

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

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	1 семестр - 111,7 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

И.В. Меркурьев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины является изучение основных положений и методов теории автоматического управления применительно к механическим и гибридным системам.

Задачи дисциплины

- изучение основных терминов, определений и методов теории автоматического управления;
- получение опыта проектирования и настройки качественных систем управления в прикладных задачах динамики;
- решение задач управления техническими системами с помощью современных математических программных комплексов.

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-1 Готов участвовать в научных и расчетно-экспериментальных исследованиях объектов профессиональной деятельности с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности	ИД-7 _{ПК-1} Способен применять методы теории управления при проектировании управляемых объектов профессиональной деятельности	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- основные методы анализа и синтеза линейных стационарных систем управления с отрицательной обратной связью;- методы представления и анализа систем управления в частотной и временной областях;- состав и понятие функциональной схемы системы управления;- принципы регулирования в системах с отрицательной обратной связью;- основы оптимального управления. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- разрабатывать модели систем управления в частотной и временной областях и исследовать их свойства;- разрабатывать функциональные схемы систем управления;- синтезировать регуляторы с использованием MATLAB Control ToolBox;- анализировать линейные стационарные системы управления с отрицательной обратной связью, определять параметры качества;- разрабатывать системы с оптимальным линейно-квадратичным регулятором.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.04.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные положения механики материалов и конструкций, теории колебаний и аналитической динамики
- знать математический анализ, линейную алгебру и теорию дифференциальных уравнений
- уметь применять математический программный комплекс MATLAB, разрабатывать программные коды для решения задач динамики

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 4 зачетных единицы, 144 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 в теорию управления	10	1	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] гл.1, стр. 3-11, [4] гл.1, стр. 18-45</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение задачи №1 расчетного задания [3]</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], Г.1. Введение</p>		
1.1	Введение в теорию управления	9		1	-	2	-	-	-	-	-	6	-			
1.2	История теории управления	1		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
2	Математические модели систем управления	44		4	-	4	-	-	-	-	-	-	36		-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] гл.2 стр. 12-28, [2] гл.3, стр. 41-47, [4] гл.2, стр.52-135, [7] гл.6, стр.191-217</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение задач № 2-5 расчетного задания [3]</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-72 [3], 1-20 [7], 68-80, 105-133, 191-217</p>
2.1	Описание и анализ систем управления в частотном пространстве. Часть 1	10		1	-	1	-	-	-	-	-	8	-			
2.2	Описание и анализ систем управления в частотном пространстве. Часть 2	12		1	-	1	-	-	-	-	-	10	-			
2.3	Описание и анализ систем управления в пространстве состояния. Часть 1	10		1	-	1	-	-	-	-	-	8	-			
2.4	Описание и анализ систем управления в пространстве состояния. Часть 2	12	1	-	1	-	-	-	-	-	10	-				

3	Системы управления с обратной связью	24	4	-	4	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] гл. 3, стр. 32-42, [4] гл.1, стр.143-199 <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение задачи №6 расчетного задания [3] <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], Том 2 [7], 200-217
3.1	Системы управления с обратной связью	12	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
3.2	Устойчивость линейных систем с обратной связью	12	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
4	Синтез регуляторов	20	2	-	2	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2] гл.4, стр. 28-61, [5] гл.1, стр.24-27, [7] гл.9, стр.315-362 <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение задачи №7 расчетного задания [3] <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], 124-155
4.1	Синтез регуляторов	10	1	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
4.2	Метод корневого годографа	10	1	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
5	Оптимальное управление	28	4	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [6] гл.1-3, стр. 21-137 <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение задачи №8 расчетного задания [3] <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 1-80
5.1	Оптимальный регулятор	12	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
5.2	Линейно-квадратичный регулятор	16	2	-	2	-	-	-	-	-	12	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	94	17.7	
	Итого за семестр	144.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	111.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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 в теорию управления

1.1. Введение в теорию управления

Основные понятия теории управления. Теория управления и информация. Типовая функциональная схема системы автоматического управления. Типы САУ. Примеры современных систем управления..

1.2. История теории управления

Историческая справка.

2. Математические модели систем управления

2.1. Описание и анализ систем управления в частотном пространстве. Часть 1

2.1. Математические модели систем управления 2.2. Преобразование Лапласа 2.3. Пример. Тело на вязко-упругом подвесе 2.4. Передаточная функция.

