

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Рябун Владимир Васильевич
Должность: Директор
Дата подписания: 18.07.2023 13:37:56
Уникальный программный ключ:
937d0b737ee35db03895d495a275a8aac5224805

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ТИ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО
Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ
Протокол № 3 от 29.06.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория оптимального управления

(наименование дисциплины)

Направление	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
подготовки	
Профиль подготовки	Программирование, информационные системы и телекоммуникации
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Семестр	6	Итого
Трудоемкость, кред.	4	4
Общий объем курса, час.	144	144
Лекции, час.	16	16
Практич. занятия, час.	16	16
Лаборат. работы, час.	8	8
В форме практической подготовки, час.	-	-
СРС, час.	59	59
КСР, час.	-	-
Форма контроля – экзамен	45	45

г. Лесной – 2023 г.

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Теория оптимального управления» дает знания об основных методах оптимизации систем управления и направлена на применение этих знаний для решения различных задач, в том числе связанных с профессиональной деятельностью.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебной дисциплины «Теория оптимального управления» является освоение студентами совокупности средств и способов деятельности, направленной на развитие умения оптимизации систем управления.

Главной **задачей** дисциплины является формирование у студентов представления о способах оптимизации и ее основных принципах.

Учебные задачи дисциплины:

В процессе изучения дисциплины студенты должны овладеть знаниями:

- об оптимизации систем управления;
- об основных принципах оптимизации;
- о методе динамического программирования;
- о методе Кротова.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Теория оптимального управления» изучается студентами третьего курса, входит в теоретический блок профессионального модуля раздела Б1, вариативной части учебного плана по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника» профиля подготовки «Программирование, информационные системы и телекоммуникации».

Дисциплина основывается на знании следующих дисциплин: «Математический анализ», «Математические основы теории систем» и др.

Изучение дисциплины необходимо для дальнейшего изучения таких дисциплин, как «Защита информации» и др.

Указанные связи и содержание дисциплины «Теория оптимального управления» дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии ОС ВО НИЯУ МИФИ, что обеспечивает соответственный теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения будущей деятельности бакалавра.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Процесс изучения дисциплины «Теория оптимального управления» направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-1; ПК-6.2.

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ПК-6.2	Способен разрабатывать и отлаживать программный код с

Код компетенции	Компетенция
	использованием различных языков программирования, определения и манипулирования данными

Индикаторами достижения компетенций являются:

Код компетенции	Код индикатора	Индикатор
ОПК-1	З- ОПК-1	Знать: основы математики, физики, вычислительной техники и программирования
	У- ОПК-1	Уметь: решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
	В- ОПК-1	Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности
ПК-6.2	З- ПК-6.2	Знать: основы программирования, теорию проектирования баз данных, основы математического моделирования, основные технологии программирования и способы отладки программного кода
	У- ПК-6.2	Уметь: описывать бизнес-модели объектов автоматизации, применять выбранные языки и среды программирования для написания программного кода, использовать прикладное программное обеспечение
	В- ПК-6.2	Владеть: навыками работы со средствами автоматизации разработки программ и СУБД

4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Код	Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих:	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
B26	Профессиональное воспитание	формирование ответственного и критического отношения к информации и информационным ресурсам	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования культуры решения изобретательских задач, развития логического мышления, путем вовлечения студентов в решение различных задач профессиональной деятельности; для формирования культуры обращения с информацией.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- выбор способов и методов решения простых задач с использованием стандартных программных средств (самостоятельная работа);
- защита собственных методов решений поставленных проблем на темы, связанные с лекционным материалом дисциплины (задания).

Перечисленные мероприятия направлены на:

- формирование навыков решения различных задач с использованием математических методов;
- развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в ак. часах				Обязат. текущий контроль успеваемости (форма, неделя)	Аттестация раздела (форма, неделя)	Максимальный балл за раздел
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа			
1	Раздел 1. Системы управления, их оптимизация.	1-8	8	8	4	28	ЛР1(5) ЛР2(7) ДЗ1(8)	КИ1(8)	40
2	Раздел 2 Метод динамического программирования. Решение задач оптимального управления	9-16	8	8	4	31	ЛР3(13) ЛР4(15) ДЗ2(16)	КИ2(16)	40
	Экзамен								20
	ИТОГО		16	16	8	59			100

НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Системы управления, их оптимизация.

