

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: Автоматизированные системы управления

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.03.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	8 семестр - 8 часов;
Практические занятия	8 семестр - 8 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 160,2 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	8 семестр - 1,5 часа;
включая: Решение задач Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вершинин Д.В.
	Идентификатор	R37a53c2e-VershininDV-fb5ff249

Д.В. Вершинин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вершинин Д.В.
	Идентификатор	R37a53c2e-VershininDV-fb5ff249

Д.В. Вершинин

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

А.В. Бобряков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение теоретических основ и практических методов анализа и синтеза нелинейных и импульсных систем автоматического управления (САУ), особенностей взаимодействия элементов таких систем, характера динамических процессов и особенностей статических режимов.

Задачи дисциплины

- формирование навыков расчета динамических и статических характеристик технических систем различной физической природы;
- формирование навыков решения задач анализа устойчивости и оценки качества управления такими системами.

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-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-3} Демонстрирует способность решать профессиональные задачи с использованием фундаментальных знаний	знать: - методы синтеза систем автоматического управления и области их практического применения. уметь: - определять уравнения статики систем и строить их статические характеристики.
ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-3} Определяет и оценивает возможные методы решения типовых задач управления	знать: - математические основы и подходы к линеаризации объектов автоматического регулирования. уметь: - применять методы для решения конкретных задач синтеза алгоритмов управления.
ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	ИД-1 _{ОПК-4} Применяет типовые критерии оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	знать: - принципы и законы регулирования. уметь: - классифицировать системы управления.
ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	ИД-2 _{ОПК-4} Определяет критерии оценки эффективности разработанных систем управления	знать: - принципы математического описания импульсных САУ. уметь: - решать задачи аналитического характера при поиске наиболее приемлемого подхода к проектированию САУ.
ОПК-9 Способен	ИД-2 _{ОПК-9} Осуществляет	знать:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	постановку задач исследования, проведение экспериментов и обработку их результатов с использованием современных информационных технологий и технических средств	- принципы математического описания основных элементов нелинейных САУ. уметь: - применять методики и процедуры выполнения экспериментальных исследований свойств САУ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 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	Математическое описание импульсных систем автоматического управления	28.80	8	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.30	-	24.90	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа направлена на изучение теоретического материала по литературным источникам и конспектам <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 269-312 [2], 212-215, 225-237 [4], 3-53
1.1	Классификация дискретных систем управления. Типовая структура импульсных систем	14.40		0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
1.2	Дискретные передаточные функции. Временные и частотные характеристики импульсных систем автоматического управления	14.40		0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
2	Анализ и синтез импульсных систем	28.80		1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.30	-	24.90	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа направлена на изучение теоретического материала по литературным источникам и конспектам <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 328-366 [2], 258-302 [4], 54-88 [6], п. 8
2.1	Устойчивость импульсных систем	14.40		0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
2.2	Синтез импульсных систем	14.40		0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	

3	Нелинейные САУ и их исследование методом фазовой плоскости	28.80	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.30	-	24.90	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа направлена на изучение теоретического материала по литературным источникам и конспектам <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 395-431 [2], 22-24 [3], 36-42 51-74 [5], 7-14, 19-31
3.1	Понятие о нелинейных системах управления	14.40	0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
3.2	Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости	14.40	0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
4	Гармоническая линеаризация и исследование нелинейных систем методом гармонического баланса	28.80	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.30	-	24.90	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа направлена на изучение теоретического материала по литературным источникам и конспектам <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 431-438 [5], 14-18, 31-36
4.1	Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса	14.40	0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
4.2	Определение свободных периодических колебаний методом гармонического баланса	14.40	0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
5	Устойчивость нелинейных систем	28.80	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.30	-	24.90	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Работа направлена на изучение теоретического материала по литературным источникам и конспектам <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 446-461 [3], 148-170
5.1	Исследование устойчивости нелинейных систем автоматического управления	14.40	0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	
5.2	Обобщения критерия абсолютной устойчивости	14.40	0.8	-	0.8	-	0.2	-	0.15	-	12.45	-	

	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	180.00		8.0	-	8.0	-	2.0	-	1.50	0.3	124.50	35.7	
	Итого за семестр	180.00		8.0	-	8.0	2.0	1.50	0.3	160.20				

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. Математическое описание импульсных систем автоматического управления

1.1. Классификация дискретных систем управления. Типовая структура импульсных систем

Виды квантования в дискретных системах управления. 2. Классификация от вида квантования. 3. Виды модуляции. Основные параметры импульсного элемента. 4. Функциональная блок-схема замкнутой ИСАУ.

1.2. Дискретные передаточные функции. Временные и частотные характеристики импульсных систем автоматического управления

Дискретное преобразование Лапласа и его свойства. 2. Дискретные передаточные функции. 3. Структурные схемы и их преобразования. 4. Получение дискретных передаточных функций по непрерывным передаточным функциям. Переходная и весовая функции. 2. Спектр сигнала при амплитудно-импульсной модуляции. 3. Частотные характеристики разомкнутой ИСАУ.

2. Анализ и синтез импульсных систем

2.1. Устойчивость импульсных систем

Критерии устойчивости. 2. Прямые показатели качества 3. Оценка точности.

2.2. Синтез импульсных систем

Постановка задачи синтеза. 2. Основные уравнения аналитического синтеза. 3. Синтез корректирующих устройств на основе ЛАЧХ.

3. Нелинейные САУ и их исследование методом фазовой плоскости

3.1. Понятие о нелинейных системах управления

Классификация нелинейных элементов. 2. Структурные схемы нелинейных систем. 3. Особенности нелинейных систем.

