

МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого"
(ФГБОУ ВО "ТГПУ им. Л.Н. Толстого")

Вариационное исчисление и методы оптимизации

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	институт передовых информационных технологий
ОПОП	Направление 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии направленность (профиль) Большие данные и распределенная цифровая платформа
Квалификация	Бакалавр
Год начала подготовки	2023
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	4 з.е.

Виды контроля по семестрам:
зачет 4

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	4(2.2)		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	28	28	28	28
Практические	56	56	56	56
Итого ауд.	84	84	84	84
Контактная работа	98	98	98	98
Сам. работа	44	44	44	44
Часы на контроль	2	2	2	2
Практическая подготовка	0	0	0	0
Семинары	14	14	14	14
Консультации	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	158	158	158	158

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., доцент, Тамасян Г.Ш.

Рабочая программа дисциплины

Вариационное исчисление и методы оптимизации

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии (приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 г. № 808)

составлена на основании учебного плана:

Направление 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии
направленность (профиль) Большие данные и распределенная цифровая платформа
утвержденного Учёным советом вуза от 29.09.2022 протокол № 11.

РПД утверждена Учёным советом университета
протокол от 29.9.2022 г. № 11

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Ознакомить студентов с основными понятиями, методами и результатами этой науки и научить их применять соответствующие методы при решении конкретных практических задач. Отличительной особенностью данного курса является его изложение с использованием современного математического аппарата.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:		Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
1.	Математический анализ: функции многих переменных и ряды Фурье	
2.	Теория функций комплексной переменной	
3.	Алгебра	
4.	Геометрия	
5.	Дискретная математика	
6.	Математический анализ	
7.	Основы алгоритмов	
8.	Архитектура вычислительных систем	
9.	Математический анализ I	
10.	Математический анализ: функции многих переменных и ряды Фурье	
11.	Теория функций комплексной переменной	
12.	Алгебра	
13.	Геометрия	
14.	Дискретная математика	
15.	Математический анализ II	
16.	Основы алгоритмов	
17.	Архитектура вычислительных систем	
18.	Математический анализ I	
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
1.	Математическая статистика	
2.	Математическая физика	
3.	Наука о данных	
4.	Учебная практика (проектно-технологическая)	
5.	Вычисления общего назначения на видеокарте	
6.	Машинное обучение	
7.	Методы и средства научной визуализации	
8.	Методы оптимизации и исследование операций	
9.	Учебная практика (научно-исследовательская работа)	
10.	История развития математического моделирования	
11.	Нейросетевые технологии	
12.	Технологии и методологии онлайн образования	
13.	Философия (онлайн-курс)	
14.	Вариационные задачи обработки изображений	
15.	Высокопроизводительные вычисления и распараллеливание	
16.	Вычислительная статистика и статистические задачи машинного обучения	
17.	Компьютерные сети: безопасность и протоколы	
18.	Основы менеджмента	
19.	Право интеллектуальной собственности в цифровую эпоху (онлайн-курс)	
20.	Производственная практика (научно-исследовательская работа) (на английском языке)	
21.	Производственная практика (проектно-технологическая) (на английском языке)	
22.	Математическая статистика	
23.	Математическая физика	
24.	Наука о данных	
25.	Учебная практика (проектно-технологическая)	

26.	Вычисления общего назначения на видеокарте
27.	Машинное обучение
28.	Методы и средства научной визуализации
29.	Методы оптимизации и исследование операций
30.	Учебная практика (научно-исследовательская работа)
31.	Информационный поиск
32.	Нейросетевые технологии
33.	Философия (онлайн-курс)
34.	Вариационные задачи обработки изображений
35.	Основы менеджмента
36.	Право интеллектуальной собственности в цифровую эпоху (онлайн-курс)
37.	Производственная практика (научно-исследовательская работа) (на английском языке)

3. СООТНЕСЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) С ИНДИКАТОРАМИ ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

3.1 Компетенции обучающегося и индикаторы их достижения:

ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

ОПК-1.1	Применяет фундаментальные знания в области математических наук
	имеет навыки применения методы прикладной математики и информатики, для решения задач производственной и технологической деятельности
ОПК-1.2	Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты
ОПК-1.3	Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности

ПК-18: Способен к моделированию сложных нелинейных систем различной природы с отображением результатов на современные вычислительные комплексы

