

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.2 Оптимальное управление динамическими системами»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки)

Оптимизация и оптимальное управление
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Год набора 2019

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра прикладной математики

наименование кафедры

протокол № 6 от "6" февраля 2019г.

Заведующий кафедрой

Кафедра прикладной математики

наименование кафедры



подпись

И.П. Болодурина

расшифровка подписи

Исполнители:

должность



подпись



Завалий М.В.

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

код наименование

личная подпись

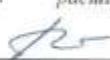


И.П. Болодурина

расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы

личная подпись



И.П. Болодурина

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись



Н.Н. Грицай

расшифровка подписи



Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись



расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Завалий М.В., 2019

© ОГУ, 2019

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины: рассмотрение общих принципов построения необходимых и достаточных условий оптимальности и их применение к исследованию задач оптимального управления динамическими процессами непрерывной и дискретной природы.

Задачи:

- освоение математических методов оптимального управления динамическими процессами;
- приобретение навыков построения приближенного оптимального решения и содержательной интерпретации результатов, полученных при управлении динамическими процессами.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.8 Оптимизация и численные методы*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.10 Современные проблемы прикладной математики и информатики, Б1.Д.В.3 Современные разделы теории управления, Б2.П.В.П.1 Научно-исследовательская работа*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива	ПК*-1-В-1 Понимает научную проблематику в соответствующей области знаний, выбирает методы проведения исследований и разработок ПК*-1-В-4 Применяет методы внедрения и контроля результатов исследований и разработок, методы анализа результатов исследований и разработок	Знать: объекты, области, виды будущей профессиональной деятельности; роль и место методов прикладной математики и информационных технологий в различных предметных областях и сферах человеческой деятельности Уметь: пользоваться приемами эффективного использования учебного времени, самоорганизации и контроля Владеть: мотивацией к обучению и последующему выполнению профессиональной деятельности; осознавать

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		социальную значимость своей будущей профессии
ПК*-2 Способен осуществлять выбор источников информации, планировать аналитические работы, определять необходимые технические средства для обработки данных	<p>ПК*-2-В-1 Имеет представление о методах, приемах, алгоритмах и способах сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям</p> <p>ПК*-2-В-2 Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации и обоснования выбора оптимальной стратегии</p>	<p><u>Знать:</u> современные математические методы и программное обеспечение, позволяющие решать современные задачи науки, техники, экономики и управления</p> <p><u>Уметь:</u> обработать собранную информацию с использованием информационных технологий; выполнить основной объем работ (провести исследование или выполнить технические разработки) в соответствии с выбранной темой и поставленным индивидуальным заданием</p> <p><u>Владеть:</u> навыками работы на современных компьютерах и исследовательском оборудовании; способностью к организации и проведению теоретических и экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;</p>
ПК*-3 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК*-3-В-1 Имеет представление об основных известных математических моделях практических задач в области проводимой научно-исследовательской работы</p> <p>ПК*-3-В-2 Понимает основные методологии научного познания, принципы построения математических моделей при решении прикладных задач</p> <p>ПК*-3-В-3 Разрабатывает методы, алгоритмы, математические модели по тематике проводимого научно-исследовательского направления</p> <p>ПК*-3-В-4 Разрабатывает концептуальную</p>	<p><u>Знать:</u> методы систематизации и обобщения научно-технической информации по теме исследований; основы организации научных исследований;</p> <p><u>Уметь:</u> предлагать пути решения и выбирать методику и средства проведения научных исследований; систематизировать и обобщать научно-</p>

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	модель прикладной области, выбирает инструментальные средства и технологии проектирования информационных систем; проводит формализацию и реализацию решения прикладных задач ПК*-3-В-5 Применяет основные принципы построения математических моделей при решении прикладных задач ПК*-3-В-6 Адаптирует базовые методы к решению нетипичных научных проблем и задач	техническую информацию по теме исследований Владеть: навыками изучения математической литературы; методикой построения, анализа и применения математических моделей

