

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

---

Направление подготовки/специальность: 27.03.04 Управление в технических системах

Наименование образовательной программы: Управление и информатика в технических системах

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>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.23</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 5; 6 семестр - 5; всего - 10</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>360 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 48 часа; 6 семестр - 42 часа; всего - 90 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 16 часов; 6 семестр - 14 часов; всего - 30 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов; 6 семестр - 12 часов; всего - 28 часа</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 97,5 часа; 6 семестр - 109,5 часов; всего - 207,0 часов</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа; всего - 1,0 час</b>

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Державин О.М.
	Идентификатор	R1cd1d31b-DerzhavinOM-2d3724c

(подпись)

О.М. Державин

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сидорова Е.Ю.
	Идентификатор	R0deebce9-SidorovaYY-923dc6a8

(подпись)

Е.Ю. Сидорова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бобряков А.В.
	Идентификатор	R2c90f415-BobriakovAV-70dec1fa

(подпись)

А.В. Бобряков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ теории автоматического управления, необходимых при проектировании, исследовании, производстве и эксплуатации систем и средств автоматизации и управления

### Задачи дисциплины

- освоение концептуальных положений теории автоматического управления и формализация задач управления;
- освоение основных принципов управления динамическими объектами и построения систем автоматического управления ими;
- освоение методов анализа качества и синтеза систем управления;
- освоение методологии и современного программно-аппаратного инструментария исследования систем 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
ОПК-2 Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин (модулей)	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Формулирует задачи в области профессиональной деятельности	знать: - основные положения теории управления техническими объектами, методологию анализа и синтеза систем управления.  уметь: - применять основные принципы управления, выявлять существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем.
ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует способность решать профессиональные задачи с использованием фундаментальных знаний	знать: - методику проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах, современную информационно-техническую базу исследования систем управления.  уметь: - проводить построение математических моделей объектов и систем управления на базе цифрового моделирования с использованием стандартных программных средств.
ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Определяет и оценивает возможные методы решения типовых задач управления	знать: - методы синтеза систем управления.  уметь: - определять необходимую исходную информацию и методы ее получения для энергетического и динамического

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
в профессиональной деятельности		расчетов систем управления.
ОПК-9 Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	ИД-2 <sub>ОПК-9</sub> Осуществляет постановку задач исследования, проведение экспериментов и обработку их результатов с использованием современных информационных технологий и технических средств	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандартные программные средства цифрового моделирования объектов и систем управления.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить экспериментальные исследования на действующих объектах по заданной методике с использованием современных программно-аппаратных средств.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Управление и информатика в технических системах (далее – ОПОП), направления подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Для освоения дисциплины необходимо знание алгебры и аналитической геометрии, математического анализа, электротехники

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 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ 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	Основные понятия и принципы управления	10	5	4	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 1 расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ». Подготовка к защите расчетного задания.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольным работам: 1. Построение и преобразование структурной схемы САУ. 2. Динамические звенья.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (5 семестр)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 9-20, 72-83 [3], стр. 5-35 [4], стр. 4-19, 33-35</p>
1.1	Основные понятия и принципы управления	10		4	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Характеристики линейных динамических систем	35		9	4	4	-	-	-	-	-	18	-	
2.1	Характеристики линейных динамических систем	35		9	4	4	-	-	-	-	-	18	-	

													Нахождение частотных характеристик САУ по заданной модели. 4. Построение модели САУ по экспериментальным частотным характеристикам. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №№ 1, 2 и 3 (5 семестр) <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 21-83 [3], стр. 36-108, 113-118 [4], стр. 4-19, 33-35
3	Модели описания систем и их преобразование	12	3	2	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 1 расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ». Подготовка к защите расчетного задания. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольным работам: 1. Построение и преобразование структурной схемы САУ. 2. Динамические звенья. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (5 семестр) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 11-30 [3], стр. 109-141 [4], стр. 4-19, 33-35
3.1	Модели описания систем и их преобразование	12	3	2	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (5 семестр) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 11-30 [3], стр. 109-141 [4], стр. 4-19, 33-35
4	Свойства моделей динамических систем	7	3	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (5 семестр)
4.1	Свойства моделей	7	3	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (5 семестр)