ПК-18.1	Понимает современный математический аппарат
	знает основные принципы теории оптимизации и вариационного исчисления, ознакомиться с элементами негладкого анализа
ПК-18.2	Выполняет задачи по моделированию сложных нелинейных систем различной природы с отображением результатов на современные вычислительные комплексы

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-1.1	Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие
	умеет работать с вариациями разного типа (классическими, игольчатыми), уметь выводить необходимые условия экстремума (типа Эйлера и Вейерштрасса), строить методы нахождения экстремумов в вариационных задачах при наличии ограничений (с помощью точных штрафных функций), пользоваться математическими пакетами
УК-1.2	Определяет информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	умеет работать с вариациями разного типа (классическими, игольчатыми), уметь выводить необходимые условия экстремума (типа Эйлера и Вейерштрасса), строить методы нахождения экстремумов в вариационных задачах при наличии ограничений (с помощью точных штрафных функций), пользоваться математическими пакетами
УК-1.3	Осуществляет по различным запросам поиск информации, необходимой для решения поставленной задачи
	умеет работать с вариациями разного типа (классическими, игольчатыми), уметь выводить необходимые условия экстремума (типа Эйлера и Вейерштрасса), строить методы нахождения экстремумов в вариационных задачах при наличии ограничений (с помощью точных штрафных функций), пользоваться математическими пакетами
УК-1.4	Оценивает достоинства, недостатки и последствия вариантов решения поставленных задач
	умеет работать с вариациями разного типа (классическими, игольчатыми), уметь выводить необходимые условия экстремума (типа Эйлера и Вейерштрасса), строить методы нахождения экстремумов в вариационных задачах при наличии ограничений (с помощью точных штрафных функций), пользоваться математическими пакетами
УК-1.5	Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения, решения и оценки
	умеет работать с вариациями разного типа (классическими, игольчатыми), уметь выводить необходимые

условия экстремума (типа Эйлера и Вейерштрасса), строить методы нахождения экстремумов в вариационных задачах при наличии ограничений (с помощью точных штрафных функций), пользоваться математическими пакетами

3.2 Результаты обучения по дисциплине:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

	Знать:
3.1	основные принципы теории оптимизации и вариационного исчисления, ознакомиться с элементами негладкого анализа
	Уметь:
У.1	работать с вариациями разного типа (классическими, игольчатыми), уметь выводить необходимые условия экстремума (типа Эйлера и Вейерштрасса), строить методы нахождения экстремумов в вариационных задачах при наличии ограничений (с помощью точных штрафных функций), пользоваться математическими пакетами
	Владеть:
В.1	применения методы прикладной математики и информатики, для решения задач производственной и технологической деятельности

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература	Содержание
	Глава 1				
1.1	Постановка задач оптимизации и их классификация. Выпуклые множества. Выпуклые конусы. Сопряженные конусы. Выпуклые функции. /Лек/	4	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9	Постановка задач оптимизации и их классификация. Выпуклые множества. Выпуклые конусы. Сопряженные конусы. Выпуклые функции.
1.2	Постановка задач оптимизации и их классификация. Выпуклые множества. Выпуклые конусы. Сопряженные конусы. Выпуклые функции. /Пр/	4	4		Постановка задач оптимизации и их классификация. Выпуклые множества. Выпуклые конусы. Сопряженные конусы. Выпуклые функции.
1.3	Постановка задач оптимизации и их классификация. Выпуклые множества. Выпуклые конусы. Сопряженные конусы. Выпуклые функции. /Ср/	4	4		Постановка задач оптимизации и их классификация. Выпуклые множества. Выпуклые конусы. Сопряженные конусы. Выпуклые функции.
	Глава 2				
2.1	Экстремум гладкой функции нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия оптимальности гладкой функции в задачах условной и безусловной оптимизации. Задача классической оптимизации. Функция Лагранжа. Принцип Лагранжа. /Лек/	4	2		Экстремум гладкой функции нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия оптимальности гладкой функции в задачах условной и безусловной оптимизации. Задача классической оптимизации. Функция Лагранжа. Принцип Лагранжа.

