

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автоматизация технологических процессов в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.05.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 6; 8 семестр - 7; всего - 13
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	468 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 48 часа; 8 семестр - 42 часа; всего - 90 часов
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 56 часа; всего - 88 часа
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 16 часов; всего - 18 часов
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 117,5 часов; 8 семестр - 133,2 часа; всего - 250,7 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	8 семестр - 31,7 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	8 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа Коллоквиум	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	8 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мерзликина Е.И.
	Идентификатор	R26072d90-MerzlikinaYI-9a9904a7

(подпись)


Е.И. Мерзликина

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черняев А.Н.
	Идентификатор	R7a97f450-ChernyaevAN-b37575e

(подпись)

А.Н. Черняев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении основ и общих принципов автоматизации теплоэнергетических объектов, принципов построения и реализации систем управления теплоэнергетическими объектами, методов математического описания, анализа и синтеза элементов и систем управления, в том числе, систем, находящихся под воздействием случайных возмущений, систем сложной структуры, систем с цифровыми контроллерами и нелинейных систем, а также изучение современных тенденций в области систем управления.

### Задачи дисциплины

- освоение принципов управления теплотехническими объектами, функций и задач автоматических и автоматизированных систем управления;;
- получение информации о свойствах объектов управления, освоение методов математического описания динамических систем, в том числе – нелинейных и дискретных систем;;
- получение информации об алгоритмах управления, в том числе – нелинейных и дискретных, освоение методов анализа и синтеза систем управления;;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при выборе структуры автоматической системы управления, алгоритма работы регулятора и критерия качества управления..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен участвовать в проектировании автоматизированных систем управления объектов профессиональной деятельности с использованием современных технических и программных средств	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Выполняет сбор и анализ данных для построения моделей объектов профессиональной деятельности, применяет методы расчета автоматизированных систем управления	знать: - основные свойства тепловых объектов как объектов управления; - состав, структуру и задачи автоматических и автоматизированных систем управления; - типовые линейные алгоритмы управления; - типовые нелинейные алгоритмы управления; - методы синтеза линейных систем управления; - методы анализа линейных систем управления; - методы анализа нелинейных систем управления и систем управления с дискретными и цифровыми элементами; - методы математического описания линейных систем управления; - методы математического описания нелинейных систем управления и систем управления с дискретными и цифровыми элементами; - методы синтеза систем управления сложной структуры и систем управления с дискретными и цифровыми элементами; - основные нелинейные элементы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>систем управления, их характеристики и способы их моделирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;;</li> <li>- Основные тенденции и направления развития современной теории управления.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять синтез систем регулирования с цифровыми и дискретными;</li> <li>- выполнять синтез АСР сложной структуры (с исчезающим в статике сигналом из промежуточной точки, каскадных, комбинированных, многосвязных);</li> <li>- уметь применять основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;</li> <li>- выполнять анализ нелинейных систем и систем управления с цифровыми и дискретными элементами;</li> <li>- строить математические модели линейных объектов и систем управления;</li> <li>- рассчитывать характеристики нелинейных объектов и систем управления, а также систем управления с цифровыми и дискретными элементами;</li> <li>- рассчитывать статические и динамические характеристики линейных объектов и систем управления, а также получать их экспериментальным путем;</li> <li>- применять методы идентификации объектов управления;</li> <li>- строить математические модели нелинейных объектов и систем управления, а также систем управления с цифровыми и дискретными элементами;</li> <li>- выполнять анализ линейных систем автоматического управления, оценивать качество их работы, рассчитывать прямые и интегральные показатели качества;</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять способы повышения качества работы систем управления;</li> <li>- выполнять синтез АСР с типовыми линейными алгоритмами управления.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизация технологических процессов в теплоэнергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать высшую математику, в том числе: функции одной и нескольких переменных, теорию пределов, интегральное и дифференциальное исчисление, теорию функций комплексных переменных, ряды, линейную алгебру, дифференциальные уравнения
- знать основные разделы физики: механику, термодинамику, электричество и магнетизм
- знать основы метрологии, основы теории погрешностей, основные методы и средства измерения теплотехнических параметров
- уметь вычислять пределы, интегралы и производные; выполнять анализ функций; решать дифференциальные уравнения, применять на практике аппарат линейной алгебры и теории функций комплексных переменных
- уметь применять основные законы физики для явлений природы и технологических процессов и объектов
- уметь измерять основные теплотехнические параметры, оценивать погрешности измерений
- уметь применять персональный компьютер и специализированные программные пакеты для решения математических и физических задач и представления результатов решения