	динамических систем												<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 143-146 [2], стр. 30-42 [4], стр. 4-19, 33-35
5	Устойчивость линейных систем	34	14	2	4	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 2 расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ». Подготовка к защите расчетного задания. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторной работы № 3, выполнению и защите лабораторной работы № 4 (5 семестр) <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 88-122 [3], стр. 142-180 [4], стр. 4-19, 33-35
5.1	Устойчивость линейных систем	34	14	2	4	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 2 расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ». Подготовка к защите расчетного задания. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторной работы № 3, выполнению и защите лабораторной работы № 4 (5 семестр) <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 88-122 [3], стр. 142-180 [4], стр. 4-19, 33-35
6	Анализ качества регулирования	32	10	2	2	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 2 расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ». Подготовка к защите расчетного задания. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы № 4 (5 семестр) <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
6.1	Анализ качества регулирования	32	10	2	2	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 2 расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ». Подготовка к защите расчетного задания. <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы № 4 (5 семестр) <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>

													<b>источников:</b> [1], стр. 123-144 [3], стр. 181-246 [4], стр. 4-19, 33-35
7	Синтез линейных систем	14		5	4	2	-	-	-	-	3	-	<b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы № 4 (5 семестр)
7.1	Синтез линейных систем	14		5	4	2	-	-	-	-	3	-	<b>Подготовка к практическим занятиям:</b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], стр. 161-174, 189-200 [3], стр. 247-260
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	180.0		48	16	16	-	2	-	-	0.5	64	33.5
	Итого за семестр	180.0		48	16	16	2	-	-	0.5	97.5		
8	Модели нелинейных систем	16	6	4	2	2	-	-	-	-	8	-	<b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (6 семестр)
8.1	Модели нелинейных систем	16		4	2	2	-	-	-	-	8	-	<b>Подготовка к контрольной работе:</b> Подготовка к контрольной работе «Исследование САУ методом фазовой плоскости» <b>Подготовка к практическим занятиям:</b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b>Подготовка расчетно-графического задания:</b> Подготовка к защите расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ» <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], стр. 22-24 [2], стр. 36-42
9	Метод фазовой плоскости исследования динамики	44		12	4	4	-	-	-	-	24	-	<b>Подготовка расчетно-графического задания:</b> Выполнение части 1 расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ». Подготовка к защите



9.1	Метод фазовой плоскости исследования динамики	44		12	4	4	-	-	-	-	-	24	-	<p>расчетного задания.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе «Исследование САУ методом фазовой плоскости»</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №№ 1 и 2 (6 семестр)</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 51-74 [5], стр. 7-14, 19-31</p>
10	Исследование периодических режимов	37		11	2	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>
10.1	Исследование периодических режимов	37		11	2	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы № 3 (6 семестр)</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение части 2 расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ». Подготовка к защите расчетного задания.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 74-103 [5], стр. 14-18, 31-36</p>
11	Исследование устойчивости по Ляпунову	18		6	2	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии</p>
11.1	Исследование устойчивости по Ляпунову	18		6	2	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы № 3 (6 семестр)</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 88-91</p>

														[2], стр. 113-130, 133-140
12	Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем	23		7	2	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы № 3 (6 семестр) <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка к выполнению заданий на практическом занятии <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 148-170
12.1	Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем	23		7	2	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работы №№ 2 и 3 (6 семестр) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 234-237
13	Синтез нелинейных систем	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работы №№ 2 и 3 (6 семестр) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 234-237
13.1	Синтез нелинейных систем	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к защите лабораторных работы №№ 2 и 3 (6 семестр) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 234-237
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		42	12	14	-	2	-	-	0.5	76	33.5	
	Итого за семестр	180.0		42	12	14	2	-	-	0.5	109.5			
	<b>ИТОГО</b>	<b>360.0</b>	-	<b>90</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.0</b>	<b>207.0</b>			

**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. Основные понятия и принципы управления

#### 1.1. Основные понятия и принципы управления

Основные понятия теории управления. Сущность проблем управления. Содержание задач управления. Классификация систем управления (СУ). Поведение объектов и СУ. Объект управления. Типы объектов и воздействий. Задачи управления объектом. Информация и принципы управления. Структуры СУ.

### 2. Характеристики линейных динамических систем

#### 2.1. Характеристики линейных динамических систем

Линейные непрерывные модели и характеристики СУ. Математическая модель «вход-выход». Принципы разделения физических элементов на динамические звенья. Дифференциальные уравнения, передаточные функции, временные, частотные характеристики системы и связь между ними. Математическая модель системы в форме структурной схемы. Минимально-фазовые системы.