1. Введение. Системы управления.

Моделирование экономических систем управления. Математическая модель управляемых систем. Допустимые управления. Линейные системы. Формула Коши.

2. Оптимизация систем управления.

Задача оптимизации функционала. Постановка задачи оптимального управления. Дискретные задачи оптимального управления. Примеры задач оптимального управления экономическими системами.

3. Принцип максимума Понтрягина.

Доказательство принципа максимума для простейшей задачи терминального управления. Принцип максимума для нелинейных систем. Условия трансверсальности при различных режимах. на концах оптимальной траектории. Задача с квадратичным функционалом. Принцип максимума для дискретных задач. Примеры решения задач оптимального управления с помощью принципа максимума.

Раздел 2 Метод динамического программирования. Решение задач оптимального управления.

4. Метод динамического программирования.

Динамическое программирование для линейной системы с квадратичным функционалом. Метод динамического программирования для нелинейных систем.

Схема Беллмана для дискретных задач. Примеры решения задач с помощью метода Беллмана.

5. Решение задач оптимального управления с помощью достаточных условий оптимальности (метод Кротова).

Достаточные условия оптимальности. Решение задачи, линейной по управлению. Задача оптимального развития.

Аудиторные занятия и бюджет времени на самостоятельную подготовку студента

№ п/п	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Самостоятельная работа
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1	Введение. Системы управления	2	-	-	3
2	Математическая модель управляемых систем	-	-	2	4
3	Допустимые управления	2	-	-	3
4	Задача оптимизации функционала	-	-	2	4
5	Постановка задачи оптимального управления. Дискретные задачи оптимального управления	2	2	-	3
6	Примеры задач оптимального управления экономическими системами	-	-	2	4
7	Принцип максимума для нелинейных систем	2	2	-	4
8	Принцип максимума для дискретных задач	-	-	2	3
9	Динамическое программирование для линейной системы с квадратичным функционалом	2	-	-	4
10	Метод динамического программирования для	-	-	2	4

№ п/п	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Самостоятельная работа
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
	нелинейных систем				
11	Схема Беллмана для дискретных задач	2	-	-	3
12	Примеры решения задач с помощью метода Беллмана	-	-	2	4
13	Достаточные условия оптимальности	2	2	-	4
14	Решение задачи, линейной по управлению	-	-	2	4
15	Задача оптимального развития	2	2	-	4
16	Метод Кротова	-	-	2	4
	Итого	16	8	16	59

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий и организации самостоятельной работы студентов используются:

1. Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу: (лекция-изложение, лекция-объяснение, практические занятия, лабораторные работы).

Использование традиционных технологий обеспечивает ориентирование студента в потоке информации, связанной с различными подходами к вопросам, рассматриваемым в пределах дисциплины; самоопределение в выборе оптимального пути и способов личностно-профессионального развития; систематизацию знаний, полученных студентами в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Практические занятия и лабораторные работы обеспечивают развитие и закрепление умений и навыков.

2. Интерактивные технологии обучения, предполагающие организацию обучения как продуктивной творческой деятельности в режиме взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем.

Использование интерактивных образовательных технологий способствует повышению интереса и мотивации учащихся, активизации мыслительной деятельности и творческого потенциала студентов, делает более эффективным усвоение материала, позволяет индивидуализировать обучение и ввести экстренную коррекцию знаний.

Организация самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы: закрепление знаний, полученных на занятиях. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы и интернет-источников для подготовки к практическим занятиям и выполнению контрольных мероприятий. Согласно рабочему плану, самостоятельная работа составляет 59 час.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО, ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
ОПК-1	З- ОПК-1	У- ОПК-1	В- ОПК-1	ЛР1-ЛР4, ДЗ1-ДЗ2, Экзамен
ПК-6.2	З- ПК-6.2	У- ПК-6.2	В- ПК-6.2	ЛР1-ЛР4, ДЗ1-ДЗ2, Экзамен

Шкала оценки за текущую аттестацию

Раздел	Форма текущего контроля	Максимальный балл	Максимальный балл за раздел
Раздел 1. Системы управления, их оптимизация.			40
Лабораторные работы	ЛР1-2	10	
Домашнее задание	ДЗ1	20	
Раздел 2 Метод динамического программирования. Решение задач оптимального управления			40
Лабораторные работы	ЛР3-4	10	
Домашнее задание	ДЗ1	20	
Итого			80