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 13 зачетных единиц, 468 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	12	7	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекций</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], Введение, глава 1</p>
1.1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
2	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем	24		8	-	6	-	-	-	-	-	10	-	
2.1	Динамические системы и их виды. Математический аппарат исследования	24		8	-	6	-	-	-	-	-	10	-	

	линейных непрерывных динамических систем.													<p>на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 1.1-1.18 [6], Глава 2</p>
3	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	44	8	8	8	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Структурные схемы систем управления"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов</p>	
3.1	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения	44	8	8	8	-	-	-	-	-	20	-		

													<p>обработки результатов по изученному в разделе "Структурные схемы систем управления" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Структурные схемы систем управления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Структурные схемы систем управления и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Структурные схемы систем управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Структурные схемы систем управления"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 3-17 [5], 2.1-2.19;3.1-3.8 [6], Глава 3</p>	
4	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	30		8	-	8	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления"</p>



4.1	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления	30		8	-	8	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления"</p>
-----	------------------------------------------------------------------	----	--	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

													<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 4.1-4.26 [6], Глава 4
5	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	42	10	8	4	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в
5.1	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных	42	10	8	4	-	-	-	-	-	20	-	

													<p>разделе "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: «Ограниченный параметрический синтез АСР с типовыми линейными алгоритмами управления»</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 25-26, 28-77 [3], 18-28 [4], 2.1-2.9; 3.1-3.15 [6], Глава 5</p>
6	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных	28	10	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации</p>
6.1	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации	28	10	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<p>среднеквадратического отклонения</p>

	среднеквадратическог о отклонения управляемых переменных												управляемых переменных" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], Глава 6	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0		48	16	32	-	2	-	-	0.5	84	33.5	
	Итого за семестр	216.0		48	16	32	2	-	-	0.5	117.5			
7	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	53	8	14	-	18	-	-	-	-	-	21	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена
7.1	Синтез алгоритмов сложных структур систем	53		14	-	18	-	-	-	-	-	21	-	

	автоматического управления														<p>на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Разработка комбинированной АСР питания барабанного котла. Рассчитать на заданный запас устойчивости и принятый критерий оптимальности каскадную АСР (П-ПИ алгоритмы), найти структуру идеального компенсатора, подобрать структуру реального компенсатора. Построить переходные процессы по всем необходимым каналам, определить показатели качества работы АСР</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Синтез алгоритмов сложных структур</p>
--	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

													систем автоматического управления" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 1.1-1.18 [6], Глава 7
8	Системы управления с цифровыми контроллерами	41	10	-	14	-	-	-	-	-	17	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: разработка АСР температуры с цифровым контроллером. Рассчитать параметры настройки АСР температуры на выходе из поверхностного водо-водяного теплообменного аппарата. Считать, что контроллер цифровой, теорема Котельникова выполняется, рассмотреть АСР с ПИ и ПИД-алгоритмами
8.1	Системы управления с цифровыми контроллерами	41	10	-	14	-	-	-	-	-	17	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы управления с цифровыми контроллерами" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Системы управления с цифровыми контроллерами" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Системы управления с цифровыми контроллерами и подготовка к контрольной работе