2.2	<p>Экстремум гладкой функции нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия оптимальности гладкой функции в задачах условной и безусловной оптимизации. Задача классической оптимизации. Функция Лагранжа. Принцип Лагранжа. /Пр/</p>	4	8		<p>Экстремум гладкой функции нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия оптимальности гладкой функции в задачах условной и безусловной оптимизации. Задача классической оптимизации. Функция Лагранжа. Принцип Лагранжа.</p>
2.3	<p>Экстремум гладкой функции нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия оптимальности гладкой функции в задачах условной и безусловной оптимизации. Задача классической оптимизации. Функция Лагранжа. Принцип Лагранжа. /Ср/</p>	4	6		<p>Экстремум гладкой функции нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия оптимальности гладкой функции в задачах условной и безусловной оптимизации. Задача классической оптимизации. Функция Лагранжа. Принцип Лагранжа.</p>
	Глава 3				
3.1	<p>Задача нелинейного программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Градиентные методы. Алгоритмы минимизации градиентными методами дифференцируемых функций. Правила выбора шагового множителя. Сопряженные направления. Методы сопряженных градиентов. /Лек/</p>	4	2		<p>Задача нелинейного программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Градиентные методы. Алгоритмы минимизации градиентными методами дифференцируемых функций. Правила выбора шагового множителя. Сопряженные направления. Методы сопряженных градиентов.</p>
3.2	<p>Задача нелинейного программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Градиентные методы. Алгоритмы минимизации градиентными методами дифференцируемых функций. Правила выбора шагового множителя. Сопряженные направления. Методы сопряженных градиентов. /Пр/</p>	4	6		<p>Задача нелинейного программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Градиентные методы. Алгоритмы минимизации градиентными методами дифференцируемых функций. Правила выбора шагового множителя. Сопряженные направления. Методы сопряженных градиентов.</p>

3.3	Задача нелинейного программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Градиентные методы. Алгоритмы минимизации градиентными методами дифференцируемых функций. Правила выбора шагового множителя. Сопряженные направления. Методы сопряженных градиентов. /Ср/	4	6		Задача нелинейного программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Градиентные методы. Алгоритмы минимизации градиентными методами дифференцируемых функций. Правила выбора шагового множителя. Сопряженные направления. Методы сопряженных градиентов.
	Глава 4				
4.1	Метод Ньютона. Модифицированный метод Ньютона. Метод проекции градиентов. Метод условного градиента. Задача квадратичного программирования. Метод Вульфа. /Лек/	4	4		Метод Ньютона. Модифицированный метод Ньютона. Метод проекции градиентов. Метод условного градиента. Задача квадратичного программирования. Метод Вульфа.
4.2	Метод Ньютона. Модифицированный метод Ньютона. Метод проекции градиентов. Метод условного градиента. Задача квадратичного программирования. Метод Вульфа. /Пр/	4	8		Метод Ньютона. Модифицированный метод Ньютона. Метод проекции градиентов. Метод условного градиента. Задача квадратичного программирования. Метод Вульфа.
4.3	Метод Ньютона. Модифицированный метод Ньютона. Метод проекции градиентов. Метод условного градиента. Задача квадратичного программирования. Метод Вульфа. /Ср/	4	6		Метод Ньютона. Модифицированный метод Ньютона. Метод проекции градиентов. Метод условного градиента. Задача квадратичного программирования. Метод Вульфа.
	Глава 5				

5.1	<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p> <p>/Лек/</p>	4	4		<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p>
5.2	<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p> <p>/Пр/</p>	4	8		<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p>

5.3	<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p> <p>/Ср/</p>	4	6		<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p>
5.4	<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p> <p>/Сем зан/</p>	4	4		<p>Метрические пространства. Эквивалентность метрик. Пример неэквивалентных метрик. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве. Метод условного градиента. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара). Исчисление производных по направлениям. Дифференцируемость по Фреше и Гато. Штрафные функции. Точные штрафные функции.</p>
Глава 6					

6.1	<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p> <p>/Лек/</p>	4	4		<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p>
6.2	<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p> <p>/Пр/</p>	4	8		<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p>

6.3	<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p> <p>/Ср/</p>	4	2		<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p>
6.4	<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p> <p>/Сем зан/</p>	4	4		<p>Постановка задачи вариационного исчисления. Сильная и слабая экстремали. Примеры. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления. Локальные минимумы. Различные метрики, связь между ними. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления. Классическая вариация кривой, функционала f, функционала ϕ, классическая вариация функции точного штрафа. Градиент Гато функционала f. Необходимое условие слабого экстремума. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений. Условие второго порядка. Условие Лежандра – Клебша.</p>
Глава 7					