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Общая трудоёмкость	180	180
Контактная работа:	51,25	51,25
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - написание эссе (Э); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю	128,75	128,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Постановка задач оптимального управления		4	2		10
2	Необходимые условия оптимальности в задачах оптимального управления		6	4		16
3	Достаточные условия оптимальности в задачах оптимального управления		4	2		20
4	Метод динамического программирования для		4	2		14

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	дискретной задачи оптимального управления					
5	Достаточные условия оптимальности на основе двойственного метода		4	2	14	
6	Двойственный метод в дискретной задаче оптимального управления		4	2	20	
7	Существование оптимального управления		4		18	
8	Особые оптимальные управления		4	2	18	
	Итого:	180	34	16	130	
	Всего:	180	34	16	130	

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Постановка задач оптимального управления.

Постановка задач оптимального управления: уравнения модели; виды функционалов качества (задачи Лагранжа, Больца, Майера, задачи быстродействия, стабилизации, с нефиксированным временем); виды ограничений на траекторию; программное управление; виды ограничений на управление. Общая постановка задач оптимального управления. Определение допустимого процесса, оптимального решения. Задача оптимального управления с фазовыми и смешанными ограничениями. Разрывная задача оптимального управления.

Раздел 2 Необходимые условия оптимальности в задачах оптимального управления

Необходимые условия оптимальности для задачи со свободным правым концом и фиксированным временем. Необходимые условия оптимальности для задачи Больца. Алгоритм построения оптимального управления в случае его существования и единственности. Принцип максимума Понтрягина для задачи Майера со свободным правым концом и заданным временем. Принцип максимума Понтрягина для задачи Больца. Краевая задача принципа максимума. Алгоритм построения оптимального управления. Недостаточность принципа максимума. Метод множителей Лагранжа для задачи оптимального управления. Принцип максимума для задач с произвольным временем окончания процесса управления. Принцип максимума для задач с изопериметрическими ограничениями. Непрерывность функции Гамильтона на оптимальном управлении и траектории. Свойство производных функции Гамильтона. Метод множителей Лагранжа в дискретной задаче оптимального управления со смешанными ограничениями. Методы основанные на необходимых условиях оптимальности: итерационный метод, метод проекции градиента. Учет граничных условий и фазовых ограничений в дискретной задаче оптимального управления методом штрафных функций.

Раздел 3 Достаточные условия оптимальности в задачах оптимального управления.

Принцип динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана для непрерывной задачи оптимального управления. Управление-синтез, усеченная задача, функция Беллмана. Уравнение Беллмана для непрерывной ЗОУ, граничные условия. Теорема о достаточных условиях оптимальности синтеза. Алгоритм построения оптимального процесса на основе метода динамического программирования. Связь метода динамического программирования и принципа максимума. Дискретная аппроксимация.

Раздел 4 Метод динамического программирования для дискретной задачи оптимального управления.

Функция Беллмана для дискретной ЗОУ. Принцип перехода от дискретной ЗОУ к уравнению Беллмана. Схема Беллмана. Достаточное условие оптимальности для дискретной ЗОУ. Условия существования функции Беллмана и синтезирующей функции для дискретной ЗОУ. Достаточные условия оптимальности для непрерывной и дискретной задач оптимального управления, линейных по фазовым переменным, на основе построения функции Беллмана.

Раздел 5 Достаточные условия оптимальности на основе двойственного метода.

Сведение общей задачи оптимального управления к двойственной задаче. Неравенство Гамильтона – Якоби. Представление минимизируемого функционала. Теорема Кротова о достаточных условиях оптимальности. Функция Кротова. Достаточные условия в форме Кротова оптимальности минимизирующей последовательности. Этапы построения решения. Достаточные условия оптимальности в форме Кротова для задачи оптимального управления, линейной относительно фазовых координат.

Раздел 6 Двойственный метод в дискретной задаче оптимального управления.

Теорема Кротова о достаточных условиях оптимальности минимизирующей последовательности для дискретной ЗОУ. Достаточные условия в форме Кротова в случае существования оптимального процесса для дискретной ЗОУ. Виды достаточных условий в форме Кротова для дискретных ЗОУ. Связь между достаточными условиями в форме Кротова и методом динамического программирования для дискретных ЗОУ.