													<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Системы управления с цифровыми контроллерами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы управления с цифровыми контроллерами"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 22-25, 107-109 [6], Глава 8</p>
9	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	48	12	-	16	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе по разделу "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"</p>
9.1	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления	48	12	-	16	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], Глава 9</p>
10	Некоторые современные	24	6	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу</p>

	проблемы и направления развития теории автоматического управления												"Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции
10.1	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления	24	6	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 214-225 [6], Глава 10
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	50.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	31.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>42</b>	<b>-</b>	<b>56</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>99.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>42</b>	<b>-</b>	<b>56</b>	<b>16</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>133.2</b>		



	ИТОГО	468.0	-	90	16	88	18	4	1.3	250.7	
--	-------	-------	---	----	----	----	----	---	-----	-------	--

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Введение. Основные понятия управления, термины и определения

#### 1.1. Введение. Основные понятия управления, термины и определения

Основные понятия управления.. Объекты управления, их классификация. Биологические, социальные, экономические и технические системы, как объекты управления.. Особенности технических систем управления.. Понятие декомпозиции системы и задач управления. Декомпозиция контроллера на регулятор и командный блок, понятия регулирования и управления.. Автоматические и автоматизированные системы управления. Понятия автоматический и автоматизированный..

### 2. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем

2.1. Динамические системы и их виды. Математический аппарат исследования линейных непрерывных динамических систем.

Динамические системы и их виды. Линейные и нелинейные системы.. Понятие модели системы. Линеаризация. Математические модели физических систем.. Дифференциальные уравнения линейных динамических систем. Преобразование Лапласа. Решение дифференциальных уравнений линейных динамических систем с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция.. Принцип суперпозиции. Временные динамические характеристики линейных динамических систем, их взаимосвязь. Виды тестовых сигналов.. Преобразование Фурье. Частотные динамические характеристики линейных динамических систем.. Дискретные модели непрерывных систем. Разностные уравнения..

### 3. Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения

#### 3.1. Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения

Структурные схемы систем управления. Виды структурных схем.. Звенья. Принципы выделения звеньев. Определение элементарного звена, виды элементарных звеньев. Пропорциональное (статическое, безынерционное звено). Интегрирующее звено. Инерционное звено первого порядка (апериодическое звено). Идеальное и реальное дифференцирующее звенья. Интегродифференцирующее звено. Звено запаздывания. Инерционное звено второго порядка. Колебательное звено. Последовательное соединение звеньев. Параллельное соединение звеньев. Встречно-параллельное соединение звеньев (обратная связь).

### 4. Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления

#### 4.1. Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления

Устойчивость линейных динамических систем, общие положения. Устойчивая, неустойчивая и нейтральная системы. Связь устойчивости и корней характеристического уравнения. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Критерии Рауса-Гурвица, Лъенара-Шипара, Михайлова, Найквиста. Д-разбиение в плоскости варьируемых параметров. Диаграмма Вышнеградского. Понятие запаса устойчивости. Численные показатели запаса устойчивости: степень затухания, корневой и частотный показатели колебательности. Запас устойчивости по фазе и модулю. Понятие грубости и робастности систем управления. Чувствительность систем управления. Функция чувствительности.

### 5. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных

### 5.1. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных

Прямые показатели качества регулирования: динамическое и статическое отклонение, время регулирования, перерегулирование. Интегральные показатели качества. Линейный, квадратичный и модульный показатели качества. Принцип накопления возмущений Булгакова. Границы области устойчивости и области заданного запаса устойчивости в плоскости Ки-Кп (АСР с ПИ-регулятором). Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет систем автоматического управления с П, И и ПИ-алгоритмами регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на частотный показатель колебательности. Общие положения. М-окружность. Расчет системы автоматического управления с ПИ-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на частотный показатель колебательности по вспомогательной функции. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на корневой показатель колебательности. Расчет системы регулирования с ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя при ограничении на частотный показатель колебательности. Расчет системы регулирования с реальным ПИД-алгоритмом регулирования на минимум линейного интегрального показателя.

