

УОН 3+

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н.В. Лобов

2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Автоматическое управление ракетными двигательными установками»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Специализация программы специалитета Проектирование ракетных двигателей
твердого топлива

Квалификация выпускника: инженер

Выпускающая кафедра: Ракетно-космическая техника и
энергетические системы

Форма обучения: очная

Курс: 4

Семестр(ы): 7

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4

Часов по рабочему учебному плану: 144

Виды контроля:

Экзамен: 7 Зачет: – Курсовой проект: – Курсовая работа: 7
та:

Учебно-методический комплекс дисциплины «Автоматическое управление ракетными двигательными установками» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-О;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утвержденного 03 апреля 2017 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики», «Термодинамика», «Теплопередача», «Механика жидкости и газа», «Численные методы в инженерных задачах», «Электротехника и электроника», «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях», «Вычислительные технологии в авиадвигателестроении», «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Компьютерные технологии в научных исследованиях», «Автоматизация проектирования ракетных двигателей», «Научно-исследовательская работа студента» и программами учебных практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д-р техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Н.Н. Зайцев
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)

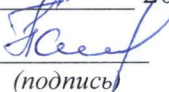

(подпись)

Р.В. Бульбович
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «06» июня 2017 г., протокол № 19.

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

М.И. Соколовский
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «7» 07 2017 г., протокол № 10.

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Н.Е. Чигодаев
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)


(подпись)

М.И. Соколовский
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)


(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цели дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомление обучающихся с методами теории автоматического управления (ТАУ) для исследования и проектирования систем автоматического управления (САУ), формирование методологических знаний в области автоматического управления ракетными двигательными установками.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

– способность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием общеинженерных знаний, стандартных методов математического анализа и моделирования, базовых прикладных программных средств (АОПК-2).

– способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности (АПК.НИ-1).

1.2 Задачи дисциплины:

• **изучение** теоретических основ и прикладных методов автоматического управления техническими системами и процессами ракетных двигательных установок;

• **формирование умений** решения задач анализа и синтеза систем автоматического управления;

• **формирование навыков** постановки, математического моделирования и исследования задач автоматического управления.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

– основные понятия и задачи теории автоматического управления техническими системами и процессами;

– виды математических моделей, используемых в теории автоматического управления;

– математические и графоаналитические методы исследования автоматических систем;

– примеры решения практических задач анализа и синтеза систем автоматического управления ракетными двигательными установками.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Автоматическое управление ракетными двигательными установками» относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

• **знать:**

– основные понятия и задачи ТАУ,

– принципы управления и построения САУ,

– виды и способы получения математического описания САУ,

– способы определения статических и динамических свойств САУ,

– методы передаточных функций для исследования временных и частотных ха-

рактических линейных САУ,

- основные понятия о нелинейных и дискретных САУ,
- основы математического моделирования САУ на ЭВМ,
- задачи и способы управления вектором тяги твердотопливных ракетных двигательных установок;

• уметь:

- составлять функциональные схемы САУ с различными принципами управления,
- записывать уравнения элементов САУ в принятой для ТАУ форме и строить по ним структурные схемы,
- исследовать устойчивость и качество линейных САУ с помощью передаточных функций,
- выполнять параметрический синтез САУ методом стандартных коэффициентов,
- определять и анализировать частотные характеристики САУ,
- проводить численное моделирование динамических систем на ЭВМ,
- использовать методологию ТАУ для анализа статических и динамических свойств систем управления вектором тяги твердотопливных ракетных двигательных установок;

• владеть:

- навыками инженерного анализа САУ по математической модели,
- навыками постановки и решения задач анализа и синтеза линейных стационарных САУ,
- навыками обработки и оформления результатов исследования с использованием компьютерных программ электронных таблиц и текстовых редакторов.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
АОПК-2	Способность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием общеинженерных знаний, стандартных методов математического анализа и моделирования, базовых прикладных программных средств	Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Высшая математика, Физика, Теоретическая механика, Компьютерные технологии в научных исследованиях, Вычислительные технологии в авиадвигателестроении, Механика жидкости и газа, Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков).	Автоматизация проектирования ракетных двигателей.