8.1	Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска. /Лек/	4	4		Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска.
8.2	Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска. /Пр/	4	4		Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска.
8.3	Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска. /Ср/	4	6		Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска.
8.4	Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска. /Сем зан/	4	2		Численные методы решения задач вариационного исчисления. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича). Метод наискорейшего спуска. Метод гиподифференциального спуска.
	Глава 9				
9.1	Задача оптимального управления. Системы дифференциальных уравнений. Их свойства. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (формулировка). Классическая вариация функции точного штрафа. Линеаризованный принцип максимума. /Лек/	4	2		Задача оптимального управления. Системы дифференциальных уравнений. Их свойства. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (формулировка). Классическая вариация функции точного штрафа. Линеаризованный принцип максимума.

9.2	Задача оптимального управления. Системы дифференциальных уравнений. Их свойства. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (формулировка). Классическая вариация функции точного штрафа. Линеаризованный принцип максимума. /Пр/	4	2		Задача оптимального управления. Системы дифференциальных уравнений. Их свойства. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (формулировка). Классическая вариация функции точного штрафа. Линеаризованный принцип максимума.
9.3	Задача оптимального управления. Системы дифференциальных уравнений. Их свойства. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (формулировка). Классическая вариация функции точного штрафа. Линеаризованный принцип максимума. /Ср/	4	2		Задача оптимального управления. Системы дифференциальных уравнений. Их свойства. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина (формулировка). Классическая вариация функции точного штрафа. Линеаризованный принцип максимума.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Типовые задания для проведения текущего контроля

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Методы безусловной минимизации нулевого порядка: метод Нелдера-Мида. Методы безусловной минимизации первого порядка.
2. Методы сопряженных градиентов. Квазиньютоновские методы.
3. Методы безусловной минимизации второго порядка: метод Ньютона. Задачи с ограничениями.
4. Теоремы об условиях оптимальности: теорема Метод множителей Лагранжа.
5. Теорема Каруша-Куна-Таккера в дифференциальной форме для выпуклых и невыпуклых оптимизационных задач.
6. Проекция точки на множество. Метод проекции градиента. Метод условного градиента.
7. Метод штрафных функций.
8. Метрические пространства.
9. Эквивалентность метрик.
10. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве.
11. Метод условного градиента.
12. Необходимые условия минимума и максимума функции максимума.
13. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве.
14. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара).
15. Исчисление производных по направлениям.
16. Дифференцируемость по Фреше и Гато.
17. Штрафные функции (определение и свойства).
18. Точные штрафные функции.
19. Постановка задачи вариационного исчисления.
20. Сильная и слабая экстремали. Примеры.
21. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления.
22. Локальные минимумы.
23. Различные метрики, связь между ними.
24. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления.
25. Классическая вариация кривой, функционала f , функционала ϕ .
26. Классическая вариация функции точного штрафа.
27. Градиент Гато функционала f .
28. Необходимое условие слабого экстремума.
29. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера.
30. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений.
31. Условие второго порядка.
32. Условие Лежандра – Клебша.
33. Игольчатая вариация кривой, функционала f , функционала ϕ , функции точного штрафа.
34. Условие Вейерштрасса при отсутствии ограничений.

35. Двухточечная вариация кривой, функционала f , функционала ϕ , функции точного штрафа.
36. Условие Вейерштрасса и обобщенное условие Вейерштрасса.
37. Условия Эрдмана – Вейерштрасса.
38. Численные методы решения задач вариационного исчисления.
39. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича).
40. Метод наискорейшего спуска.
41. Задача оптимального управления.
42. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления.