### 6. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных

#### 6.1. Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных

Случайные события, величины и процессы. Виды случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Характеристики случайных процессов: математическое ожидание, дисперсия, СКО, автокорреляционная функция, взаимная корреляционная функция.. Спектральные характеристики случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Автоспектральная плотность и взаимная спектральная плотность. Преобразование случайных сигналов линейными динамическими системами. Расчет характеристик процесса на выходе системы по свойствам системы и характеристикам процесса на входе. Расчет оптимальны параметров настройки АСР по критерию минимума среднеквадратической ошибки управления. Связь полученных параметров настройки с параметрами, рассчитанными на минимум линейного интегрального показателя. Особенности оценки корреляционных функций входных воздействий для технологически работоспособных систем управления. Расчет оптимальный параметров регуляторов в системах высокой технологической работоспособности. Оптимальный и субоптимальный алгоритмы. Формальное обоснование применимости ПИД-регуляторов.

### 7. Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления

#### 7.1. Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления

Повышение качества переходных процессов за счет усложнения алгоритма регулирования. Повышение качества переходный процессов за счет усложнения информационной структуры системы управления. Системы регулирования с исчезающим в статике сигналом из промежуточной точки (АСР с регулятором и дифференциатором). Структура и общие сведения. Исчезающий в статике сигнал. Введение дифференциатора. Расчет параметров настройки АСР с регулятором и дифференциатором. Частотная развязка. Каскадные системы регулирования, структура и общие сведения. Алгоритмы регулирования,

применяемые в каскадных АСР. Расчет параметров настройки каскадных АСР. Обеспечение частотной развязки. Комбинированные системы регулирования. Структура и общие сведения. Условие абсолютной инвариантности. Идеальный и реальный компенсаторы. Многомерные объекты. Многомерные звенья. Математическое описание многомерных объектов и систем, матричные передаточные функции. Системы несвязанного регулирования. Расчет параметров настройки АСР несвязанного регулирования. Системы связанного регулирования. Условия автономности и их реализация.

## 8. Системы управления с цифровыми контроллерами

### 8.1. Системы управления с цифровыми контроллерами

Аналоговые и дискретные динамические системы. Импульсные и цифровые динамические системы. Цифровые контроллеры и преобразование их математического описания к расчетному виду. Структура цифрового контроллера. ЦВУ, ЦАП и АЦП и их модели. Разностные уравнения дискретных систем. Разностные уравнения типовых алгоритмов регулирования. Решетчатая функция. Модулирующая функция. Последовательность модулированных дельта-импульсов. Преобразование АСР с цифровым контроллером к расчетному виду. Дискретный объект. Способы описания дельта-импульсных последовательностей. Дискретное преобразование Лапласа и z-преобразование. Модифицированное z-преобразование. Спектры модулированных дельта-импульсных последовательностей. Передаточные функции и динамические характеристики дискретных систем. Получение передаточной функции дискретной системы. Частотные характеристики дискретных систем. Дискретные системы с непрерывной частью. Получение передаточной функции дискретного объекта с непрерывной частью. Устойчивость систем с цифровыми регуляторами. Необходимое и достаточное условие устойчивости для данного случая. Критерии Рауса-Гурвица, Михайлова и Найквиста для систем с цифровыми регуляторами. Запас устойчивости систем с цифровыми регуляторами. Показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Прямые показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Интегральные показатели точности систем управления с цифровыми регуляторами. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов при произвольном интервале квантования. Теорема Котельникова-Шеннона. Расчет оптимальных параметров настройки цифровых регуляторов, если выполняется теорема Котельникова-Шеннона.

