

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра прикладной математики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б.1.В.ОД.9 Теория оптимального управления»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

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

Общий профиль

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2017

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра прикладной математики

(подпись) кафедра

протокол № 6 от 9 февраля 2017.

Заведующий кафедрой

Кафедра прикладной математики

(подпись) кафедра

(подпись)

И.П. Болодурина

(подпись) кафедра

Исполнитель:

Зам. кафедры, профессор

(подпись)

(подпись)

И.П. Болодурина

(подпись) кафедра

(подпись)

(подпись)

(подпись) кафедра

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

(подпись) кафедра

(подпись) кафедра

(подпись)

И.П. Болодурина

(подпись) кафедра

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

(подпись)

Н.Н. Грицай

(подпись) кафедра

Уполномоченный по качеству факультета

(подпись)

(подпись)

(подпись) кафедра

№ регистрации 55624

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины: рассмотрение общих принципов построения необходимых и достаточных условий оптимальности, овладение навыками их применения к исследованию задач оптимального управления динамическими процессами непрерывной и дискретной природы, а также формирование у студента требуемого набора компетенций, соответствующих его направлению подготовки и обеспечивающих его конкурентоспособность на рынке труда.

Задачи:

- развитие представлений о современных проблемах прикладной математики и информатики и их связях с общими закономерностями теории оптимального управления;
- рассмотрение основных положений теории оптимального управления;
- 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 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.15 Дифференциальные уравнения, Б.1.Б.21 Методы оптимизации, Б.1.В.ОД.2 Элементы функционального анализа*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.В.ДВ.6.1 Стохастические методы в управлении, Б.1.В.ДВ.7.1 Математическое моделирование социальных и экономических систем*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
Знать: современные математические методы и программное обеспечение, позволяющие решать современные задачи оптимального управления. Уметь: обработать собранную информацию с использованием информационных технологий; ориентироваться в многообразии методов теории оптимального управления в зависимости от условий и предметной области; Владеть: навыками использования современных образовательных и информационных технологий для поиска и выбора методов оптимального управления в конкретных условиях	ОПК-2 способностью приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
Знать: основные задачи теории дифференциальных уравнений, базовые методы интегрирования дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, общую постановку и виды задач оптимизации, а также принципы построения и особенности организации программных комплексов оптимизации. Уметь: интегрировать дифференциальные уравнения и системы дифференциальных уравнений, выбирать метод оптимизации, его параметры для поставленной задачи, применять информационные технологии в процессе моделирования и решения экстремальных задач. Владеть: навыками разработки алгоритмических процедур и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и	ОПК-3 способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных,

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
имитационных моделей для решения экстремальных задач различных типов.	тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям
Знать: основные методы и алгоритмы, изучаемые в теории оптимального управления. Уметь: обрабатывать собранную информацию с использованием современных технологий, переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости постановку исходной проблемы своей профессиональной деятельности в задачу оптимального управления Владеть: способностью использовать полученные знания и навыки оптимального управления различными процессами в профессиональной деятельности.	ПК-3 способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
Знать: основы целеполагания и теории принятия оптимальных решений в профессиональной деятельности. Уметь: работать со всеми видами информации, выбрать в зависимости от требуемых целей методы оптимального управления, которые используются в профессиональной и социальной деятельности Владеть: способностью разрабатывать оптимальные стратегии в организационно-управленческой сфере профессиональной деятельности	ПК-8 способностью приобретать и использовать организационно-управленческие навыки в профессиональной и социальной деятельности

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	6 семестр	7 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	108	252
Контактная работа:	58,25	68,5	126,75
Лекции (Л)	30	34	64
Практические занятия (ПЗ)	14	16	30
Лабораторные работы (ЛР)	14	16	30
Консультации		1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа: - выполнение курсовой работы (КР); - самостоятельное изучение разделов (Непрерывность функции Гамильтона на оптимальном управлении и траектории. Свойство производных функции Гамильтона. Метод проекции градиента. Задачи вариационного исчисления); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного	85,75	39,5 +	125,25

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	6 семестр	7 семестр	всего
материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю.			
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	зачет	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Постановка задач оптимального управления	40	10	8	4	18
2	Необходимые условия оптимальности в задачах оптимального управления	34	12	6	-	16
3	Необходимые условия оптимальности в дискретных задачах оптимального управления	26	4	-	-	22
4	Численные алгоритмы решения задач оптимального управления	44	4	-	10	30
	Итого:	144	30	14	14	86

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
5	Линейная задача оптимального быстродействия	24	8	2	4	10
6	Связь принципа максимума и вариационного исчисления	16	6	2	-	8
7	Общая задача оптимального управления	30	12	8	-	10
8	Оптимальное управление при решении практических задач	38	8	4	12	14
	Итого:	108	34	16	16	42
	Всего:	252	64	30	30	128

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 Понtryгина для задачи Майера со свободным правом концом и заданным временем. Принцип максимума Понtryгина 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.

Раздел 3 Необходимые условия оптимальности в дискретных задачах оптимального управления.

Дискретный принцип максимума. Метод множителей Лагранжа в дискретной задаче оптимального управления со смешанными ограничениями.

Раздел 4 Численные алгоритмы решения задач оптимального управления.

