

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

Направление подготовки/специальность: 27.04.04 Управление в технических системах

Наименование образовательной программы: Управление и информатика в технических системах

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 129,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Лабораторная работа Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сидорова Е.Ю.
	Идентификатор	R0dee6ce9-SidorovaYY-923dc6a8

(подпись)

Е.Ю. Сидорова

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(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)

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: формирование знаний о методах решения задач оптимизации систем автоматического управления (САУ)

Задачи дисциплины

- освоение вариационного метода определения оптимального управления техническими системами;
- приобретение навыков решения задач оптимизации САУ с применением принципа максимума Понтрягина и принципа динамического программирования;
- освоение метода оптимизации многошаговых процессов на основе принципа Беллмана.

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 управления в технических системах и обосновывать методы их решения	ИД-1 _{ОПК-2} Демонстрирует знание методов решения задач управления в технических системах	знать: - основные определения и термины теории оптимального управления. уметь: - применять метод динамического программирования для решение дискретных задач оптимизации.
ОПК-8 Способен выбирать методы и разрабатывать системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами	ИД-1 _{ОПК-8} Демонстрирует знание принципов, алгоритмов и методов управления процессами сложных технических объектов	знать: - уравнения Эйлера-Лагранжа как необходимые условия задач оптимизации систем автоматического управления. уметь: - формировать уравнения необходимых условий и производить расчеты оптимальных законов управления.
ОПК-8 Способен выбирать методы и разрабатывать системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами	ИД-2 _{ОПК-8} Может обоснованно выбирать методы управления процессами сложных технических объектов, разрабатывать функциональные и структурные схемы систем управления	знать: - содержательные элементы формирования гамильтониана для определения условий оптимизации принципа максимума. уметь: - на основании исходных данных задачи обоснованно избирать оптимальный допустимый метод решения и согласно методу составлять уравнения для определения оптимального управления.

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 27.04.04 Управление в технических системах, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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	Постановка и формализация задач оптимального управления	14	1	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Подготовка к тесту на знание основных терминов теории оптимального управления <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 277-284 [2], стр. 4-11 [3], стр. 11-15	
1.1	Постановка и формализация задач оптимального управления	14		4	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
2	Методы классического вариационного исчисления	40		12	4	-	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе «Решение задач оптимального управления» <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе № 1 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 285-296 [2], стр. 11-32 [3], стр. 22-50
2.1	Методы классического вариационного исчисления	40		12	4	-	-	-	-	-	-	-	24	-	
3	Принцип максимума	56		10	8	-	-	-	-	-	-	-	38	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе «Решение задач оптимального управления» <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторным работам № 2 и 3 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 297-307 [2], стр. 33-46 [3], стр. 51-76
3.1	Принцип максимума	56		10	8	-	-	-	-	-	-	-	38	-	

4	Метод динамического программирования	34		6	4	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Подготовка к контрольной работе «Решение задач оптимального управления» <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе № 4 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 307-315 [2], стр. 47-71 [3], стр. 121-140
4.1	Метод динамического программирования	34		6	4	-	-	-	-	-	-	24	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	96	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	16	-	2	-	-	0.5		129.5		

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. Постановка и формализация задач оптимального управления

1.1. Постановка и формализация задач оптимального управления

Постановка задачи оптимального управления (ЗОУ). Пример постановки ЗОУ. Классификация задач оптимального управления..

2. Методы классического вариационного исчисления

2.1. Методы классического вариационного исчисления

Методы классического вариационного исчисления в задачах оптимального управления. Необходимые условия экстремума функционала (вывод). Каноническая форма записи уравнений Эйлера-Лагранжа. Задачи с закрепленными и свободными концами и интегральными ограничениями..