Профессиональные компетенции

<p>АПК.НИ-1</p>	<p>Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объеме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности</p>	<p>Высшая математика, Физика, Теоретическая механика. Термодинамика, Уравнения математической физики, Теплопередача, Механика жидкости и газа, Численные методы в инженерных задачах, Электротехника и электроника, Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях, Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива, Учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности).</p>	<p>Научно-исследовательская работа студента</p>
-----------------	---	---	---

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АОПК-2 и АПК.НИ-1.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АОПК-2

Код	Формулировка компетенции
АОПК-2	Способность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием общинженерных знаний, стандартных методов математического анализа и моделирования, базовых прикладных программных средств

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АОПК-2.Б1.Б.29	Готовность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием математических и программных средств теории автоматического управления

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия и задачи ТАУ, – принципы управления и построения САУ, – виды и способы получения математического описания САУ, – способы определения статических и динамических свойств САУ, – основы математического моделирования САУ на ЭВМ. 	<p>Лекции. Самостоятельное изучение теоретического материала. Подготовка к лекциям.</p>	<p>Вопросы тестов текущего контроля. Вопросы рубежных контрольных работ.</p>
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – составлять функциональные схемы САУ с различными принципами управления, – записывать уравнения элементов САУ в принятой для ТАУ форме и строить по ним структурные схемы, – исследовать устойчивость и качество линейных САУ с помощью передаточных функций, – проводить численное моделирование динамических систем на ЭВМ. 	<p>Практические занятия. Лабораторные работы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. Выполнение курсовой работы.</p>	<p>Задания к практическим занятиям. Отчёты по ЛР. Практические задания к контрольным работам рубежного контроля. Курсовая работа.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками постановки и решения задач анализа и синтеза линейных стационарных САУ, – навыками обработки и оформления результатов исследования с использованием компьютерных программ электронных таблиц и текстовых редакторов. 	<p>Выполнение курсовой работы.</p>	<p>Курсовая работа. Экзаменационные вопросы и задачи.</p>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-1

Код	Формулировка компетенции
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-1. Б1.Б.29	Готовность применять методологию автоматического управления для анализа динамических процессов и объектов регулируемых систем ракетных двигательных установок.

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы передаточных функций для исследования временных и частотных характеристик линейных САУ, – основные понятия о нелинейных и дискретных САУ, – задачи и способы управления вектором тяги твердотопливных ракетных двигательных установок. 	<p>Лекции. Самостоятельное изучение теоретического материала. Подготовка к лекциям.</p>	<p>Вопросы тестов текущего контроля. Вопросы рубежных контрольных работ.</p>
<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выполнять параметрический синтез САУ методом стандартных коэффициентов, – определять и анализировать частотные характеристики САУ, – использовать методологию ТАУ для анализа статических и динамических свойств систем управления вектором тяги твердотопливных ракетных двигательных установок. 	<p>Практические занятия. Лабораторные работы. Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. Выполнение курсовой работы.</p>	<p>Задания к практическим занятиям. Отчёты по ЛР. Практические задания к контрольным работам рубежного контроля. Курсовая работа.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками инженерного анализа САУ по математической модели. 	<p>Выполнение курсовой работы.</p>	<p>Курсовая работа. Экзаменационные вопросы и задачи.</p>

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоемкость, час.
1	Аудиторная (контактная) работа	46
	– лекции (Л)	14
	– практические занятия (ПЗ)	18
	– лабораторные работы (ЛР)	10
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	62
	– изучение теоретического материала	20
	– подготовка к практическим занятиям	14
	– подготовка к лабораторным работам	10
	– курсовая работа	18
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине:	Экзамен 36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	4

