

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Прикладной гидромеханики

**АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Системы автоматического регулирования двигателей летательных  
аппаратов и энергоустановок»*

Направление подготовки (специальность)  
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Направленность подготовки (профиль)  
Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и  
агрегаты

Квалификация выпускника  
бакалавр

Форма обучения  
очная

УФА 2015

Исполнитель: \_\_\_\_\_ доцент Петров П.В. \_\_\_\_\_  
Должность Фамилия И. О.

Заведующий кафедрой: \_\_\_\_\_ В.А. Целищев \_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов и энергоустановок» является дисциплиной *вариативной* части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавриата 13.03.03 Энергетическое машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "01" октября 2015 г. №1083.

**Целью освоения дисциплины является:** овладение студентами методов расчета и проектирования современных гидромеханических систем регулирования авиационных двигателей.

### Задачи:

1. изучение основных схем, конструкции, тенденций и перспектив развития современных систем управления и регулирования авиационных двигателей, где гидромеханические элементы являются основой дублирующих подсистем;
2. ознакомление с принципами формирования технических заданий на системы автоматического управления (САУ) и системы автоматического регулирования (САР) летательного аппарата и силовой установки;
3. изучение методов декомпозиции требований и формирование технического задания на гидромеханические САР двигателя;
4. изучение классических линейных методов анализа и синтеза САР;
5. изучение численных (компьютерных) методов анализа и синтеза САР;
6. освоение основных методов анализа и синтеза гидромеханических систем регулирования авиационных двигателей;
7. овладение существующими методами автоматизации проектирования САР и элементами разработки специальных пакетов прикладных программ;
8. освоение основ конструирования простейших регуляторов авиационных двигателей.

## Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	способностью принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетическог	ПК-3	Методы постановки, планирования и проведения научно-исследовательских работ теоретического и прикладного	Использовать на уровне умений типовые комплексы моделей, алгоритмов и пакетов прикладных программ	Методами планирования и проведения научно-исследовательских работ теоретическ

	о машиностроения		<p>характера при разработке новых гидромеханических САР</p> <p>принципы адаптации типовых программ к новым условиям;</p> <p>разработку характеристик точности, устойчивости и управляемости САР</p>	<p>гидромеханических САР</p> <p>составлять технические задания,</p> <p>разрабатывать перспективные схемы гидравлических регуляторов;</p> <p>оптимизировать проектные решения с учетом надёжности и жестких массогабаритных требований</p>	<p>ого и прикладного характера при разработке новых гидромеханических САР</p> <p>Навыками оформления всех этапов разработки технической документации в соответствии с ЕСКД</p> <p>Разработки эскизного проекта и рабочей документации типовых САР</p>
--	------------------	--	---	---	---

### Содержание разделов дисциплины

№	Наименование и содержание разделов
1	<p><b>Введение. Основные понятия и определения</b></p> <p>Введение. Особенности проектирования технических систем управления (САУ) и регулирования (САР). Линейные аналитические и численные методы моделирования систем. Основные проблемы САР. Задачи курса. Классификация САР. Примеры разомкнутых и замкнутых гидромеханических САР. Основные понятия и определения САР. Особенности САР авиационных двигателей. Примеры САР авиационных двигателей</p>
2	<p><b>Математические методы проектирования САР. Линейные методы исследования САР</b></p> <p>Статические и динамические модели. Линейные модели. Типовые динамические звенья. Передаточные функции и частотные характеристики. Структурные схемы. Точность, устойчивость и управляемость САР. Теоретические и численные методы исследования нелинейных САР. Математические методы УТС. Линейные аналитические и численные методы исследования САР и САУ. Статические и динамические модели систем автоматического регулирования. Распределённые и сосредоточенные параметры. Стационарные, нестационарные и стохастические процессы. Принципы моделирования САР. Линеаризация дифференциальных уравнений систем автоматического регулирования. Аналитические и графоаналитические методы решений. Линейные методы решения дифференциальных</p>

