

**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**  
**ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	Вариативная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.В.08.01.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	2 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 89,2 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	2 семестр - 15,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	2 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;
<b>Защита курсовой работы</b>	2 семестр - 0,3 часа;
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение основных положений и методов оптимального управления механическими системами.

### Задачи дисциплины

- изучение основных терминов, определений и методов теории оптимального 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-14 способностью проектировать машины и конструкции с учетом требований обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин		знать: - состав и понятие функциональной схемы системы управления; - основы оптимального управления.  уметь: - разрабатывать функциональные схемы систем управления; - разрабатывать системы с оптимальным линейно-квадратичным регулятором.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока дисциплин 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 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	12	2	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b>Подготовка курсовой работы:</b> Выполнение задания №1 КР</p> <p><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b> [1] гл.1, стр. 3-11, [4] гл.1, стр. 18-45</p> <p><b>Изучение материалов литературных источников:</b> [2], Т.1. Введение</p>	
1.1	Введение в теорию управления	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-		
2	Математические модели систем управления	32		8	-	8	-	-	-	-	-	16	-		<p><b>Подготовка курсовой работы:</b> Выполнение заданий № 2-5 КР</p> <p><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b> [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><b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], 1-72 [4], 68-80, 105-133, 191-217</p>
2.1	Описание и анализ систем управления в частотном пространстве	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
2.2	Описание и анализ систем управления в пространстве состояния	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
3	Оптимальное управление	28		6	-	6	-	-	-	-	-	16	-		<p><b>Подготовка курсовой работы:</b> Выполнение задания №6 КР</p> <p><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b> [6] гл.1-3, стр. 21-137</p> <p><b>Изучение материалов литературных источников:</b> [3], 1-80</p>
3.1	Оптимальный регулятор	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
3.2	Линейно-квадратичный регулятор	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-		
	Экзамен	36.0			-	-	-	-	2	-	-	0.5	-		33.5

	Курсовая работа (КР)	36.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>55.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>89.2</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. 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..

#### 2. Математические модели систем управления

##### 2.1. Описание и анализ систем управления в частотном пространстве

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

##### 2.2. Описание и анализ систем управления в пространстве состояния

Модели систем в пространстве состояния. Уравнение состояния в канонической форме. Управляемость и наблюдаемость. Матрица перехода.

#### 3. Оптимальное управление

##### 3.1. Оптимальный регулятор

Понятие оптимального регулятора.

##### 3.2. Линейно-квадратичный регулятор

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

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Подбор параметров механических систем;
2. Анализ систем управления методом корневого годографа;
3. Анализ устойчивости системы управления;
4. Переходные процессы;
5. Динамические гасители колебаний и их свойства;
6. Функциональные схемы систем управления.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

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 "Введение в теорию 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 "Математические модели систем управления"

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 "Оптимальное управление"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Введение в теорию управления"
2. Консультации проводятся по разделу "Математические модели систем управления"
3. Консультации проводятся по разделу "Оптимальное управление"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 2 Семестр

Курсовая работа (КР)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 2	3 - 4	5 - 9	10 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	2	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	30	30	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	40	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием и методическими указаниями на курсовую работу
2	Текущий ход выполнения курсовой 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	
<b>Знать:</b>					
основы оптимального управления	ПК-14(Компетенция)	+			Контрольная работа/КМ 1
состав и понятие функциональной схемы системы управления	ПК-14(Компетенция)	+			Контрольная работа/КМ 1
<b>Уметь:</b>					
разрабатывать системы с оптимальным линейно-квадратичным регулятором	ПК-14(Компетенция)		+		Контрольная работа/КМ 2
разрабатывать функциональные схемы систем управления	ПК-14(Компетенция)			+	Контрольная работа/КМ 3



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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ 1 (Контрольная работа)
2. КМ 2 (Контрольная работа)
3. КМ 3 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №2)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 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. 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 .;
3. 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 .;
4. 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. Майнд Видеоконференции;
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](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>
7. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Б-113, Лаборатория "Кафедральная вычислительная лаборатория"	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-113, Лаборатория "Кафедральная вычислительная лаборатория"	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
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	Б-110/1, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Оптимальное управление

(название дисциплины)

## 2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ 1 (Контрольная работа)

КМ-2 КМ 2 (Контрольная работа)

КМ-3 КМ 3 (Контрольная работа)

## Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	15
1	Введение в теорию управления				
1.1	Введение в теорию управления		+		
2	Математические модели систем управления				
2.1	Описание и анализ систем управления в частотном пространстве			+	
2.2	Описание и анализ систем управления в пространстве состояния			+	
3	Оптимальное управление				
3.1	Оптимальный регулятор				+
3.2	Линейно-квадратичный регулятор				+
Вес КМ, %:			20	40	40

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

**Оптимальное управление**

(название дисциплины)

**2 семестр**

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

- КМ-1 Начало выполнения КР
- КМ-2 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 Соблюдение графика выполнения КР

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	2	4	9	15
1	Ознакомление с заданием и методическими указаниями на курсовую работу		+			
2	Текущий ход выполнения курсовой работы			+	+	+
Вес КМ, %:			10	30	30	30