### 3. Модели описания систем и их преобразование

#### 3.1. Модели описания систем и их преобразование

Описание линейных систем в пространстве состояний: модели «вход-состояние-выход». Преобразование форм представления моделей. Способы получения уравнений в пространстве состояний, связь с уравнением «вход-выход».

### 4. Свойства моделей динамических систем

#### 4.1. Свойства моделей динамических систем

Основные свойства линейных систем. Инвариантность СУ. Формы инвариантности. Чувствительность СУ. Функции чувствительности. Управляемость и наблюдаемость. Критерии управляемости и наблюдаемости.

### 5. Устойчивость линейных систем

#### 5.1. Устойчивость линейных систем

Определение устойчивости по Ляпунову. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Матричный критерий. Выделение областей устойчивости в пространстве параметров. Допустимые преобразования передаточных функций.

### 6. Анализ качества регулирования

#### 6.1. Анализ качества регулирования

Анализ качества и коррекция линейных систем. Оценки качества переходных процессов в линейных СУ. Ошибки в установившемся режиме от управляющих воздействий. Точность системы при действии постоянных возмущений. Метод коэффициентов ошибок. Прямые и косвенные методы оценивания качества переходного процесса. Частотные оценки. Интегральные критерии качества. Корневые методы оценки.

### 7. Синтез линейных систем

### 7.1. Синтез линейных систем

Методы синтеза линейных СУ. Введение в закон регулирования воздействий по производной, интегралу от ошибки, по возмущению. Последовательная коррекция. Коррекция введением обратных связей. Модальное управление. Метод динамической компенсации. Наблюдатель состояний. Определение параметров корректирующих устройств.

## 8. Модели нелинейных систем

### 8.1. Модели нелинейных систем

Основы теории нелинейных систем управления. Нелинейные модели СУ («вход-выход», описание в пространстве состояний). Методы линеаризации нелинейных моделей. Системы с существенно нелинейными элементами. Структурная декомпозиция моделей. Декомпозиция сингулярно возмущенных моделей. Ее возможности, ограничения и методы их преодоления. Декомпозиция моделей, представленных в нормальной форме Коши, заданных аналитически или реализациями процессов.

## 9. Метод фазовой плоскости исследования динамики

### 9.1. Метод фазовой плоскости исследования динамики

Метод фазового пространства, его возможности и ограничения. Анализ равновесных режимов. Анализ поведения СУ на фазовой плоскости. Периодические режимы и автоколебания. Методы стабилизации релейных систем. Синтез управлений. Скользящий режим. Динамические свойства системы в скользящем режиме. Синтез систем с переменной структурой. Их основные режимы, возможности, ограничения. Особенности динамики нелинейных систем.

## 10. Исследование периодических режимов

### 10.1. Исследование периодических режимов

Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Гармоническая линеаризация нелинейных характеристик. Исходные предпосылки метода гармонического баланса. Определение периодических решений, оценка их параметров, устойчивости. Возможности и ограничения метода.

## 11. Исследование устойчивости по Ляпунову

### 11.1. Исследование устойчивости по Ляпунову

Устойчивость положения равновесия и движения. Первый метод Ляпунова. Второй (прямой) метод Ляпунова. Теоремы Ляпунова об устойчивости. Проблема конструирования функции Ляпунова.

## 12. Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем

### 12.1. Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем

устойчивость. Гипотезы Айзермана, Калмана. Критерий В.М. Попова абсолютной устойчивости. Синтез параметров устойчивой системы. Критерий Чо-Нарендры. Критерий абсолютной устойчивости отрезка равновесия. Критерий Цыпкина.

