

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**

*«Проектирование систем автоматического регулирования
двигателей летательных аппаратов и энергоустановок»*

Направление подготовки (специальность)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

Направленность подготовки (профиль)

Автоматизированное проектирование машиностроительных гидросистем

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 *«Проектирование систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов и энергоустановок»* является вариативной дисциплиной.

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:

- изучение основных схем, конструкции, тенденций и перспектив развития современных систем управления и регулирования авиационных двигателей, где гидромеханические элементы являются основой дублирующих подсистем;
- ознакомление с принципами формирования технических заданий на системы автоматического управления (САУ) и системы автоматического регулирования (САР) летательного аппарата и силовой установки;
- изучение методов декомпозиции требований и формирование технического задания на гидромеханические САР двигателя;
- изучение классических линейных методов анализа и синтеза САР;
- изучение численных (компьютерных) методов анализа и синтеза САР;
- освоение основных методов анализа и синтеза гидромеханических систем регулирования авиационных двигателей;
- овладение существующими методами автоматизации проектирования САР и элементами разработки специальных пакетов прикладных программ;
- 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 применять соответствующий физико-математически	ОПК-2	Методы постановки, планирования и проведения научно-	Использовать на уровне умений типовые комплексы моделей,	Методами планирования и проведения научно-

	й аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач		исследовательских работ теоретического и прикладного характера при разработке новых гидромеханических САР	алгоритмов и пакетов прикладных программ гидромеханических САР	исследовательских работ теоретического и прикладного характера при разработке новых гидромеханических САР
2	готовностью разрабатывать и применять энергоэффективные машины, установки, двигатели и аппараты по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии	ПК-9	принципы адаптации типовых программ к новым условиям; разработку характеристик точности, устойчивости и управляемости САР	составлять технические задания, разрабатывать перспективные схемы гидравлических регуляторов; оптимизировать проектные решения с учетом надёжности и жестких массогабаритных требований	Навыками оформления всех этапов разработки технической документации в соответствии с ЕСКД Разработки эскизного проекта и рабочей документации типовых САР

Содержание разделов дисциплины

№	Наименование и содержание разделов
1	Введение. Основные понятия и определения 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
2	Математические методы проектирования САР. Линейные методы исследования САР 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 уравнений с постоянными коэффициентами. Линеаризация уравнений. О записи линеаризованных уравнений звеньев. Численные методы исследования статических и динамических уравнений САР
3	АД как объект автоматического регулирования. Особенности регулирования энергетических установок (ЭУ) 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
4	Регулирование АД и ЭУ на установившихся режимах. Регулирование частоты вращения Пропорциональное, интегральное и дифференциальное регулирование. Изодромное регулирование. Регулирование $n=\text{const}$; $\pi_k=\text{const}$; $T_r=\text{const}$. 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
5	Регулирование запуска и останова двигателя Требования. Запуск на земле. Этапы запуска. Стартёры. Бедное и горячее "зависание". Дозировка топлива, обеспечивающая пуск. Механизация запуска. Запуск в полёте. Режим авторотации. Проблемы останова двигателя. Регулирование САУ и САР на установившихся и

	неустановившихся режимах. Задачи регулирования на установившихся и неустановившихся режимах. Статически устойчивые и неустойчивые системы. Динамическая неустойчивость замкнутых систем. Понятие о точности, устойчивости, робастности и управляемости САР
6	Разгон и дросселирование ТРД. Технические средства разгона 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 объектов. Динамические характеристики (линейные, кусочно-линейные, нелинейные поэлементные, полная нелинейная модель, идентификационные или имитационные модели)
7	Особенности регулирования ТРД разных схем и энергетических и технологических установок Регулирование частоты вращения двухвального ТРД по каскаду низкого давления $n_{кнд} = \text{const}$ 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 P_1, P_2 и π_T. 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.
8	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)
--	---

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.