5.2. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Методы безусловной минимизации нулевого порядка: метод Нелдера-Мида. Методы безусловной минимизации первого порядка.
2. Методы сопряженных градиентов. Квазиньютоновские методы.
3. Методы безусловной минимизации второго порядка: метод Ньютона. Задачи с ограничениями.
4. Теоремы об условиях оптимальности: теорема Метод множителей Лагранжа.
5. Теорема Каруша-Куна-Таккера в дифференциальной форме для выпуклых и невыпуклых оптимизационных задач.
6. Проекция точки на множество. Метод проекции градиента. Метод условного градиента.
7. Метод штрафных функций.
8. Метрические пространства.
9. Эквивалентность метрик.
10. Необходимые условия минимума гладкой функции на выпуклом множестве.
11. Метод условного градиента.
12. Необходимые условия минимума и максимума функции максимума.
13. Условия минимума (максимума) в метрическом пространстве.
14. Дифференцируемость по направлениям (в смысле Дини и Адамара).
15. Исчисление производных по направлениям.
16. Дифференцируемость по Фреше и Гато.
17. Штрафные функции (определение и свойства).
18. Точные штрафные функции.
19. Постановка задачи вариационного исчисления.
20. Сильная и слабая экстремали. Примеры.
21. Эквивалентная постановка задачи вариационного исчисления.
22. Локальные минимумы.
23. Различные метрики, связь между ними.
24. Функция точного штрафа в задаче вариационного исчисления.
25. Классическая вариация кривой, функционала f , функционала ϕ .
26. Классическая вариация функции точного штрафа.
27. Градиент Гато функционала f .
28. Необходимое условие слабого экстремума.
29. Условие Эйлера. Интегральное условие Эйлера.
30. Вывод условий Эйлера при отсутствии ограничений.
31. Условие второго порядка.
32. Условие Лежандра – Клебша.
33. Игольчатая вариация кривой, функционала f , функционала ϕ , функции точного штрафа.
34. Условие Вейерштрасса при отсутствии ограничений.
35. Двухточечная вариация кривой, функционала f , функционала ϕ , функции точного штрафа.
36. Условие Вейерштрасса и обобщенное условие Вейерштрасса.
37. Условия Эрдмана – Вейерштрасса.
38. Численные методы решения задач вариационного исчисления.
39. Классические прямые методы (Ритца, Эйлера, Канторовича).
40. Метод наискорейшего спуска.
41. Задача оптимального управления.
42. Функция точного штрафа в задаче оптимального управления.

5.3. Перечень видов оценочных средств

Зачет
Практические работы
Семинарские занятия

5.4. Процедура применения оценочных материалов

Оценка «зачтено» («А») по системе ECTS ставится, если обучающийся показал глубокое знание предмета, дал исчерпывающие ответы на поставленные вопросы, способен без подготовки или после небольших затрат времени ответить на дополнительные вопросы, итоговый процент выполнения аттестационных заданий составил 90-100%.

Оценка «зачтено» («В») по системе ECTS ставится, если обучающийся уверенно владеет материалом, но при ответе неуверенно себя чувствует при ответах на дополнительные вопросы, итоговый процент выполнения аттестационных заданий составил 80-89%.

Оценка «зачтено» («С» по системе ECTS) ставится, если обучающийся уверенно владеет материалом, но при ответе упускает отдельные существенные моменты; неуверенно себя чувствует при ответах на дополнительные вопросы, итоговый процент выполнения аттестационных заданий составил 76-79%.

Оценка «зачтено» («D» по системе ECTS) ставится, если обучающийся ориентируется в поставленных вопросах, может сформулировать основные моменты, но теряется при ответах на дополнительные вопросы, итоговый процент выполнения аттестационных заданий составил 71-75%.

Оценка «зачтено» («E» по системе ECTS) ставится, если обучающийся ориентируется в поставленных вопросах, может сформулировать основные моменты, но не способен дать полный ответ; теряется при ответах на дополнительные вопросы, итоговый процент выполнения аттестационных заданий составил 66-70%.

Если обучающийся не способен дать ответ на поставленные вопросы, ему выставляется оценка «не зачтено» («F» по системе ECTS), итоговый процент выполнения аттестационных заданий составил менее 66 %.