## 13. Синтез нелинейных систем

### 13.1. Синтез нелинейных систем

Синтез равновесных состояний. Особенности, возможности и ограничения синтеза на основе различных методов – фазовой плоскости, гармонического баланса, линеаризованных моделей, критерия абсолютной устойчивости, прямого метода Ляпунова.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Структурные схемы описания физических систем;
2. Правила структурных преобразований;
3. Дифференциальные уравнения и передаточные функции звеньев;
4. Частотные характеристики звеньев. Временные характеристики звеньев;
5. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости;
6. Частотные критерии устойчивости;
7. Прямые и косвенные оценки качества регулирования. Ошибки системы в установившемся режиме;
8. Синтез последовательной коррекции. Синтез корректирующей обратной связи;
9. Модели нелинейных систем. Фазовый портрет динамической системы;
10. Фазовые портреты линейных систем. Скользящий режим;
11. Эквивалентный комплексный коэффициент усиления нелинейного элемента;
12. Нахождение уравнений автоколебаний;
13. Определение параметров и устойчивости автоколебаний;
14. Первый метод Ляпунова исследования устойчивости;
15. Критерий В.М. Попова абсолютной устойчивости. Критерий Гелига устойчивости отрезка равновесия. Критерии Чо-Наредры, Цыпкина. Определение предельного коэффициента усиления по различным критериям.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Принципы и законы автоматического управления;
2. Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления;
3. Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления;
4. Синтез САУ;
5. Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости;
6. Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости;
7. Исследование нелинейной САУ методом гармонической линеаризации. Исследование абсолютной устойчивости нелинейной САУ.

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов раздела "Основные понятия и принципы управления"
2. Обсуждение материалов раздела "Характеристики линейных динамических систем"
3. Обсуждение материалов раздела "Модели описания систем и их преобразование"
4. Обсуждение материалов раздела "Свойства моделей динамических систем"
5. Обсуждение материалов раздела "Устойчивость линейных систем"
6. Обсуждение материалов раздела "Анализ качества регулирования"
7. Обсуждение материалов раздела "Синтез линейных систем"
8. Обсуждение материалов раздела "Модели нелинейных систем"

9. Обсуждение материалов раздела "Метод фазовой плоскости исследования динамики"
10. Обсуждение материалов раздела "Исследование периодических режимов"
11. Обсуждение материалов раздела "Исследование устойчивости по Ляпунову"
12. Обсуждение материалов раздела "Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем"
13. Обсуждение материалов раздела "Синтез нелинейных систем"

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

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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	11	12		13
<b>Знать:</b>															
основные положения теории управления техническими объектами, методологию анализа и синтеза систем управления	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+	+	+		+	+								Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ»
методику проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах, современную информационно-техническую базу исследования систем управления	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>											+	+	+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 3 «Исследование нелинейной САУ методом гармонической линеаризации. Исследование абсолютной устойчивости нелинейной САУ» (6 семестр)
методы синтеза систем управления	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>		+			+	+	+							Лабораторная работа/Защита лабораторных работ № 3 «Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления» и № 4 «Синтез САУ» (5 семестр)
стандартные программные средства цифрового моделирования объектов и систем управления	ИД-2 <sub>ОПК-9</sub>								+	+	+				Расчетно-графическая работа/Защита расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ»
<b>Уметь:</b>															
применять основные принципы управления, выявлять	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+	+	+	+										Контрольная работа/«Динамические звенья»

<p>существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем</p>														<p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр)</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2 «Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления» (5 семестр)</p> <p>Контрольная работа/«Построение и преобразование структурной схемы САУ»</p>
<p>проводить построение математических моделей объектов и систем управления на базе цифрового моделирования с использованием стандартных программных средств</p>	<p>ИД-1<sub>ОПК-3</sub></p>							<p>+</p>	<p>+</p>					<p>Лабораторная работа/Выполнение лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр)</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр)</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2 «Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости» (6 семестр)</p> <p>Контрольная работа/«Исследование</p>



																САУ методом фазовой плоскости»
определять необходимую исходную информацию и методы ее получения для энергетического и динамического расчетов систем управления	ИД-2опк-3		+													Контрольная работа/«Нахождение частотных характеристик САУ по заданной модели»  Контрольная работа/«Построение модели САУ по экспериментальным частотным характеристикам»
проводить экспериментальные исследования на действующих объектах по заданной методике с использованием современных программно-аппаратных средств	ИД-2опк-9	+	+	+	+											Лабораторная работа/Выполнение лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр)

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

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

##### **5 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Выполнение лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. «Динамические звенья» (Контрольная работа)
2. «Нахождение частотных характеристик САУ по заданной модели» (Контрольная работа)
3. «Построение и преобразование структурной схемы САУ» (Контрольная работа)
4. «Построение модели САУ по экспериментальным частотным характеристикам» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 2 «Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторных работ № 3 «Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления» и № 4 «Синтез САУ» (5 семестр) (Лабораторная работа)

##### **6 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Выполнение лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. «Исследование САУ методом фазовой плоскости» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 2 «Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)