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)						Итоговый контроль	Самостоятельная работа ¹⁾	Трудоёмкость, ч/ЗЕ
			Аудиторная работа					всего			
			Л	ПЗ	ЛР	КСР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Раздел 1	Введение	0,5	0,5							0,5
		Тема 1	3,5	1,5	2,0					2	5,5
		Тема 2	4,0	2,0	2,0					7	11,0
		Тема 3	4,0	2,0	2,0					8	12,0
	Всего по модулю:			14,0	6,0	6,0		2,0		17	33,0/0,92
2	Раздел 2	Тема 4	6,0	2,0	2,0	2,0				10	16,0
		Тема 5	8,0	2,0	4,0	2,0				15	23
		Тема 6	4	2		2				4	8
	Всего по модулю:			19,0	6,0	6,0	6,0	1,0		29	49,0/1,36
3	Раздел 3	Тема 7	6,0	2,0	2,0	2,0				7	13,0
		Тема 8	6,0	-	4,0	2,0				6	12,0
	Всего по модулю:			13,0	2,0	6,0	4,0	1,0		13	26,0/0,72
Промежуточная аттестация								экзамен 36		36,0/1,0	
Итого:			46	14	18	10	4	36	62	144/4	

¹⁾ виды самостоятельной работы в таблице 5.1.

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Основные понятия, задачи и математические основы теории автоматического управления (ТАУ)

Л – 6 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 0 ч; КСР – 2 ч; СРС – 17 ч.

Раздел 1. Основные понятия, задачи и математические основы ТАУ

Л – 6 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 0 ч; КСР – 2 ч; СРС – 17 ч.

Введение

Ракетные двигательные установки как управляемые технические системы. Автоматическое управление и регулирование в технических системах. Теория автоматического управления и теория элементов автоматики. Исторические вехи автоматики. Достижения отечественных ученых. Взаимосвязь автоматики, кибернетики и информатики.

Цели и задачи дисциплины, ее объем, структура и логическая связь с другими дисциплинами учебного плана. Формы итогового, рубежного и текущего контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература. Методическое обеспечение изучения дисциплины.

Тема 1. Инженерные и математические основы ТАУ

Исследование динамического объекта: предмет, способы и задачи. Типовые воздействия на объект: ступенчатое, импульсное, синусоидальное. Переходный и установившийся режимы объекта. Временные (переходная, весовая) и частотные (амплитудная, фазовая) характеристики объекта. Специфические точки на графиках временных и частотных характеристиках (перерегулирование, резонансные частоты, частота среза). Определение статических и динамических свойств объекта (построение графика статической характеристики, определение устойчивости, вида и времени переходного процесса, установившегося значения выходного сигнала).

Математическое описание динамики объекта (системы) дифференциальными уравнениями (ДУ): методология построения и линеаризации ДУ, принятые в ТАУ формы записи ДУ. Инженерный и математический аспекты решения однородного и неоднородного ДУ: общие и частные решения ДУ, собственное (свободное) и вынужденное движение объекта. Определение устойчивости объекта по корням характеристического уравнение в решении однородного ДУ. Решение ДУ операторным методом Лапласа. Решение матричного ДУ.

Тема 2. Основные понятия, принципы и задачи автоматического управления

Основные компоненты управления (цель, информация, алгоритм, воздействие). Управляющие и возмущающие воздействия, переменные состояния (фазовые переменные), управляемые величины. Управление автоматическое, автоматизированное, неавтоматизированное (ручное). Функциональные элементы (чувствительные, усиленно-преобразовательные и исполнительные элементы, регулирующие органы) и схемы САУ.

Принципы управления и построения САУ: управление по задающему воздействию, возмущению, ошибке, комбинированное и адаптивное управление, функциональные схемы разомкнутых и замкнутых САУ. Примеры реализации принципов управления в САУ ракетных двигательных установок.

Классификация САУ по принципу управления, виду входного воздействия и цели управления, характеру сигналов, математическому описанию. Системы прямого и непрямого регулирования, статические и астатические.

Проблемы, рассматриваемые в ТАУ: устойчивость, качество, алгоритмизация и оптимизация процессов управления. Типовые входные сигналы (воздействия): ступенчатое, импульсное, гармоническое. Режимы работы САУ: установившийся (статический, периодический), неустановившийся (переходный, вынужденный). Основные задачи ТАУ: анализ, идентификация, синтез (оптимальный синтез).