2.2. Описание и анализ систем управления в частотном пространстве. Часть 2

3.1. Частотные характеристики 3.2. Логарифмические частотные характеристики 3.3. Показатели частотных характеристик 3.4. Типы звеньев в системах управления 3.5. SISO- и МИМО-системы.

2.3. Описание и анализ систем управления в пространстве состояния. Часть 1

4.1. Модели систем в пространстве состояния 4.2. Уравнение состояния в канонической форме 4.3. Управляемость и наблюдаемость 4.4. Матрица перехода.

2.4. Описание и анализ систем управления в пространстве состояния. Часть 2

5.1. Переходные и установившиеся процессы 5.2. Переходная характеристика и импульсная переходная функция 5.3. Коэффициент затухания.

3. Системы управления с обратной связью

3.1. Системы управления с обратной связью

Структурные схемы систем управления. Чувствительность систем управления к изменению параметров..

3.2. Устойчивость линейных систем с обратной связью

Устойчивость линейных систем с обратной связью. Критерий устойчивости Найквиста-Михайлова. Запасы устойчивости. Плюсы и минусы обратной связи.

4. Синтез регуляторов

4.1. Синтез регуляторов

Регуляторы в системах управления. Способы регулирования и синтеза регуляторов в системах управления.

4.2. Метод корневого годографа

Метод корневого годографа.

5. Оптимальное управление

5.1. Оптимальный регулятор

Понятие оптимального регулятора.

5.2. Линейно-квадратичный регулятор

Линейно-квадратичный регулятор. Уравнение Риккати и его решение. Моделирование динамических систем с линейно-квадратичным регулятором.

3.3. Темы практических занятий

1. Разработка полуактивного динамического гасителя для снижения сейсмической нагрузки на здание
 - 8.1. Синтез оптимального линейно-квадратичного регулятора
 - 8.2. Задание 8 и контрольные вопросы;
2. Анализ систем управления методом корневого годографа
 - 7.1. SISO Design Tool для синтеза и анализа систем управления
 - 7.2. Задание 7 и контрольные вопросы;
3. Анализ устойчивости системы управления
 - 6.1. Применение критерия Найквиста-Михайлова для анализа устойчивости систем управления
 - 6.2. Задание 6 и контрольные вопросы;
4. Настройка динамического гасителя для снижения сейсмических нагрузок на здание
 - 5.1. Применение динамических гасителей в современных технических объектах
 - 5.2. Модель трехэтажного здания с пассивным одномассовым гасителем
 - 5.3. Задание 5 и контрольные вопросы;
5. Переходные процессы
 - 4.1. Определение параметров качества систем управления
 - 4.2. Моделирование в Simulink
 - 4.3. Задание 4 и контрольные вопросы;
6. Динамические гасители колебаний и их свойства
 - 3.1. Передаточные функции многомерных систем управления
 - 3.2. Анализ моделей в LTI Viewer
 - 3.3. Задание 3 и контрольные вопросы;
7. Подбор параметров виброизоляторов
 - 2.1. Определение передаточной функции динамической системы
 - 2.2. Представление и анализ модели в виде передаточной функции в Control Toolbox
 - 2.3. Задание 2 и контрольные вопросы;
8. Функциональные схемы систем управления
 - 1.1. Система слежения за положением Солнца
 - 1.2. Система управления позиционированием магнитной головки в жестком диске
 - 1.3. Задание 1 и контрольные вопросы.

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:							
основы оптимального управления	ИД-7 _{ПК-1}					+	Решение задач/Контроль выполнения задачи 7, 8 расчетного задания
принципы регулирования в системах с отрицательной обратной связью	ИД-7 _{ПК-1}				+		Решение задач/Контроль выполнения задачи 7, 8 расчетного задания
состав и понятие функциональной схемы системы управления	ИД-7 _{ПК-1}	+					Решение задач/Контроль выполнения задачи 1 расчетного задания
методы представления и анализа систем управления в частотной и временной областях	ИД-7 _{ПК-1}		+				Решение задач/Контроль выполнения задач 2, 3, 4 расчетного задания
основные методы анализа и синтеза линейных стационарных систем управления с отрицательной обратной связью	ИД-7 _{ПК-1}			+			Решение задач/Контроль выполнения задач 5, 6 расчетного задания
Уметь:							
разрабатывать системы с оптимальным линейно-квадратичным регулятором	ИД-7 _{ПК-1}					+	Решение задач/Контроль выполнения задачи 7, 8 расчетного задания
анализировать линейные стационарные системы управления с отрицательной обратной связью, определять параметры качества	ИД-7 _{ПК-1}			+			Решение задач/Контроль выполнения задач 5, 6 расчетного задания
синтезировать регуляторы с использованием MATLAB Control ToolBox	ИД-7 _{ПК-1}				+		Решение задач/Контроль выполнения задачи 7, 8 расчетного задания
разрабатывать функциональные схемы систем управления	ИД-7 _{ПК-1}	+					Решение задач/Контроль