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 5 Линейная задача оптимального быстрогодействия.

Постановка линейной задачи оптимального управления. Условие общности положения. Теорема о конечном числе переключений в оптимальном управлении. Теорема о количестве переключений для линейной задачи быстрогодействия. Достаточные условия оптимальности в линейной задаче быстрогодействия. Условия существования оптимального управления в линейной задаче оптимального быстрогодействия.

Раздел 6 Связь принципа максимума и вариационного исчисления.

Задачи вариационного исчисления. Необходимое условие Эйлера для решения вариационного исчисления. Возможные формулировки условий теоремы Эйлера. Связь теоремы Эйлера вариационного исчисления и теоремы Понtryгина оптимального управления. Задача Больца в вариационном исчислении

Раздел 7 Общая задача оптимального управления.

Первые обобщения. Задачи Больца, Майера, Лагранжа. Задачи с фиксированным или свободным конечным временем. Фиксированное конечное время. Свободное время окончания процесса. Доказательство необходимых условий оптимальности. Управляемость и существование решения. Задача на бесконечном интервале: постановка задачи, необходимые условия оптимальности управления, замечание. Автономные задачи ОУ. Измененный Гамильтониан в задачах ОУ с дисконтирующим множителем.

Раздел 8 Оптимальное управление при решении практических задач

Модель регулирования трудовыми ресурсами. Классический пример Понtryгина с лодкой. Модель Рамсея. Модель оптимального потребления. Задача оптимального управления инвестициями в двухсекторной экономике.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Программная реализация методов оценки параметров модели, описывающей динамику развития рекламной кампании.	2
2	1	Решение задачи календарного планирования производства методом прямой прогонки.	2
3	4	Численные методы решения задач оптимального управления с закрепленным левым и свободным правым концом на основе необходимых условий оптимальности. Итерационный метод.	4
4	4	Программная реализация дискретного принципа максимума в задаче оптимального управления с ограничениями на управление. Метод проекций градиентов.	6
5	5	Программная реализация задачи быстродействия	2
6	5	Учет граничных условий и фазовых ограничений в задаче оптимального управления методом штрафных функций.	2
7	8	Нахождения оптимального процесса для реальных задач.	12
		Итого:	30

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1-2	1	Простейшая система «хищник-жертва».	4
3	1	Примеры построения конкретных моделей управляемых процессов экономической и физической природы. Задача о прямолинейном движении управляемого физического объекта.	2
4	1	Задача оптимального распределения капитальных вложений на заданном интервале планирования.	2
5-7	2	Нахождение оптимального программного управления на основе необходимых условий оптимальности.	6
8	5	Линейная задача оптимального быстродействия.	2
9	6	Задача вариационного исчисления.	2
10-13	7	Применение принципа максимума к решению непрерывных и дискретных задач.	8
14-15	8	Решение задачи оптимального управления инвестициями в двухсекторной экономике.	4
		Итого:	30

4.5 Курсовая работа (7 семестр)

Целью курсового проектирования является моделирование реальных процессов и построение оптимальных режимов на основе методов теории оптимального управления, а также содержательная интерпретация полученных результатов.

Примерные темы курсовой работы:

- 1) Оптимальное управление процессом производства, хранения и реализации товаров;
- 2) Оптимизация процесса рыбной ловли;
- 3) Моделирование процесса распространения заболеваний;
- 4) Оптимальное управление трехотраслевой экономикой;
- 5) Оптимальная политика в области рекламной деятельности;
- 6) Оптимальное управление температурным режимом;

- 7) Управление процессом распространения заболеваний с помощью введения карантина;
- 8) Управление системой «хищник-жертва» с учетом внутривидовой конкуренции;
- 9) Моделирование процесса очистки воды от загрязнения органическими отходами.

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Андреева, Е. А. Вариационное исчисление и методы оптимизации [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева.- Изд. перераб. и доп. - Оренбург : ГОУ ОГУ ; Тверь : ТвГУ, 2004. - 575 с. - ISBN 5-7410-5412-5.
2. Лагоша, Б. А. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 080116 "Математические методы в экономике" / Б. А. Лагоша, Т. Г. Апалькова.- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Финансы и статистика, 2008. - 224 с. - ISBN 978-5-279-03183-2.
3. Андреева, Е. А. Математическое моделирование [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева. - Тверь : ТвГУ, 2004. - 502 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Осмоловский Н. П. 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> .
2. 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". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2.20 Мб). - Оренбург: ОГУ, 2016. - 146 с. Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/10770_20160608.pdf

5.3 Периодические издания

1. Информационно-измерительные и управляющие системы : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2017.
2. Информатика и системы управления : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2017.
3. Программные продукты и системы : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2017.

5.4 Интернет-ресурсы

- «Differential Equations for Engineers» [Электронный ресурс]: онлайн-курс на платформе <https://www.coursera.org> / Разработчик курса: The Hong Kong University of Science and Technology режим доступа: <https://www.coursera.org/learn/differential-equations-engineers?>

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

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. Springer [Электронный ресурс] : база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH . – Режим доступа : <https://link.springer.com/> в локальной сети ОГУ.

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.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория «*Наименование*» (при наличии), (компьютерный класс) оснащенная/ оснащенный (указывается конкретное оборудование и т.п.)

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