Тема 3. Математические модели САУ

Способы математического описания САУ. Понятие о динамическом звене. Типовые динамические звенья. Использование линеаризации и квазистационарности в математических моделях САУ.

Уравнения линейной САУ в переменных «вход-выход»: принятая и две стандартных формы записи. Передаточные функции и структурные схемы САУ: передаточная функция (ПФ) звена и основных соединений звеньев, эквивалентные преобразования структурных схем.

Типовая структурная схема САУ и ее передаточные функции в разомкнутом и замкнутом состояниях. Получение дифференциальных уравнений САУ по передаточным функциям.

Уравнения состояния и выхода одномерной линейной САУ в разомкнутом и замкнутом состояниях.

Модуль 2. Анализ и синтез систем автоматического управления

Л – 6 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 6 ч; КСР – 6 ч; СРС – 29 ч.

Раздел 2. Анализ и синтез систем автоматического управления

Л – 6 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 6 ч; КСР – 6 ч; СРС – 29 ч.

Тема 4. Исследование САУ по передаточным функциям

Определение статической и динамических (переходной, весовой) характеристик САУ (звена САУ).

Устойчивость САУ: понятие устойчивости, необходимое и достаточное условие. Анализ устойчивости по линеаризованным уравнениям. Необходимое условие и алгебраические критерии устойчивости линейных систем, запасы устойчивости, определение областей устойчивости.

Показатели качества переходного процесса: установившаяся ошибка, перерегулирование, время, колебательность, интегральные оценки качества. Корневые оценки качества САУ: степень устойчивости, колебательность. Передаточные функции статических и астатических САУ, оценка статической ошибки по передаточной функции.

Коррекция САУ: последовательная, параллельная, с местной обратной связью. Законы регулирования: пропорциональный, пропорционально-дифференциальный, пропорционально-интегрально-дифференциальный. Синтез САУ по желаемому знаменателю передаточной функции (метод стандартных коэффициентов).

Тема 5. Исследование линейных САУ частотными методами

Частотная передаточная функция САУ: исходная, алгебраическая и показательная формы записи. Частотные характеристики САУ: вещественная и мнимая, амплитудная и фазовая, амплитудно-фазовая, логарифмические амплитудная и фазовая. Параметры асимптотической логарифмической амплитудной характеристики (ЛАХ): наклон асимптоты, частота сопряжения, частота среза, полоса пропускания частот, области низких и высоких частот. Построение асимптотической ЛАХ разомкнутой САУ. Оценка качества САУ по частотным характеристикам.

Тема 6. Динамический анализ регулируемых систем ракетных двигателей

Система управления вектором тяги как исполнительное устройство САУ полетом. Требования к статическим и динамическим характеристикам системы «рулевой привод – орган управления».

Динамический анализ системы «рулевой привод – поворотное сопло».

Регулирование величины силы тяги ракетного двигателя: способы, функциональные схемы, динамические особенности.

Модуль 3. Особенности нелинейных и дискретных САУ

Л – 2 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 4 ч; КСР – 1 ч; СРС – 13,0 ч.

Раздел 3. Особенности нелинейных и дискретных САУ

Л – 2 ч; ПЗ – 6 ч; ЛР – 4 ч; КСР – 1 ч; СРС – 13,0 ч.

Тема 7. Нелинейные системы

Особенности нелинейных систем: неприменимость принципа суперпозиции, устойчивость в «малом» и «большом», автоколебания. Типовые нелинейные звенья. Поведение нелинейных систем на фазовой плоскости. Методологические аспекты исследования нелинейных систем. Метод гармонической линеаризации. Анализ устойчивости нелинейных САУ. Релейные САУ.