## 9. Некоторые нелинейные задачи автоматического управления

### 9.1. Некоторые нелинейные задачи автоматического управления

Нелинейные системы, определение, общее описание. Особенности нелинейных систем. Причины возникновения нелинейных свойств. Задача анализа и синтеза нелинейных систем. Устойчивость нелинейных систем, определение, общие положения. Устойчивость состояния равновесия и устойчивость движения по А.М. Ляпунову. Критерии устойчивости нелинейных систем. Автоколебания, общие положения. АСР с позиционными алгоритмами регулирования. Метод гармонического баланса Гольдфарба. Методы исследования нелинейных систем. Точные методы исследования нелинейных систем (метод фазовой плоскости). Приближенные методы исследования нелинейных систем (методы статистической и гармонической линеаризации).

## 10. Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления

### 10.1. Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления

Современная теория управления, общие положения. Адаптация и автоматическая настройка. Некоторые новые технологии в области теории автоматического управления, элементы искусственного интеллекта. Адаптация в системах управления. Применение методов адаптации при синтезе систем управления и в процессе их эксплуатации.. Получение моделей объектов управления. Активная и пассивная идентификация объектов управления.. Адаптация по переходной характеристике системы. Настраиваемая модель. Адаптация по частотным характеристикам системы. Нечеткие системы регулирования. Нечеткие регуляторы. Нечеткие множества и нечеткая логика. Нечеткие регуляторы. База правил. АСР с нечетким регулятором, структура и основные принципы работы. Системы управления на базе искусственных нейронных сетей. Естественные и искусственные нейронные сети. Модель искусственного нейрона. Синаптические веса, передаточная функция нейрона. Нейронные сети. Топологии и виды нейронных сетей. Обучение нейронных сетей. Нейроконтроллеры.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Устойчивость и качество переходных процессов в нелинейных системах;
2. Линейное представление нелинейных систем. Линеаризация по методу малых отклонений. Статистическая линеаризация. Гармоническая линеаризация;
3. Метод фазовой плоскости;
4. Типовые нелинейности. Нелинейности в составе АСР. Типовые нелинейные алгоритмы регулирования;
5. Расчет АСР с цифровыми контроллерами. Теорема Котельникова-Шеннона;
6. Устойчивость и запас устойчивости АСР с цифровыми контроллерами;
7. z-преобразование и модифицированное z-преобразование;
8. Дискретные АСР. Структура цифрового контроллера. Разностные уравнения типовых алгоритмов регулирования;
9. Нечеткие системы управления;
10. Каскадная АСР;
11. АСР с регулятором и дифференциатором;
12. Эквивалентные преобразования структурных схем систем управления. Формула Мейсона. Представление структурных схем систем управления в виде графов и в блочном виде;
13. Адаптивные системы управления;
14. Случайные процессы и их характеристики. Анализ АСР, находящихся под воздействием случайных возмущений.;
15. Прямые и косвенные показатели качества регулирования. Расчет систем регулирования на заданный запас устойчивости. Расчет АСР с типовыми алгоритмами регулирования (П, ПИ, ПИД).;
16. Типовые алгоритмы регулирования и их характеристики.;
17. Устойчивость. Критерии Рауса-Гурвица, Михайлова, Найквиста. Запас устойчивости. Робастность.;
18. Представление линейных динамических систем в пространстве состояний.;
19. Элементарные звенья и их соединения. Основные динамические характеристики элементарных звеньев и их соединений.;
20. Преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция. Получение передаточной функции по дифференциальному уравнению. Временные и частотные характеристики линейных динамических систем. Анализ систем регулирования с помощью дифференциальных уравнений;
21. Многомерные АСР;

22. Искусственные нейронные сети;
23. Комбинированная АСР;
24. Введение

Основные разделы математики, используемые при изучении курса ТАУ: основные функции, теория функций комплексной переменной, интегрирование, дифференцирование, разложение в ряд Тейлора, решение дифференциальных уравнений..

