

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР, проф  
\_\_\_\_\_ Криницин В.В.  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина «Автоматика и управление» (ОПД.Ф.07)  
Автоматическое управление авиадвигателями» (ОПД.Ф.07.02).

Специальность

160901

Факультет \_\_\_\_\_ Механический

Кафедра \_\_\_\_\_ Двигатели летательных аппаратов

Курс 4, Форма обучения очная, Семестр 8

Общий объем учебных часов на дисциплину \_\_\_\_\_ 55 часов

Объем аудиторных часов \_\_\_\_\_ 40 часов

Лекции \_\_\_\_\_ 24 часа

Лабораторные занятия \_\_\_\_\_ 16 часов

Самостоятельная работа студентов \_\_\_\_\_ 15 часов 4 курс, 8 семестр

Расчетно-графическая работа \_\_\_\_\_

Экзамен \_\_\_\_\_ 4 курс, 8 семестр

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

Рабочую программу составил:

Никонов В.В., д.т.н., проф.

(Ф.И.О., звание, степень)

(подпись)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры, протокол №\_\_ от \_\_\_\_\_ 2008г.

Заведующий кафедрой

Никонов В.В., д.т.н., проф.

(Ф.И.О., звание, степень)

Рабочая программа одобрена методическим советом специальности Техническая эксплуатация летательных аппаратов и авиадвигателей.

(наименование)

Протокол № \_\_\_\_\_ от “ “ 08

Председатель методического совета

Чинючин Ю.М., д.т.н., проф.

(Ф.И.О., звание, степень)

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

Начальник УМУ

Логачев В.П.

(Ф.И.О.)

(подп;

### Рабочий учебный план

Семестр	Лекции час.	Лабораторные занятия час.	Практические занятия час.	Расчетно-графическая работа	Рубежный контроль	Зачет диф.	Консультации	Экзамен
8	24	16	нет	да	да	нет	да	да

## *1. Цель и задачи дисциплины.*

### **1.1. Цель преподавания дисциплины (Роль и место дисциплины в системе профессиональной подготовки специалистов по специальности 130300).**

Учебная дисциплина «Автоматическое управление авиадвигателями» является обще профессиональной дисциплиной в системе подготовки инженера-механика по специальности 130300 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей».

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 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.

Курс учебной дисциплины «Системы автоматического управления авиационными ГТД», 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 специалистов в области технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей ГА (специальность 13.03).

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.

\*) В соответствии и Указаниями Сборника Государственных стандартов высшего профессионального образования Государственного комитета Российской Федерации по высшему образованию, утвержденных от 13.07.1994г.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплект знаний и умений).

В результате изучения дисциплины «Автоматическое управление авиадвигателями» студенты должны:

### 1.2.1. Иметь представление:

- о состояниях и перспективах развития методов и средств автоматического управления двигателями летательных аппаратов;  
об основных научно-технических проблемах и перспективах развития систем автоматического управления АГТД;  
об устройстве основных элементов систем автоматического управления авиационных ГТД;  
о техническом обслуживании, проверке технического состояния и регулировке основных регуляторов САУ ГТД.

### 1.2.2. Знать и уметь использовать:

- методы анализа характера и причин возникновения отказов и повреждений авиадвигателей, связанных с нарушениями а работе САУ;  
методы анализа и оценки САУ как одной из важнейших систем АГТСУ;  
основные понятия и определения, терминологию САУ авиационных ГТД;
- принципы работы и конструкции элементов автоматики, их основные характеристики и особенности;
- 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;  
анализировать системы регулирования авиационных ГТД по их структуре;  
устанавливать возможные причины и проводить инженерный анализ эксплуатационных отказов, связанных с нарушениями работы элементов САУ;
- разрабатывать и предъявлять эксплуатационно-технические требования к новым образцам элементов САУ;
- формировать требования к проведению отладки автоматических систем и их отдельных элементов.

### 1.2.3. Иметь опыт:

- анализа процессов функционирования гидромеханических систем автоматического управления авиадвигателями;
- 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.

## **2. Содержание дисциплины.**

### **2.1. Наименование разделов (подразделов), объем в часах.**

Содержание лекций, ссылки на литературу.

Раздел 1. Теоретические основы устройства и работы систем автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ), 6 часов.

Лекция 1.1. Принципы управления, построения и алгоритмы функционирования систем автоматического управления (САУ). 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 автоматических 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. *Литература:* 1,2.

Лекция 1.2. Система управления авиационными ГТД как составная часть АС управления АГТСУ. Точность и устойчивость САУ.

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 характеристики компрессора. *Литература:* 1,2.

Лекция 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 системе подачи топлива. Определение постоянных коэффициентов 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.

*Литература:* 1,2.