Тема 8. Дискретные системы

Особенности дискретных систем, квантование сигналов по времени и уровню. Функциональные схемы. Импульсные и цифровые САУ. Математические основы теории дискретных САУ: разностные уравнения, Z-передаточные функции, уравнения состояния. Анализ устойчивости.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	1	Типовые воздействия и основные характеристики объекта в переходных и установившихся режимах (2 ч.)
2	2	Построение математической модели динамики исследуемого объекта (2 ч.)
3	3	Линеаризация математической модели объекта (2 ч.)
4	4	Оценка устойчивости и динамического качества по характеристическому уравнению системы (2 ч.)
5	5	Получение передаточных функций и анализ динамических свойств системы в разомкнутом и замкнутом состоянии (2 ч.)
6	5	Получение частотных передаточных функций и построение частотных характеристик (2 ч.)
7	7	Определение частотных характеристики по экспериментальным данным (2 ч.)
8	8	Применение гармонической линеаризации для анализа нелинейной системы (2 ч.)
9	8	Особенности моделирования и анализа дискретных систем (2 ч.)

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	4	Определение статических и динамических свойств объекта численным экспериментом (3 ч.)
2	5	Параметрический анализ переходной характеристики типовых (элементарных) динамических звеньев САУ, (2 ч.)
3	6	Исследование влияния различных законов управления на динамику переходных процессов САУ, (2 ч.)
4	7	Параметрический анализ частотных характеристик звеньев САУ, (2ч.)
5	8	Операция дифференцирования сигнала в системах автоматического управления

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1. Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию	1 1
2	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию Выполнение курсовой работы	3 2 2
3	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию Выполнение курсовой работы	4 2 2
4	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию Подготовка к лабораторной работе Выполнение курсовой работы	4 2 2 5
5	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию Подготовка к лабораторной работе Выполнение курсовой работы	3 4 2 6
6	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе Выполнение курсовой работы	1 2 1
7	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию Подготовка к лабораторной работе Выполнение курсовой работы	2 1 2 2
8	Изучение теоретического материала Подготовка к практическому занятию Подготовка к лабораторной работе	2 2 2
	Итого: в ч / в ЗЕ	62/1,72

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Решение матричного ДУ.

Тема 2. Классификация САУ.

Тема 3. Уравнения состояния и выхода одномерной линейной САУ.

Тема 4. Критерии устойчивости линейных систем.

Тема 5. Построение асимптотической ЛАХ разомкнутой САУ.

Тема 6. СУВТ как исполнительное устройство САУ полетом..

Тема 7. Типовые нелинейные звенья.

Тема 8. Анализ устойчивости дискретных систем.

5.1.2 Курсовая работа

Тема курсовой работы – «Анализ и синтез системы автоматического управления (САУ) ракетной двигательной установки (РДУ)»

Цель курсовой работы – приобретение умений и навыков использования методов и программных средств ТАУ при проектном анализе автоматических систем РДУ.

Исходные данные: функциональная схема разомкнутого канала регулирования автоматической системы РДУ; дифференциальные уравнения функциональных элементов; варианты значений коэффициентов дифференциальных уравнений; виды стандартных характеристических уравнений; значение требуемого времени переходного процесса замкнутой системы.

Содержание курсовой работы – постановка и решение задач проектного анализа и синтеза автоматической системы регулирования в разомкнутом и замкнутом состоянии с использованием методов и программ ТАУ.

Последовательность выполнения:

– формализация проектной задачи: анализ исходных данных, определение размерности сигналов, формулировка главных и частных задач, определение порядка и способов их решения;

– анализ динамических свойств разомкнутого канала регулирования;

– анализ динамических свойств замкнутого канала регулирования;

– синтез САУ с определением параметров корректирующих звеньев методом стандартных коэффициентов;

– определение частотных характеристик синтезированной САУ;

– по переходной характеристике оценка соответствия синтезированной САУ требованиям технического задания.

– формулировка выводов по работе.

В результате выполнения курсовой работы обучающийся должен освоить следующие компоненты дисциплинарных частей компетенций:

– умение: записывать уравнения элементов САУ в принятой для ТАУ форме и строить по ним структурные схемы (АОПК-2); исследовать устойчивость и качество линейных САУ с помощью передаточных функций (АОПК-2); проводить численное моделирование динамических систем на ЭВМ (АОПК-2); выполнять параметрический синтез САУ методом стандартных коэффициентов (АПК.НИ-1); определять и анализировать частотные характеристики САУ (АПК.НИ-1);

– владение: навыками постановки и решения задач анализа и синтеза линейных стационарных САУ (АОПК-2); навыками обработки и оформления результатов исследования с использованием компьютерных программ электронных таблиц и

текстовых редакторов (АОПК-2); навыками инженерного анализа САУ по математической модели (АПК.НИ-1).