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Ознакомление с пакетами Matlab и Simulink. Элементарные звенья и их характеристики. Соединения элементарных звеньев;
2. Типовые линейные алгоритмы регулирования и их характеристики;
3. Одноконтурная АСР с П, И и ПИ-регуляторами;
4. Одноконтурная АСР с ПИД-регулятором.

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Системы управления с цифровыми контроллерами"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Основные понятия управления, термины и определения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Структурные схемы систем управления"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы управления с цифровыми контроллерами"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"

10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления"
2. Консультации проводятся по разделу "Системы управления с цифровыми контроллерами"
3. Консультации проводятся по разделу "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение. Основные понятия управления, термины и определения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Структурные схемы систем управления"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Системы управления с цифровыми контроллерами"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Некоторые нелинейные задачи автоматического управления"
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

#### **8 Семестр**

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Разработка каскадной АСР температуры острого пара
- Разработка АСР экономичности процесса горения топлива в барабанном котле
- Разработка АСР температуры острого пара барабанного котла
- Анализ влияния нелинейных элементов на работу АСР температуры
- Разработка комбинированной АСР экономичности процесса горения с учетом возмущения по расходу топлива

- Разработка и анализ АСР разрежения в топке
- Разработка АСР температуры воды на выходе из водогрейного котла на базе цифрового контроллера
- Расчет двухсвязной АСР

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 3	4 - 7	8 - 11	12 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	30	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Получение задания. Составление плана работы. Получение первичных указаний от руководителя
2	Выполнение обзора литературы. Выполнение первой части расчета
3	Выполнение второй части расчета
4	Завершение расчета. Оформление работы



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)										Оценочное средство (тип и наименование)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>Знать:</b>														
Основные тенденции и направления развития современной теории управления	ИД-2ПК-3											+	Тестирование/Тест 4, 8 семестр. Некоторые современные проблемы и направления теории автоматического управления	
основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления;	ИД-2ПК-3	+											Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления	
основные нелинейные элементы систем управления, их характеристики и способы их моделирования	ИД-2ПК-3											+	Тестирование/Тест 3, 8 семестр. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления	
методы синтеза систем управления сложной структуры и систем управления с дискретными и цифровыми элементами	ИД-2ПК-3								+		+		Тестирование/Тест 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры Тестирование/Тест 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами	
методы математического описания нелинейных систем управления и систем управления с дискретными и цифровыми элементами	ИД-2ПК-3											+	+	Тестирование/Тест 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами Тестирование/Тест 3, 8 семестр. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления
методы математического описания линейных систем управления	ИД-2ПК-3		+	+				+						Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Тестирование/Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления
методы анализа нелинейных систем управления и систем управления с дискретными и цифровыми элементами	ИД-2ПК-3											+	+	Тестирование/Тест 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами Тестирование/Тест 3, 8 семестр.

												Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления
методы анализа линейных систем управления	ИД-2ПК-3		+		+		+		+			Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр Тестирование/Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
методы синтеза линейных систем управления	ИД-2ПК-3						+		+			Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр Тестирование/Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
типовые нелинейные алгоритмы управления	ИД-2ПК-3										+	Тестирование/Тест 3, 8 семестр. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления
типовые линейные алгоритмы управления	ИД-2ПК-3				+							Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Тестирование/Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления
состав, структуру и задачи автоматических и автоматизированных систем управления	ИД-2ПК-3		+									Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления
основные свойства тепловых объектов как объектов управления	ИД-2ПК-3		+		+							Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления Тестирование/Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления
<b>Уметь:</b>												
выполнять синтез АСР с типовыми	ИД-2ПК-3						+					Коллоквиум/Защита лабораторных работ

