и перехода к электронным автоматическим системам управления. Принципы действия систем регулирования и диагностирования при аналоговых и цифровых САУ. Согласующие устройства электронных САУ. Устройства отображения информации. Бортовая ЭВМ и ее программное обеспечение для эффективной работы электронных САУ.

Роль гидромеханических элементов в САУ.

5. Перечень лабораторных работ (занятий) и их объем в часах.

Лабораторные занятия – одна из основных форм учебной деятельности в системе обучения специалистов специальности 13.03. Лабораторные занятия проводятся в соответствии с рабочей программой дисциплины «Автоматические системы управления авиационными ГТД», учебным планом специальности и требованиями квалификационной характеристики инженера – механика по эксплуатации самолетов и двигателей ГА.

Контроль готовности к выполнению лабораторной работы проводится перед каждым занятием. Контроль проводится в виде индивидуальной беседы, по результатам которой дается допуск к выполнению работы. При изучении дисциплины «Автоматические системы управления авиационными ГТД» предусмотрено проведение следующих лабораторных работ:

ЛР – 1. Изучение работы, функциональной и принципиальной схем изодромных регуляторов (на примере изодромного двигателя Д – 30КУ). **4 часа.**

Лабораторные и практические занятия имеют целью углубление знаний, полученных в результате теоретического изучения материала, и получение практических умений по анализу САУ ГТД, установлению возможных причин отказов и неисправностей, а также формулированию требований к проведению отладки автоматических систем управления ГТД.

6. Тематика (темы) контрольных работ (домашних заданий).

РГР – 1. Расчет автомата приемистости авиационного двухконтурного газотурбинного двигателя.

Содержание расчетно-графической работы (РГР – 1):

1. Расчет и построение приближенных динамических характеристик авиационного ГТД G_t $G_t(n,n)$ на установившемся и неустойчивом режимах работы.
2. Расчет и построение линий ограничения диапазона возможных режимов работы двигателя по предельной температуре газов перед турбиной T_g (за камерой сгорания) и минимальному запасу газодинамической устойчивости работы компрессора K_u .
3. Решение задачи по расчету процессов оптимальной и реальной приемистости двигателя.

7. Рекомендуемая литература.

7.1. Основная учебная литература.

1. Лозицкий Л.П. и др. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей, М.: Воздушный транспорт, 1992-356с.

2. Черкасов Б.А. Автоматика и регулирование воздушнореактивных двигателей. М.: Машиностроение, 1988-350с.

3. Березлев В.Ф. и др. Системы автоматического регулирования газотурбинных двигателей/Конспект лекций. Киев: КИИГА, 1984-40с.

7.2. Дополнительная учебная литература.

1. Шевяков И.Н. и др. Системы автоматического управления ВРД. М.: Машиностроение, 1993-432с.

2. Гаевский С.А. и др. Автоматика авиационных газотурбинных двигателей. Под общей ред. проф. А.В.Штоды. М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1980-248с.

3. И.И.Кринецкий. Основы авиационной автоматики. М.: Машиностроение, 1983-404с.

4. С.А.Сиротин, В.И.Соколов, А.Д.Шаров. Автоматическое управление авиационными двигателями. М.: Государственный комитет по стандартам, издательство стандартов, 1980-28с.

7.3. Литература по конкретной авиационной технике.

1. Авиационный турбовидный двигатель АИ-24ВТ: Техническое описание. М.: Машиностроение, 1973-156с.

2. Авиационный двухконтурный турбореактивный двигатель Д – 30КУ: Техническое описание. М.: Машиностроение, 1975-192с.

3. Авиационный двухконтурный ГТД НК-86. Техническое описание: Основные данные, конструкция. М.: Машиностроение, 1978-232с.

8. ***Плакаты, схемы, чертежи.***

1. Топливная автоматика двигателя Д – 30КУ.

2. Агрегат дозирования топлива АДТ – 86.

3. Схема топливопитания и регулирования двигателя НК – 86.

4. Система автоматического управления ТРДД АИ – 25.

5. Принципиальная схема топливрегулирующей системы двигателя Д – 36.

6. Структурная схема топливопитания двигателя Д – 36.

7. Топливная автоматика двигателя АИ – 24.

8. Изодромный регулятор частоты вращения двигателя Д – 30КУ.

9. Схема системы регулирования ТРДД НК – 8-4.

10. Схема системы регулирования двухконтурного двигателя НК – 8-2.

11. Схема топливопитания и регулирования турбовального двигателя ТВ2 – 117.

12. Конструктивная схема топливной аппаратуры ГТД – 350.

9. Макеты.

1. макеты двигателей: Д – 30КУ, НК – 8-2, Д – 36, АИ – 25, ТВ2 – 117, ТВ3 – 117, АИ – 24 и др. двигателей с их топливной и регулирующей аппаратурой.
2. Макет НР – 30КУ.
3. Макет двойного насоса двигателя НК – 86.
4. Макет АДТ – 86.
5. Различные агрегаты, детали и другие элементы топливорегулирующей аппаратуры.

10. Рекомендуемые программные средства и компьютерные системы обучения контроля знаний студентов.

1. Программа изучения устройства и работы изохромного регулятора частоты вращения ТРДД Д – 30КУ (Д – 30КП) выполненная на алгоритмическом языке ~Basic~ для учебного класса ~Корвет~.
2. Программа изучения устройства и работы изохромного регулятора частоты вращения ТРДД Д – 30КУ (Д – 30КП), выполненная на алгоритмическом языке ~Pascal~ для ЭВМ типа IBM.
3. Программа изучения устройства и работу САУ двигателя АИ – 25.
4. Программа расчета автомата приемистости при выполнении расчетно-графической работы на ЭВМ.

Данная программа будет периодически (по мере необходимости) корректироваться и изменяться путем внесения всех изменений в специальный лист изменений. (форма 1).