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4 Расчетно-графические работы

Не предусмотрены.

5.1.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процесса усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связи нового учебного материала с ранее освоенным.

Практические занятия проводятся в интерактивном режиме коллективного рассмотрения учебных задач по основным темам дисциплины. При этом особое внимание уделяется инженерному обоснованию принимаемых решений и получаемых результатов.

Лабораторные работы выполняются индивидуально каждым учащимся с использованием специального методического и компьютерного обеспечения дисциплины, предназначенного для приобретения навыков применения теоретических методов в инженерном анализе управляемых технических систем.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в форме бланочного экспресс - тестирования для анализа усвоения учебного материала аудиторных занятий и самостоятельной работы

6.2. Рубежный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующей форме

– контрольные работы (модули 1÷ 3).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Не предусмотрен.

2) Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (выборочно один из модуля 1 и второй из модуля 3) и одно практическое задание (выборочно из модуля 2). Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежного контроля при выполнении заданий всех видов аудиторных занятий и самостоятельной работы.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицы планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, являются Приложением к рабочей программе дисциплины.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий и промежуточный			Рубежный	Промежуточная аттестация	
	ТК	ПЗ	ЛР	КР	КРБ	Экзамен
1	2	3	3	4	5	6
Знает:						
- основные понятия и задачи ТАУ	+			+		+
- принципы управления и построения САУ	+			+		+
- способы определения статических и динамических свойств САУ	+			+		+
- виды и способы получения математического описания САУ;	+			+		+
- методы передаточных функций для исследования временных и частотных характеристик линейных САУ	+			+		+
- основные понятия о нелинейных и особых САУ	+			+		+
- основы математического моделирования САУ на ЭВМ	+			+		+
- задачи и способы управления вектором тяги твердотопливных ракетных двигательных установок	+			+		+
Умеет:						
- составлять функциональные схемы САУ с различными принципами управления		+	+	+	+	+
- записывать уравнения элементов САУ в принятой для ТАУ форме и строить по ним структурные схемы		+	+	+	+	+
- проводить численное моделирование динамических систем на ЭВМ		+	+	+	+	+
- исследовать устойчивость и качество линейных САУ с помощью передаточных функций		+	+	+	+	+
- выполнять параметрический синтез САУ методом стандартных коэффициентов		+	+	+	+	+

- определять и анализировать частотные характеристики САУ		+	+	+	+	+
использовать методологию ТАУ для анализа статических и динамических свойств СУВТ твердотопливных РДУ		+	+	+	+	+
Владеет:						
- навыком постановки и решения задач анализа и синтеза линейных стационарных САУ					+	+
- навыком инженерного анализа САУ по математической модели					+	+
- навыком обработки и оформления результатов исследования с использованием компьютерных программ электронных таблиц и текстовых редакторов					+	

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме экспресс - тестирования (оценка знаний);

ПЗ – выполнение заданий практических занятий (оценка умений).

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений).

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка знаний и умений);

КРБ – курсовая работа (оценка умений и владений);

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Виды работ	Распределение по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Разделы	Р1						Р2						Р3						
Лекции	2		2		2				2		2		2		2				14
Практические занятия		2		2		2		2		2		2		2		2		2	18
Лабораторные работы								2		2		2		2		2		2	10
Контроль самостоятельной работы						2							1					1	4
Подготовка к практическим занятиям		1		2		2		2		2		2		1		1		1	14
Подготовка к лабораторным занятиям									2		2		2		2		2		10
Самостоятельное изучение теоретического материала		1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		20
Выполнение курсовой работы			1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1				18
Модули	М1						М2						М3						108
Контрольные работы						+							+					+	
Дисциплинарный контроль																			Экзамен

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.29
Автоматическое управление ракетными двигателями установками

(индекс и полное название дисциплины)

Блок 1. Дисциплины (модули)

(блок дисциплины)