3. Защита лабораторной работы № 3 «Исследование нелинейной САУ методом гармонической линеаризации. Исследование абсолютной устойчивости нелинейной САУ» (6 семестр) (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

#### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

##### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

##### Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за 6 семестр.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Д. П. Ким- "Теория автоматического управления", Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (312 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69278>;
2. Д. П. Ким- "Теория автоматического управления", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (440 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69280>;
3. Теория автоматического управления : учебник по автоматике и телемеханике, вычислительной и информационно-измерительной технике / Л. С. Гольдфарб, и др. ; Ред. А. В. Нетушил . – 2-е изд., доп. и перераб . – М. : Высшая школа, 1976 . – 400 с.;
4. Беседин, В. М. Построение структурных моделей и исследование на их основе линейных систем управления : методические указания к типовому расчету по курсу "Теория автоматического управления" по направлению "Автоматизация и управление" / В. М. Беседин, О. М. Державин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 36 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=3561](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=3561);
5. Беседин, В. М. Анализ нелинейных систем автоматического управления : методические указания к расчетному заданию по курсу "Теория автоматического управления" по направлению 27.03.04 "Управление в технических системах" / В. М. Беседин, О. М. Державин, Е. Ю. Сидорова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2022 . – 40 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11881](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11881).

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;

#### 4. SimInTech.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-307, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
	С-409, Лекционный зал	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-307, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
	С-409, Лекционный зал	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-200/4, Лаборатория Основы автоматике	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, стенд учебный
	М-304а/1, Учебная лаборатория моделирования систем и анализа данных	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для	М-307, Учебная	стол преподавателя, стол учебный,

проведения промежуточной аттестации	аудитория	стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
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	М-305, Преподавательская каф. "УиИ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	М-301/2, Преподавательская	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-309, Кладовая	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря
	М-301/1, Кладовая	стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория автоматического управления

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Выполнение лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-2 «Построение и преобразование структурной схемы САУ» (Контрольная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-4 «Динамические звенья» (Контрольная работа)
- КМ-5 «Нахождение частотных характеристик САУ по заданной модели» (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы № 2 «Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-7 «Построение модели САУ по экспериментальным частотным характеристикам» (Контрольная работа)
- КМ-8 Защита лабораторных работ № 3 «Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления» и № 4 «Синтез САР» (5 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-9 Защита расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ» (Расчетно-графическая работа)

#### 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	КМ-9
		Неделя КМ:	4	6	7	8	10	11	12	15	16
1	Основные понятия и принципы управления										
1.1	Основные понятия и принципы управления		+	+	+	+		+			+
2	Характеристики линейных динамических систем										
2.1	Характеристики линейных динамических систем		+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Модели описания систем и их преобразование										
3.1	Модели описания систем и их преобразование		+	+	+	+		+			+
4	Свойства моделей динамических систем										
4.1	Свойства моделей динамических систем		+	+	+	+		+			

5	Устойчивость линейных систем									
5.1	Устойчивость линейных систем								+	+
6	Анализ качества регулирования									
6.1	Анализ качества регулирования								+	+
7	Синтез линейных систем									
7.1	Синтез линейных систем								+	
Вес КМ, %:		5	10	10	10	10	10	10	15	20

### 6 семестр

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

- КМ-10 Выполнение лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-11 «Исследование САУ методом фазовой плоскости» (Контрольная работа)
- КМ-12 Защита лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-13 Защита лабораторной работы № 2 «Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)
- КМ-14 Защита расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-15 Защита лабораторной работы № 3 «Исследование нелинейной САУ методом гармонической линеаризации. Исследование абсолютной устойчивости нелинейной САУ» (6 семестр) (Лабораторная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15
		Неделя КМ:	4	6	8	12	13	13
1	Модели нелинейных систем							
1.1	Модели нелинейных систем		+	+	+	+	+	
2	Метод фазовой плоскости исследования динамики							
2.1	Метод фазовой плоскости исследования динамики		+	+	+	+	+	
3	Исследование периодических режимов							
3.1	Исследование периодических режимов						+	+
4	Исследование устойчивости по Ляпунову							

4.1	Исследование устойчивости по Ляпунову						+
5	Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем						
5.1	Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем						+
6	Синтез нелинейных систем						
6.1	Синтез нелинейных систем						+
Вес КМ, %:		5	15	15	20	25	20