3. Принцип максимума

3.1. Принцип максимума

Принцип максимума для ЗОУ с закрепленными концами траектории и фиксированным временем (вывод). Принцип максимума для линейных объектов управления, теорема об p -интервалах. Теорема принципа максимума для задач Больца с интегральными ограничениями, подвижными концами и нефиксированным временем. Принцип максимума для задач оптимальности по быстродействию..

4. Метод динамического программирования

4.1. Метод динамического программирования

Метод динамического программирования для непрерывных и дискретных динамических систем. Каноническая форма записи необходимых условий оптимальности..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе уравнений Эйлера-Лагранжа;
2. Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе принципа максимума;
3. Задача оптимального быстродействия при сближении двух движущихся объектов;
4. Определение оптимальной стратегии для дискретного многошагового процесса.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Постановка и формализация задач оптимального управления"
2. Обсуждение материалов раздела "Методы классического вариационного исчисления"
3. Обсуждение материалов раздела "Принцип максимума"
4. Обсуждение материалов раздела "Метод динамического программирования"

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	
Знать:						
основные определения и термины теории оптимального управления	ИД-1 _{ОПК-2}	+	+			Тестирование/«Тест на знание основных терминов теории оптимального управления»
уравнения Эйлера-Лагранжа как необходимые условия задач оптимизации систем автоматического управления	ИД-1 _{ОПК-8}	+	+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 «Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе уравнений Эйлера-Лагранжа»
содержательные элементы формирования гамильтониана для определения условий оптимизации принципа максимума	ИД-2 _{ОПК-8}	+		+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2 «Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе принципа максимума»
Уметь:						
применять метод динамического программирования для решение дискретных задач оптимизации	ИД-1 _{ОПК-2}	+			+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 4 «Определение оптимальной стратегии для дискретного многошагового процесса»
формировать уравнения необходимых условий и производить расчеты оптимальных законов управления	ИД-1 _{ОПК-8}	+		+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 3 «Задача оптимального быстрогодействия при сближении двух движущихся объектов»
на основании исходных данных задачи обоснованно избирать оптимальный допустимый метод решения и согласно методу составлять уравнения для определения оптимального управления	ИД-2 _{ОПК-8}	+	+	+	+	Контрольная работа/«Решение задач оптимального 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

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. «Тест на знание основных терминов теории оптимального управления» (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. «Решение задач оптимального управления» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 «Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе уравнений Эйлера-Лагранжа» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 2 «Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе принципа максимума» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 3 «Задача оптимального быстрогодействия при сближении двух движущихся объектов» (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы № 4 «Определение оптимальной стратегии для дискретного многошагового процесса» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

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

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", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Физматлит", Москва, 2007 - (440 с.)

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69280;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69280)

2. Коломейцева, М. Б. Адаптация и оптимизация в системах автоматического управления : 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, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 116 с. - ISBN 978-5-383-00440-1 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1662;

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.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. Майнд Видеоконференции.

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. 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
	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
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	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 проведения промежуточной аттестации	М-307, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, 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	М-305, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для

консультирования	каф. "УиИ"	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

Оптимальное управление

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Тест на знание основных терминов теории оптимального управления» (Тестирование)
- КМ-2 Защита лабораторной работы № 1 «Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе уравнений Эйлера-Лагранжа» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы № 2 «Необходимые условия для задачи оптимизации динамических систем на основе принципа максимума» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы № 3 «Задача оптимального быстрогодействия при сближении двух движущихся объектов» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы № 4 «Определение оптимальной стратегии для дискретного многошагового процесса» (Лабораторная работа)
- КМ-6 «Решение задач оптимального управления» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	12	12	15	15
1	Постановка и формализация задач оптимального управления							
1.1	Постановка и формализация задач оптимального управления		+	+	+	+	+	+
2	Методы классического вариационного исчисления							
2.1	Методы классического вариационного исчисления		+	+				+
3	Принцип максимума							
3.1	Принцип максимума				+	+		+
4	Метод динамического программирования							
4.1	Метод динамического программирования						+	+
Вес КМ, %:			20	15	15	15	15	20