	уравнений с постоянными коэффициентами. Линеаризация уравнений. О записи линеаризованных уравнений звеньев. Численные методы исследования статических и динамических уравнений САР
3	<p><b>АД как объект автоматического регулирования. Особенности регулирования энергетических установок (ЭУ)</b></p> <p>Линейные и кусочно-линейные одномерные модели АД и ЭУ. Динамическая характеристика. Многомерная линейная модель ТРД. Нелинейная имитационная модель одновального ТРД. Особенности регулирования энергетических установок. Примеры стационарных САР (САУ и САР атомной электростанции, теплофикации многоквартирного дома и др.). Моделирование систем регулирования. Типовые динамические звенья. Математическое описание линейных систем во временной и частотной областях. Общие понятия. Временные характеристики. Частотная передаточная функция и частотные характеристики. Логарифмические частотные характеристики. Позиционные (усилительные, инерционные и колебательные) звенья. Интегрирующие звенья. Дифференцирующие звенья. Неустойчивые и минимально-фазовые звенья. Общий метод составления исходных уравнений динамики. Прямая и обратная задачи динамики. Передаточные функции систем автоматического управления и регулирования, использование структурных схем. Уравнения состояния. Управляемость и наблюдаемость. Многомерные системы управления</p>
4	<p><b>Регулирование АД и ЭУ на установившихся режимах. Регулирование частоты вращения</b></p> <p>Пропорциональное, интегральное и дифференциальное регулирование. Изодромное регулирование. Регулирование <math>n=\text{const}</math>; <math>\pi_k=\text{const}</math>; <math>T_r=\text{const}</math>. Точность систем регулирования по задающим и возмущающим воздействиям в виде ступенчатого сигнала, скачков скорости и ускорения, гармонического и стохастического сигналов. Определение точности с помощью ЭВМ. Статические и динамические ошибки. Требования к точности систем. Точность линейных и нелинейных систем. Методы определения статических и динамических ошибок. Коэффициенты ошибок. Общее выражение для определения установившихся ошибок линейных систем. Свойство суперпозиции линейных систем. Понятие о чувствительности (робастности) систем</p>
5	<p><b>Разгон и дросселирование ТРД. Технические средства разгона</b></p> <p>Требования к организации разгона. Задачи автоматического разгона. Оценки приёмистости двигателя. Критерии запасов устойчивости. Выбор оптимальной дозировки топлива. Разомкнутое (временное) и замкнутое регулирование разгона. Статический и астатический алгоритмы регулирования разгона. Системы разгона с замедлением, с ограничением нарастания давления и с автоматом разгона. Объекты автоматического регулирования. Особенности регулирования авиационного двигателя и энергетических установок (ЭУ). Примеры объектов САР (паровая машина и паровоз, ТРД и его модификации, атомная электростанция, сушильная машина, летучие ножницы и т. д.). Статические модели простых и сложных (составных) объектов. Способы представления характеристик</p>

	объектов. Динамические характеристики (линейные, кусочно-линейные, нелинейные поэлементные, полная нелинейная модель, идентификационные или имитационные модели)
6	<p><b>Особенности регулирования ТРД разных схем и энергетических и технологических установок</b></p> <p>Регулирование частоты вращения двухвального ТРД по каскаду низкого давления <math>n_{кнд}=\text{const}</math> и комбинированное регулирование. Вывод уравнений движения для двухвального ТРД. Системы регулирования ТРД с двухкаскадным компрессором с нерегулируемым и регулируемым реактивным соплом. Схема регулятора частоты вращения с жёсткой и упругой обратной связью. Особенности регулирования двухконтурных ТРД. Регулирование форсажного контура по сигналу от <math>P_1</math>, <math>P_2</math> и <math>p_T</math>. Турбонасосная подача топлива в форсажную камеру. Особенности автоматики систем управления ТВД, ПВРД, ЖРД. Особенности автоматики систем управления технологических установок. Изодромные системы регулирования. Основная идея изодромного регулирования – повышение точности при сохранении устойчивости систем. Электрические и гидромеханические изодромные корректирующие звенья.</p>
7	<p><b>Системы регулирования ТРД на гидромеханической элементной базе САР прямого действия. САР с астатическим гидроусилителем. Пропорциональные САР. Изодромные САР. Дифференцирующие корректирующие устройства. Системы топливопитания. Устойчивость линейных САР. Общие сведения об устойчивости. Частотные методы и критерии устойчивости. Критерий устойчивости Гурвица. Построение областей устойчивости. D-разбиение. Критерий устойчивости Найквиста. Определение устойчивости по критерию Найквиста. Устойчивость систем с запаздыванием. Устойчивость систем с распределёнными параметрами. Устойчивость систем с антисимметричными связями. Корневые методы. Корневой годограф. Понятие о методах пространства состояний. Определение устойчивости с помощью ЭВМ (ControlSystem, Simulink, Wishsim)</b></p>

Подробное содержание дисциплины, структура учебных занятий, трудоемкость изучения дисциплины, входные и исходящие компетенции, уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенций, учебно-методическое, информационное, материально-техническое обеспечение учебного процесса изложены в рабочей программе дисциплины.