							выполнения задачи 1 расчетного задания
разрабатывать модели систем управления в частотной и временной областях и исследовать их свойства	ИД-7 _{ПК-1}		+				Решение задач/Контроль выполнения задач 2, 3, 4 расчетного задания

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. Контроль выполнения задач 2, 3, 4 расчетного задания (Решение задач)
2. Контроль выполнения задач 5, 6 расчетного задания (Решение задач)
3. Контроль выполнения задачи 1 расчетного задания (Решение задач)
4. Контроль выполнения задачи 7, 8 расчетного задания (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ластовирия, В. Н. Введение в теорию автоматического управления : Учебное пособие по курсам "Автоматическое управление технологическими процессами", "Управление техническими системами" по специальности "Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов" / В. Н. Ластовирия, В. О. Бушма, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 72 с. - ISBN 5-7046-1011-0 .;
2. Адамов, Б. И. Исследование линейных стационарных систем автоматического управления : учебное пособие по курсу "Теория автоматического управления" по направлениям "Прикладная механика", "Мехатроника и робототехника" / Б. И. Адамов, А. Б. Гавриленко, И. В. Меркурьев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 80 с. - ISBN 978-5-7046-1833-1 .
[http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=9188;](http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=9188)
3. Позняк, Е. В. Управление колебаниями в механических системах : методическое пособие по курсу "Основы теории управления" по направлению "Прикладная механика" / Е. В. Позняк, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 20 с.;
4. Методы классической и современной теории автоматического управления: В 5 т. Т.1.: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления : Учебник для вузов по машиностроительным и приборостроительным специальностям / Ред. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004 . – 656 с. - ISBN 5-7038-2189-4 .;
5. Методы классической и современной теории автоматического управления: В 3 т. Т.3.: Методы современной теории автоматического управления : Учебник для вузов по машиностроительным и приборостроительным специальностям / Ред. Н. Д. Егупов . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000 . – 748 с. - ISBN 5-7038-1632-7 .;

6. Методы классической и современной теории автоматического управления: В 5 т. Т.4.: Теория оптимизации систем автоматического управления : Учебник для вузов по машиностроительным и приборостроительным специальностям / Ред. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004 . – 744 с. - ISBN 5-7038-2192-4 .;

7. Гайдук А. Р., Беляев В. Е., Пьявченко Т. А.- "Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2017 - (464 с.)
<https://e.lanbook.com/book/90161>.

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. Python.

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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-112, Лаборатория вычислительной механики	стол, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет,

	обслуживания учебной литературой	компьютер персональный
	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-110/1, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление техническими системами

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контроль выполнения задачи 1 расчетного задания (Решение задач)
 КМ-2 Контроль выполнения задач 2, 3, 4 расчетного задания (Решение задач)
 КМ-3 Контроль выполнения задач 5, 6 расчетного задания (Решение задач)
 КМ-4 Контроль выполнения задачи 7, 8 расчетного задания (Решение задач)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Введение в теорию управления					
1.1	Введение в теорию управления		+			
1.2	История теории управления		+			
2	Математические модели систем управления					
2.1	Описание и анализ систем управления в частотном пространстве. Часть 1			+		
2.2	Описание и анализ систем управления в частотном пространстве. Часть 2			+		
2.3	Описание и анализ систем управления в пространстве состояния. Часть 1			+		
2.4	Описание и анализ систем управления в пространстве состояния. Часть 2			+		
3	Системы управления с обратной связью					
3.1	Системы управления с обратной связью				+	
3.2	Устойчивость линейных систем с обратной связью				+	
4	Синтез регуляторов					
4.1	Синтез регуляторов					+
4.2	Метод корневого годографа					+
5	Оптимальное управление					

5.1	Оптимальный регулятор				+
5.2	Линейно-квадратичный регулятор				+
Вес КМ, %:		10	30	30	30