<input checked="" type="checkbox"/>	базовая часть блока	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная
<input type="checkbox"/>	вариативная часть блока	<input type="checkbox"/>	по выбору студента

24.05.02

(код направления/
специальности)

**«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»,
специализация «Проектирование ракетных
двигателей твердого топлива»**

(полное название направления подготовки / специальности)

АРД / РД

(аббревиатура направления/
специальности)

Уровень подготовки	<input checked="" type="checkbox"/>	специалист
	<input type="checkbox"/>	бакалавр
	<input type="checkbox"/>	магистр

Форма обучения	<input checked="" type="checkbox"/>	очная
	<input type="checkbox"/>	заочная
	<input type="checkbox"/>	очно-заочная

2017
год утверждения
учебного плана ОПОП

Семестр(ы) 7

Количество групп 1

Количество студентов 25

Зайцев Николай Николаевич
(фамилия, инициалы преподавателя)

профессор
(должность)

Аэрокосмический
(факультет)

РКТЭС
(кафедра)

2-39-12-33
(контактная информация)

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку ОУАИ

8.2 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Петраков Ю. В. Теория автоматического управления технологическими системами: учебное пособие для вузов / Ю. В. Петраков, О. И. Драчёв. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. 349 с.	3
2	Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов / Е. М. Васильев, В. Г. Коломыцев ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 .— 151 с.	40 + ЭБ ПНИПУ
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Н.Н.Зайцев. Автоматическое управление в энергомашиностроении. Введение в теорию: Учеб.пособие. -Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 276с	112 + ЭБ ПНИПУ
2	Основы теории автоматического управления ракетными двигательными установками: Учебник для вузов/ А.И.Бабкин, С.И.Белов, Н.Б.Рутовский, Е.В.Соловьев. – М: Машиностроение,1986. - 328с.	6
3	Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки: / Ю. С. Соломонов [и др.] ; Российская академия ракетных и артиллерийских наук ; Под ред. А. М. Липанова, Ю.С. Соломонова. – Москва: Машиностроение, 2011. - 415 с.	20
4	Иноземцев А.А.Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: Т.5. Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок / А.А. Иноземцев, М.Ш. Нихамкин, В.Л.Сандрацкий. – М.: Машиностроение, 2008. – 186 с.	41
5	Основы автоматического регулирования и управления: Учеб. пос. для неэлектротехнических специальностей вузов / Под ред. В.М.Пономарева, А.П.Литвинова. – М: Высшая школа,1974.-439с.	25
6	В.В.Солодовников, В.Н.Плотников, А.В.Яковлев. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования: Учеб. пособие для вузов.- М: Машиностроение, 1985. - 526с.	27
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет. - Пермь: Изд-во ПНИПУ. ISSN печатной версии – 2224-9982, ISSN электронной версии – 2304-6457. Периодичность – 4 выпуска в год	Электр. выпуски с 2010 г.
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	
2.4. Официальные издания		
	Не предусмотрены	

2.5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. - Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.
2	Web of Science (Web of Knowledge) [Electronic resource: реф. и наукометр. база данных на англ. яз. по всем отраслям знания] / Thomson Reuters. – New York, 2001. – Режим доступа: http://apps.webofknowledge.com/ . – Загл. с экрана.

Основные данные об обеспеченности на

06.06.2017

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____  Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Лабораторные работы	Microsoft Excel, Пакет прикладных программ «ZN»: - моделирование переходных режимов управляемой системы; - анализ и синтез передаточных функций САУ; - частотные характеристики передаточной функции САУ; - синтез закона управления многомерной САУ методом АКОР; - численное интегрирование уравнения состояния методом Рунге-Кутта 4.		Численное моделирование динамических систем

8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		Электронные лекции-презентации по темам дисциплины «Автоматическое управление ракетными двигательными установками»

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п/п	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Мультимедийная аудитория	РКТЭС	304 к.Д АКФ	72	42
2	Компьютерный класс	РКТЭС	314 к.Д АКФ	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор Medium 524P	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ
2	Компьютеры IBM PC	12	Оперативное управление	314 к.Д АКФ

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		