

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

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

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.Э. Цой

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

И.В. Меркурьев

(расшифровка подписи)

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>Подготовка курсовой работы: Выполнение задания №1 КР</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала: [1] гл.1, стр. 3-11, [4] гл.1, стр. 18-45</p> <p>Изучение материалов литературных источников: [2], Т.1. Введение</p> <p>Подготовка курсовой работы: Выполнение заданий № 2-5 КР</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала: [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>Изучение материалов литературных источников: [1], 1-72 [4], 68-80, 105-133, 191-217</p> <p>Подготовка курсовой работы: Выполнение задания №6 КР</p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала: [6] гл.1-3, стр. 21-137</p> <p>Изучение материалов литературных источников: [3], 1-80</p> | |
| 1.1 | Введение в теорию управления | 12 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - |
| 2 | Математические модели систем управления | 32 | | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 16 | | - |
| 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 | | - |
| 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 | - | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 16 | - | 16 | 16 | 2 | 4 | - | 0.8 | 55.7 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 16 | - | 16 | 18 | | 4 | | 0.8 | 89.2 | | |

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. Анализ систем управления методом корневого годографа;
2. Анализ устойчивости системы управления;
3. Переходные процессы;
4. Динамические гасители колебаний и их свойства;
5. Подбор параметров механических систем;
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 | |
| Знать: | | | | | |
| основы оптимального управления | ПК-14(Компетенция) | + | | | Контрольная работа/КМ 1 |
| состав и понятие функциональной схемы системы управления | ПК-14(Компетенция) | + | | | Контрольная работа/КМ 1 |
| Уметь: | | | | | |
| 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
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-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-411, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, 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 |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Б-06а, Учебная лаборатория | стеллаж для хранения книг |

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 |