3.2. Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости

Фазовые траектории, виды фазовых портретов и типы особых точек. 2. Исследование динамики релейных систем. 3. Методы стабилизации нелинейных систем.

4. Гармоническая линеаризация и исследование нелинейных систем методом гармонического баланса

4.1. Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса

Эквивалентный комплексный коэффициент усиления. 2. Методика определения ЭККУ.

4.2. Определение свободных периодических колебаний методом гармонического баланса

Автоколебания в нелинейных системах. 2. Критерий Гольдфарба. 3. Определение параметров автоколебаний.

5. Устойчивость нелинейных систем

5.1. Исследование устойчивости нелинейных систем автоматического управления

Устойчивость по Ляпунову. 2. Первый и второй методы Ляпунова. 3. Критерий абсолютной устойчивости Попова.

5.2. Обобщения критерия абсолютной устойчивости

Параболический критерий Попова. 2. Критерий Чо-Нарендры. 3. Критерии Гелига и Цыпкина.

3.3. Темы практических занятий

1. Метод гармонической линеаризации;
2. Передаточные функции и структурные схемы ИСАУ;
3. Анализ ИСАУ;
4. Метод фазовой плоскости для анализа НСАУ;
5. Анализ устойчивости нелинейных САУ.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

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	
Знать:							
методы синтеза систем автоматического управления и области их практического применения	ИД-1ОПК-3	+					Решение задач/Передаточные функции формирователей импульсов
математические основы и подходы к линеаризации объектов автоматического регулирования	ИД-2ОПК-3					+	Тестирование/Устойчивость нелинейных систем
принципы и законы регулирования	ИД-1ОПК-4					+	Тестирование/Устойчивость нелинейных систем
принципы математического описания импульсных САУ	ИД-2ОПК-4	+					Решение задач/Передаточные функции формирователей импульсов
принципы математического описания основных элементов нелинейных САУ	ИД-2ОПК-9					+	Тестирование/Устойчивость нелинейных систем
Уметь:							
определять уравнения статики систем и строить их статические характеристики	ИД-1ОПК-3				+		Решение задач/Исследование нелинейных систем автоматического управ. методом гармонического баланса
применять методы для решения конкретных задач синтеза алгоритмов управления	ИД-2ОПК-3		+				Решение задач/Расчетное задание по Импульсным системам автоматического управления
классифицировать системы управления	ИД-1ОПК-4			+			Решение задач/Исследование релейных систем автоматического регулирования мет. фазовой плоск.
решать задачи аналитического характера при поиске наиболее приемлемого подхода к проектированию САУ	ИД-2ОПК-4			+			Решение задач/Исследование релейных систем автоматического регулирования мет. фазовой плоск.
применять методики и процедуры выполнения экспериментальных исследований свойств САУ	ИД-2ОПК-9		+				Решение задач/Расчетное задание по Импульсным системам 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

8 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Устойчивость нелинейных систем (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Исследование нелинейных систем автоматического управ. методом гармонического баланса (Решение задач)
2. Исследование релейных систем автоматического регулирования мет. фазовой плоск. (Решение задач)
3. Передаточные функции формирователей импульсов (Решение задач)
4. Расчетное задание по Импульсным системам автоматического управления (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для бакалавриата и специалитета вузов по инженерно-техническим направлениям / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. – М. : Юрайт, 2019. – 470 с. – (Бакалавр и специалист). – ISBN 978-5-534-06483-4.;
2. Д. П. Ким- "Теория автоматического управления", Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (312 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69278>;
3. 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>;
4. Коломейцева, М. Б. Основы теории импульсных и цифровых систем : учебное пособие по курсам "Теория управления", "Теория автоматического управления", "Основы теории цифрового управления" по направлениям "Автоматизация и управление", "Информатика и вычислительная техника", "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / М. Б. Коломейцева, В. М. Беседин, Т. В. Ягодкина, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 120 с. – ISBN 978-5-383-00120-2.;

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://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=11881>;

6. Гольдфарб, Л. С. Конспект лекций по курсу "Теория автоматического регулирования" / Л. С. Гольдфарб, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) ; Ред. Е. Б. Пастернак. – М., 1961-. Ч.1 : Линейные непрерывные системы автоматического регулирования / Л. С. Гольдфарб ; Ред. Е. Б. Пастернак. – переизд. – 1961. – 276 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibrary.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий,	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в

КР и КП		Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория автоматического управления

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Передаточные функции формирователей импульсов (Решение задач)
 КМ-3 Расчетное задание по Импульсным системам автоматического управления (Решение задач)
 КМ-4 Исследование релейных систем автоматического регулирования мет. фазовой плоск. (Решение задач)
 КМ-5 Исследование нелинейных систем автоматического управ. методом гармонического баланса (Решение задач)
 КМ-6 Устойчивость нелинейных систем (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	12	16
1	Математическое описание импульсных систем автоматического управления						
1.1	Классификация дискретных систем управления. Типовая структура импульсных систем		+				
1.2	Дискретные передаточные функции. Временные и частотные характеристики импульсных систем автоматического управления		+				
2	Анализ и синтез импульсных систем						
2.1	Устойчивость импульсных систем			+			
2.2	Синтез импульсных систем			+			
3	Нелинейные САУ и их исследование методом фазовой плоскости						
3.1	Понятие о нелинейных системах управления				+		
3.2	Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости				+		
4	Гармоническая линеаризация и исследование нелинейных систем методом гармонического баланса						
4.1	Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса					+	
4.2	Определение свободных периодических колебаний методом гармонического баланса					+	

5	Устойчивость нелинейных систем					
5.1	Исследование устойчивости нелинейных систем автоматического управления					+
5.2	Обобщения критерия абсолютной устойчивости					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20