Для определения итоговой оценки используется следующая взаимосвязь шкал оценивания:

Оценка ECTS	Оценка СПбГУ
A	зачтено
B	
C	
D	
E	
F	не зачтено

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во экземпляров для печатных изданий)	Ссылка на электронное издание
Л1.1	Ф. П. Васильев [и др.]	Методы оптимизации: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры	, 2017	https://www.biblio-online.ru/book/CAA9AF22-E3BB-454A-BE5C-BB243EAAE72A
Л1.2	Франченко А. С., Сухинин В. В., Миرونенко Е. Н.	Техническая подготовка юных пловцов на основе оптимизации движений в целостной структуре спортивных способов плавания: учебное пособие	Омск: СибГУФК, 2008	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277190
Л1.3	Бочкарев В. В.	Оптимизация химико-технологических процессов: Учебное пособие	, 2018	http://www.biblio-online.ru/book/5FB84219-6818-405D-A7E9-AFD9E8ED1068
Л1.4	Судариков С. А., Грек Н. Г., Бахренькова К. А.	Экономическая оптимизация. Теория и практика	МинскТетраСистемс, 2012	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=111922
Л1.5	Жевора Ю. И., Доронина Н. П.	Оптимизация инновационной производственной инфраструктуры технического сервиса машин: учебное пособие	, 2015	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438704
Л1.6	Ефремов А.П.	Экономика и оптимизация учебного процесса: методический материал	, 1999 (1 шт.)	
Л1.7		Исследование и оптимизация логической и содержательной структуры обучения	, 1992 (1 шт.)	

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во экземпляров для печатных изданий)	Ссылка на электронное издание
Л2.1	Бочкарев В. В.	Оптимизация химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов	Москва: Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/451320

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год (кол-во экземпляров для печатных изданий)	Ссылка на электронное издание
Л2.2	Клинков А. С., Шерышев М. А., Соколов М. В., Однолько В. Г.	Технология переработки полимеров. Инженерная оптимизация оборудования: Учебное пособие для вузов	Москва: Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/454349
Л2.3	Русина А. Г., Сидоркин Ю. М., Лыкин А. В., Арестова А. Ю., Бородин Д. Н.	Оптимизация в электроэнергетических системах. Практические занятия: Учебное пособие для вузов	Москва: Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/453192
Л2.4	Бродецкий Г. Л., Геррами В. Д., Колик А. В., Шидловский И. Г.	Управление запасами: многофакторная оптимизация процесса поставок: Учебник Для СПО	Москва: Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/456239
Л2.5	Палинчук, Н. Ф., Ярославцева, В. Я.	Системный анализ, оптимизация и принятие решений: методические указания и задания для самостоятельной работы	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014	http://www.iprbookshop.ru/55156.html
Л2.6	Дворецкий, Д. С., Дворецкий, С. И., Акулинин, Е. И., Голубятников, О. О., Темнов, М. С.	Системный анализ и оптимизация биотехнологических производств: учебное пособие	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019	http://www.iprbookshop.ru/99812.html
Л2.7		Оптимизация работы серверов баз данных Microsoft SQL Server 2005	Москва: Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016	http://www.iprbookshop.ru/73686.html
Л2.8	Жмудь, В. А.	Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim: учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012	http://www.iprbookshop.ru/45399.html
Л2.9	Жук В. Л., Заика В. И., Тупилко И. В., Троянский А. А.	Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях: учебное пособие	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617698

6.3. Информационные технологии

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

1.	Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian. Контракт № ПР/ФЕН/15/18 от 23.10.2015 г., договор № Пр/16/6 от 05 апреля 2016 г.
----	--

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

1.	Компьютерная информационно-правовая система «Гарант»
----	--

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Ауд.	Назначение	Оборудование и технические средства обучения	Вид
4-303	Помещение для самостоятельной работы	аудиоколонки, кондиционер, маркерная доска, столы компьютерные, столы учебные, компьютерная техника с возможностью подключения сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета	Ср
4-304	Лекционный с мультимедийным комплексом	доска учебная, проектор, стол преподавателя, столы учебные, стул преподавателя, экран	Лек
4-304	Лекционная с мультимедийным комплексом	доска учебная, проектор, стол преподавателя, столы учебные, стул преподавателя, экран	Сем зан

Ауд.	Назначение	Оборудование и технические средства обучения	Вид
4-304	Лекционная с мультимедийным комплексом	доска учебная, проектор, стол преподавателя, столы учебные, стул преподавателя, экран	Пр
4-304	Лекционная с мультимедийным комплексом	доска учебная, проектор, стол преподавателя, столы учебные, стул преподавателя, экран	Зачёт

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В состав методического обеспечения самостоятельной работы входят контрольные вопросы и задания для организации текущей самостоятельной работы обучающихся по всем учебным разделам модулей.