линейными алгоритмами управления											4-5, 7 семестр Расчетно-графическая работа/Расчетное задание, 7 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования»
применять способы повышения качества работы систем управления	ИД-2ПК-3							+			Контрольная работа/Контрольная работа 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры
выполнять анализ линейных систем автоматического управления, оценивать качество их работы, рассчитывать прямые и интегральные показатели качества	ИД-2ПК-3				+	+	+				Коллоквиум/Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 2, 7 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости Тестирование/Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО
строить математические модели нелинейных объектов и систем управления, а также систем управления с цифровыми и дискретными элементами	ИД-2ПК-3								+	+	Контрольная работа/Контрольная работа 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления
применять методы идентификации объектов управления	ИД-2ПК-3			+							Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр
рассчитывать статические и динамические характеристики линейных объектов и систем управления, а также получать их экспериментальным путем	ИД-2ПК-3		+	+							Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 1, 7 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические

											характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения
рассчитывать характеристики нелинейных объектов и систем управления, а также систем управления с цифровыми и дискретными элементами	ИД-2ПК-3								+	+	Контрольная работа/Контрольная работа 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления
строить математические модели линейных объектов и систем управления	ИД-2ПК-3		+	+							Коллоквиум/Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр Контрольная работа/Контрольная работа 1, 7 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения
выполнять анализ нелинейных систем и систем управления с цифровыми и дискретными элементами	ИД-2ПК-3								+	+	Контрольная работа/Контрольная работа 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления
уметь применять основные термины и определения, используемые в сфере автоматического управления	ИД-2ПК-3	+									Тестирование/Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления
выполнять синтез АСР сложной структуры (с исчезающим в статике сигналом из промежуточной точки, каскадных, комбинированных, многосвязных)	ИД-2ПК-3							+			Контрольная работа/Контрольная работа 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры
выполнять синтез систем регулирования с цифровыми и дискретными	ИД-2ПК-3								+		Контрольная работа/Контрольная работа 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления

## 4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

### 4.1. Текущий контроль успеваемости

#### 7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1, 7 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2, 7 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости (Контрольная работа)
3. Расчетное задание, 7 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования» (Расчетно-графическая работа)
4. Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления (Тестирование)
5. Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления (Тестирование)
6. Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр (Коллоквиум)
2. Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр (Коллоквиум)

#### 8 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления (Контрольная работа)
3. Тест 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры (Тестирование)
4. Тест 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами (Тестирование)
5. Тест 3, 8 семестр. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления (Тестирование)
6. Тест 4, 8 семестр. Некоторые современные проблемы и направления теории автоматического управления (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### 4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Итоговая оценка=(Средний балл за семестр)\*0,6+(Оценка за промежуточную аттестацию)\*0,4

Экзамен (Семестр №8)

Итоговая оценка=(Средний балл за семестр)\*0,6+(Оценка за промежуточную аттестацию)\*0,4 В приложение к диплому выносятся оценка за восьмой семестр.

### Курсовая работа (КР) (Семестр №8)

Итоговая оценка за работу=0,5\*(Средний балл)+0,5\*(Оценка за защиту)

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Панько, М. А. Расчет и моделирование автоматических систем регулирования в среде Mathcad : Учебное пособие по курсу "Теория автоматического управления", по направлению "Теплоэнергетика" и специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" / М. А. Панько, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 92 с. - ISBN 5-7046-0695-4 .;
2. Андрушин, А. В. Управление и инноватика в теплоэнергетике : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Андрушин, В. Р. Сабанин, Н. И. Смирнов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 392 с. - ISBN 978-5-383-00539-2 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4186](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4186);
3. Мерзликина, Е. И. Моделирование линейных динамических систем управления в пакете SIMULINK : практикум по курсам "Метрология, теплотехнические измерения", "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 32 с.  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8239](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8239);
4. Мерзликина, Е. И. Расчет одноконтурных систем управления : задачник по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-2260-4 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11247](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11247);
5. Мерзликина, Е. И. Теория автоматического управления : задачник по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / Е. И. Мерзликина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 52 с. - ISBN 978-5-7046-2120-1 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10822](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10822);
6. Ротач В.Я.- "Теория автоматического управления", Издательство: "МЭИ", Москва, 2020  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014172.html>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office;
2. Windows;
3. MathCad;
4. Matlab;
5. Scilab.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
8. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-111, Компьютерный класс ИВЦ	стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-210/3, Компьютерный класс каф. "АСУТП"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, доска меловая, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-210/7в, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, стол для совещаний, экран, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-210/8а, Архив	шкаф