## Раздел 2. Устройство и работа систем автоматического управления (регулирования) авиационных газотурбинных силовых установок (АГТСУ), 18 часов.

### Лекция 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 автоматического управления ГТД.

Механизмы управления и настройки элементов регуляторов.

*Литература:* 1.

### Лекция 2.2. Системы управления частотой вращения ротора ГТД.

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

Автоматические системы управления частотой вращения роторов ГТД. 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. *Литература:* 2.

### Лекция 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.

*Литература:* 1,2.

### Лекция 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.

*Литература: 1,2.*

### Лекция 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. *Литература: 1,2.*

### Лекция 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. *Литература: 1,2.*

### Лекция 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. *Литература: 1.*

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

Назначение реверса тяги в силовых установках самолетов 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 выходных устройств, функциональные системы. Системы автоматического управления площадью критического и выходного сечений сопел СПС.

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

Системы формирования сигналов для задания режимов работы силовой установки.

*Литература:* 1.

### Лекция 2.9. Электронные цифровые и аналоговые САУ авиационных ГТД.

Обоснование необходимости совершенствования существующих гидромеханических САУ ГТД и перехода к электронным автоматическим системам управления. Общие принципы построения электронных систем 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 с бортовой ЭВМ.

*Литература:* 1.

### **2.2. Перечень лабораторных работ (занятий) и их объем в часах:**

ЛР - 1. Элементная база гидромеханических САУ авиационных ГТД.  
4 часа.

ЛР - 2. Изучение работы, функциональной и принципиальной схем изодромных регуляторов (на примере изодромного регулятора двигателя Д - ЗОКУ).  
4 часа. ЛР - 3. Система автоматического управления двухконтурного двигателя АИ - 25.

4 часа. ЛР - 4. Система автоматического управления ТРДД НК - 86.  
4 часа.

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 требованиям квалификационной характеристики инженера - механика по эксплуатации самолетов и двигателей ГА.

Лабораторные 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.



### 2.3. Тематика (темы) контрольных работ (расчетно-графической работы):

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

Содержание расчетно-графической работы (РГР - 1).

1. Расчет и построение приближенных динамических характеристик авиационного двухконтурного ГТД  $C_u = C_m(n, n)$  на установившемся и неустойчивом режимах работы.
2. Расчет и построение линий ограничения диапазона возможных режимов работы двигателя по предельной температуре газов перед турбиной  $T_2$  (за камерой сгорания) и минимальному запасу газодинамической устойчивости работы компрессора КУ.
3. Решение задачи по расчету процессов оптимальной и реальной приемистости двигателя.

### 3. Рекомендуемая литература.

1. Черкасов Б.А. Автоматика и регулирование воздушно-реактивных двигателей. М: Машиностроение, 1988. 350с.
2. Березлев В.Ф. и др. Системы автоматического регулирования газотурбинных двигателей. Конспект лекций. Киев: КНИГА, 1984. 40с.
3. Никонов В.В. Автоматика и управление . Часть 1. Основные понятия, элементы и математические модели. Текст лекций.- М.:МГТУ ГА 2002г. 97 с.
4. Никонов В.В. Автоматика и управление . Часть 2. Анализ и синтез систем автоматического управления. Текст лекций.- М.:МГТУ ГА 2005г. 95 с.
5. Сидоренко И.В. Автоматическое управление и регулирование ТРДД АИ - 25. М:МИИГА, 1988,52с.
6. Рогольский Ю.Н. Системы топливопитания и автоматического управления ГТД Д30 - КУ. М: МГТУГА, 1994, 46с.
7. Рогольский Ю.Н. Элементная база гидромеханических систем автоматического управления ГТД. М: МИИГА, 1993, 52с.
8. Никонов В.В. Автоматическое управление авиадвигателями. Пособие по изучению дисциплины для студентов 4 курса специальности 160901 всех форм обучения М:МИИГА, 2006,32с.

### 4. 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 топливорегулирующей 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.

## 5. Макеты.

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

## 6. Рекомендуемые программные средства и компьютерные системы обучения и контроля знаний студентов.

- 6.1. Программа изучения устройства и работы изохромного регулятора частоты вращения ТРДД Д - ЗОКУ (Д - ЗОКП), выполненная на алгоритмическом языке «Вазю» для учебного класса «Корвет».
- 6.2. Программа изучения устройства и работы изохромного регулятора частоты вращения ТРДД Д - ЗОКУ (Д - ЗОКП), выполненная на алгоритмическом языке «Разсал» для ЭВМ типа ШМ/
- 6.3. Программа изучения устройства и работы САУ двигателя АИ - 25.
- 6.4. Программа расчета автомата приемистости при выполнении расчетно-графической работы на ЭВМ.