Шкала оценки за промежуточную аттестацию (экзамен)

За каждый вопрос (2 вопроса)

Критерии оценивания	Балл
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание, разъяснение особенностей применения теоретических знаний на практике, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя	10
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание, разъяснение особенностей применения теоретических знаний на практике	9
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике	8

Критерии оценивания	Балл
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике	7
Неполное знание основных понятий и определений, специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике	6
ИТОГО максимум	10
ИТОГО минимум	6

Шкала итоговой оценки за семестр

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 4-балльной шкале	Сумма баллов	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	F
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Сумма баллов	Оценка ECTS	Уровень приобретенных знаний по дисциплине
90-100	A	«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
85-89	B	«Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75-84	C	«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
65-74	D	«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60-64	E	«Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие

Сумма баллов	Оценка ECTS	Уровень приобретенных знаний по дисциплине
		предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	F	«Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Контрольные мероприятия, за которые студент получил 0 баллов (неявка в установленный срок), подлежат обязательной пересдаче. Сроки пересдач контрольных мероприятий в течение семестра определяет кафедра.

Студент, пропустивший контрольное мероприятие без уважительной причины или получивший за него неудовлетворительную оценку, после пересдачи контрольного мероприятия получает балл ниже установленного на 25%.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория оптимального управления»

1. Моделирование систем управления.
2. Математическая модель управляемых систем.
3. Допустимые управления.
4. Линейные системы.
5. Формула Коши.
6. Задача оптимизации функционала.
7. Постановка задачи оптимального управления.
8. Дискретные задачи оптимального управления.
9. Доказательство принципа максимума для простейшей задачи терминального управления.
10. Принцип максимума для нелинейных систем.
11. Условия трансверсальности при различных режимах на концах оптимальной траектории.
12. Задача с квадратичным функционалом.
13. Принцип максимума для дискретных задач.
14. Динамическое программирование для линейной системы с квадратичным функционалом.
15. Метод динамического программирования для нелинейных систем.
16. Схема Беллмана для дискретных задач.
17. Достаточные условия оптимальности.
18. Решение задачи, линейной по управлению.
19. Задача оптимального развития.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Оптимальное управление в технических системах. Практикум : учебное пособие / Е. А. Балашова, Ю. П. Барметов, В. К. Битюков, Е. А. Хромых ; под редакцией В. К. Битюков. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных

технологий, 2017. — 288 с. — ISBN 978-5-00032-307-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74014.html> (дата обращения: 25.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Теория оптимального управления : учебное пособие / И. П. Болодурина, Т. А. Огурцова, О. С. Арапова, Ю. П. Иванова. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 147 с. — ISBN 978-5-7410-1505-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69954.html> (дата обращения: 25.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Дополнительная литература

1. Лагоша, Б. А. Оптимальное управление в экономике : учебное пособие / Б. А. Лагоша. — Москва : Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. — 133 с. — ISBN 5-7764-0392-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/10731.html> (дата обращения: 25.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, В. В. Алексеев [и др.]. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 108 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64581.html> (дата обращения: 25.05.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Программное обеспечение:

1. MS Office.

LMS и Интернет-ресурсы:

1. Образовательный портал НИЯУ МИФИ . URL: <https://online.mephi.ru/>.
2. Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ URL: <http://library.mephi.ru/>.
3. Электронная информационно-образовательная среда ТИ НИЯУ МИФИ URL: <http://stud.mephi3.ru/>.
4. Электронно-библиотечная система URL: IPRbooks <https://www.iprbookshop.ru/>.
5. Курсы ведущих вузов России платформы Открытое образование <https://openedu.ru/>.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы, лабораторных занятий:

проектор Nec + экран (настенный), компьютер: процессор IntelPentium 4; оперативная память 4GBDDR3; монитор ЖК Benq 19,5", клавиатура, мышь, Adobe Reader

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ (<http://stud.mephi3.ru/>).

Каждый студент имеет доступ к электронно-библиотечной системе IPRbooks.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Автор: ст. преподаватель кафедры «Информационных технологий и прикладной математики» М.Ф. Соколов.