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория автоматического управления

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест 1, 7 семестр. Основные термины и определения теории автоматического управления (Тестирование)
- КМ-2 Тест 2, 7 семестр. Структурные схемы систем управления (Тестирование)
- КМ-3 Тест 3, 7 семестр. Случайные процессы и их характеристики. Расчет АСР на минимум СКО (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа 1, 7 семестр. Дифференциальные уравнения и динамические характеристики систем управления. Элементарные звенья и их соединения (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольная работа 2, 7 семестр. Устойчивость и запас устойчивости линейных динамических систем. Критерии устойчивости (Контрольная работа)
- КМ-6 Расчетное задание, 7 семестр: «Оптимальный параметрический синтез одноконтурной АСР с типовыми алгоритмами регулирования» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Защита лабораторных работ 1-3, 7 семестр (Коллоквиум)
- КМ-8 Защита лабораторных работ 4-5, 7 семестр (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	3	8	15	9	16	15	10	14
1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения									
1.1	Введение. Основные понятия управления, термины и определения		+	+						
2	Дифференциальные уравнения и динамические характеристики линейных систем									
2.1	Динамические системы и их виды. Математический аппарат исследования линейных непрерывных динамических систем.			+	+	+			+	+
3	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения									
3.1	Структурные схемы систем управления. Элементарные звенья и их соединения		+	+		+			+	



4	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления								
4.1	Устойчивость, запас устойчивости и робастность систем управления			+		+			+
5	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных								
5.1	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации выбросов управляемых переменных			+		+	+		+
6	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных								
6.1	Расчет систем автоматического управления из условия минимизации среднеквадратического отклонения управляемых переменных		+	+		+		+	+
Вес КМ, %:		5	5	5	20	20	25	10	10

### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-9 Тест 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры (Тестирование)
- КМ-10 Контрольная работа 1, 8 семестр. Системы управления сложной структуры (Контрольная работа)
- КМ-11 Тест 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами (Тестирование)
- КМ-12 Тест 3, 8 семестр. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления (Тестирование)
- КМ-13 Контрольная работа 2, 8 семестр. Системы управления с цифровыми контроллерами. Некоторые нелинейные вопросы теории автоматического управления (Контрольная работа)
- КМ-14 Тест 4, 8 семестр. Некоторые современные проблемы и направления теории автоматического управления (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14
		Неделя КМ:	5	6	9	12	14	14
1	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления							

1.1	Синтез алгоритмов сложных структур систем автоматического управления	+	+	+			
2	Системы управления с цифровыми контроллерами						
2.1	Системы управления с цифровыми контроллерами	+		+	+	+	
3	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления						
3.1	Некоторые нелинейные задачи автоматического управления			+	+	+	
4	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления						
4.1	Некоторые современные проблемы и направления развития теории автоматического управления						+
Вес КМ, %:		15	25	10	10	25	15

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Теория автоматического управления

(название дисциплины)

**8 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Контроль своевременного получения задания
- КМ-2 Контроль выполнения первой части работы
- КМ-3 Контроль выполнения второй части работы
- КМ-4 Контроль выполнения и оформления работы

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	7	11	14
1	Получение задания. Составление плана работы. Получение первичных указаний от руководителя		+			
2	Выполнение обзора литературы. Выполнение первой части расчета			+		
3	Выполнение второй части расчета				+	
4	Завершение расчета. Оформление работы					+
Вес КМ, %:			10	30	30	30