Раздел 7 Существование оптимального управления

Постановка задачи и основные предположения. Основная теорема о существовании оптимального управления. Анализ условий основной теоремы. Пример существенности выполнения условий основной теоремы.

Раздел 8 Особые оптимальные управления

Понятие особого оптимального управления для некоторой задачи оптимального управления. Особый режим. Построение особого оптимального управления. Необходимые условия оптимальности особого управления. Необходимые условия Келли оптимальности особого управления. Необходимые условия Коппа-Мойера. Примеры. Четеринг-режимы. Пример построения четеринг-режима для некоторой задачи.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Примеры построения конкретных моделей управляемых процессов экономической и физической природы. Простейшая система «хищник-жертва». Задача оптимального распределения капитальных вложений на заданном интервале планирования. Задача о прямолинейном движении управляемого физического объекта. Примеры построения конкретных моделей управляемых процессов экономической и физической природы. Простейшая система «хищник-жертва». Задача оптимального распределения капитальных вложений на заданном интервале планирования. Задача о прямолинейном движении управляемого физического объекта.	2
2	2	Нахождение оптимального программного управления на основе необходимых условий оптимальности.	2
3	2	Применение принципа максимума к решению непрерывных и дискретных задач.	2
4	3	Применение достаточных условий оптимальности к решению ЗОУ на основе метода динамического программирования Беллмана. Применение достаточных условий оптимальности к решению ЗОУ на основе метода динамического программирования Беллмана.	2
5	4	Применение метода динамического программирования Беллмана к решению задачи об очистке водоема от загрязнений органическими отходами.	2

6	5	Двойственный метод в непрерывных и дискретных задачах оптимального управления. Построение функций Кротова.	2
7	6	Численное решение ЗОУ экономикой на макроуровне на основе двойственного метода и построения функций Кротова. Численное решение ЗОУ экономикой на макроуровне на основе двойственного метода и построения функций Кротова.	2
8	8	Исследование особых оптимальных управлений для некоторых моделей оптимального управления. Выбор и оценка параметров моделей.	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Васильев, Ф. П. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебник / Ф. П. Васильев. – Изд. нов., перераб. и доп. – Москва : МЦНМО, 2011. – Ч. 1. Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование. – 620 с. – ISBN 978-5-94057-707-2. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313>

2. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами : учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, В.В. Алексеев и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 108 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277799>

3. Болодурина, И. П. Теория оптимального управления [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика / И. П. Болодурина [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2016. - ISBN 978-5-7410-1505-6. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/10770_20160608.pdf

4. Е.А. Андреева, И.П. Болодурина, О.С. Арапова, Т.А. Огурцова. Математическое моделирование и оптимальное управление: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 151 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Основы теории оптимального управления./В.Ф. Кротов, Б.А. Лагоша, С.М. Лобанов и др. – М.: Высш.шк., 1990.

2. Оптимальное управление [Электронный ресурс] / под ред. Н. П. Осмоловский, В. М. Тихомиров. – Москва : МЦНМО, 2008. – 320 с. – ISBN 978-5-94057-367-8. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63270> .

5.3 Периодические издания

1. Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018

5.4 Интернет-ресурсы

1. <http://exponenta.ru/> - Математический сайт с большим количеством методических материалов по высшей математике и математическим компьютерным пакетам;
2. <http://fizmatkniga.ru/> - Доставка книг (бумажных) по математике и физике;
3. <http://www.math.ru/> - Научно-популярный математический сайт;
4. <http://allmatematika.ru/> - Форум по математике;
5. <http://www.edu.ru/> - Федеральный портал «Российское образование»;
6. <http://www.orenport.ru/> - Региональный портал образовательного сообщества Оренбуржья;
7. <http://www.msu.ru> - Сайт Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Open Office/LibreOffice - свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.
3. Интегрированная система решения математических, инженерно-технических и научных задач PTC MathCAD 14.0

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой подключенной к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.