

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.38 Методы оптимизации

Учебный план: ФГОС3++b010302-123_21-14.plx

Кафедра: **16** Прикладной математики и информатики

Направление подготовки:
 (специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:
 (специализация) Прикладная математика и информатика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
8	УП	18	54	71,75	0,25	Курсовая работа, Зачет
	РПД	18	54	71,75	0,25	
Итого	УП	18	54	71,75	0,25	
	РПД	18	54	71,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.01.2018 г. № 9

Составитель (и):

старший преподаватель

Доктор технических наук, профессор

Леонова Н.Л.

Пестриков В.М.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой прикладной математики и информатики

Яковлев В.П.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Яковлев В.П.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции в области применения методов оптимизации в практической деятельности в научных исследованиях.

1.2 Задачи дисциплины:

• изучить теоретические основы современных концепций и моделей оптимизации и математического моделирования;
• научить применению алгоритмов численных методов и основных инструментальных средств в области методов оптимизации для решения актуальных инженерных и экономических задач.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Алгебра и геометрия
Функциональный анализ
Математический анализ
Теория вероятностей и математическая статистика
Дискретная математика
Компьютерное моделирование
Эконометрика
Теория игр и исследование операций

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Знать: основные алгоритмы и способы применения методов оптимизации; современные способы применения методов оптимизации и круг задач, решаемых в пакетах программ Excel и MathCad.

Уметь: применять базовые пакеты прикладных программ в области методов оптимизации для решения современных задач профессиональной деятельности; применять современные алгоритмы методов оптимизации для решения прикладных задач профессиональной деятельности.

Владеть: навыками по математической формулировке практических задач, планированию этапов их решения, выбору оптимальных методов решения, проведению вычислений и обработке результатов вычислений; навыками практической реализации методов оптимизации, организации поиска решений в вышеуказанных пакетах программ, визуализации численных результатов, анализу точности полученных решений и их содержательной интерпретации.

ОПК-3: Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности

Знать: математические модели методов оптимизации, используемые для решения задач в области профессиональной деятельности.

Уметь: применять и модифицировать математические модели методов оптимизации для решения задач в области профессиональной деятельности.

Владеть: навыками применения и модификации математических моделей методов оптимизации для решения задач в области профессиональной деятельности.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновационные формы занятий	Формат текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Задачи комбинаторной оптимизации.						О
Тема 1. Задачи о максимальном потоке, кратчайшем пути и коммивояжере. Программирование сценария решения задач о максимальном потоке и коммивояжере. Динамическое программирование: задача о кратчайшем пути.		2	6	6		
Тема 2. Управление запасами. Детерминированные и вероятностные модели управления запасами.		2	6	12	АС	
Раздел 2. Математический анализ экстремумов функций	8					О
Тема 3. Анализ экстремумов функций в задачах без ограничений и с ограничениями Достаточные условия существования экстремума функции одной и нескольких независимых переменных. Матрица Гессе. Условия положительной определенности квадратной матрицы. Достаточные условия существования условного экстремума в задачах с ограничениями-равенствами. Функция Лагранжа. Квадратичные функции.		2	8	10		
Тема 4. Простейшие численные алгоритмы нахождения экстремума при отсутствии ограничений. Методы одномерного поиска: прямого перебора, дихотомии, золотого сечения. Преимущества и недостатки метода перебора. Алгоритм метода покоординатного спуска.		2	8	9,75		

Тема 5. Другие численные алгоритмы нахождения экстремума при отсутствии ограничений. Метод градиентного спуска, наискорейшего градиентного спуска, сопряженных градиентов. Сведение задачи нахождения экстремума к задаче решения системы алгебраических уравнений.	2	8	8		
Раздел 3. Основы вариационного исчисления.					
Тема 6. Функционалы от одной функции одной независимой переменной. Функционал. Экстремум функционала. Основные леммы. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Регулярные и сингулярные задачи. Теорема Гильберта. Случаи упрощения уравнения Эйлера. Обобщения простейшей задачи. Поле экстремалей. Условие Якоби. Условия Вейерштрасса и Лежандра.	4	8	12		0
Тема 7. Вариационные задачи на условный экстремум. Прямые методы в вариационном исчислении. Правило множителей Лагранжа. Изопериметрическая задача. Задача Лагранжа. Принцип Дирихле. Задача о собственных значениях. Метод Рунца. Метод Канторовича.	4	10	14		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	18	54	71,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Курсовая работа, Зачет)	0,25				
Всего контактная работа и СР по дисциплине	72,25		71,75		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели задачи курсовой работы (проекта): Целью выполнения курсовой работы является изучение существующего программного обеспечения по разработке компьютерных моделей и решению задач оптимизации, закрепление и расширение практических навыков работы с программными приложениями.

Задачи курсовой работы: систематизация знаний, полученные в ходе изучения дисциплины, углубленное освоение методов практической работы по созданию, обработке и анализу моделей оптимизации; углубление изучения основных программ компьютерного моделирования задач оптимизации.

- 4.2 Тематика курсовой работы (проекта):**
1. Решить задачу методом деформируемого многогранника.
 2. Решить задачу методом конфигураций.
 3. Решить задачу методом сопряженных направлений.
 4. Решить задачу методом конфигураций.
 5. Решить задачу методом деформируемого многогранника.
 6. Решить задачу методом сопряженных направлений.
 7. Решить задачу методом конфигураций.

8. Решить задачу методом деформируемого многогранника.
 9. Решить задачу методом сопряженных направлений.

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Работа выполняется индивидуально, с использованием специального компьютерного обеспечения и мультимедиа, находящихся в свободном доступе в сети Internet.

Результаты представляются в виде отчета, объемом до 30 листов, содержащего следующие обязательные элементы:

Титульный лист выполняется по образцу.

Во введении должен быть приведен краткий анализ литературы по исследуемой проблеме, обоснована актуальность работы, сформулирована цель работы и перечислены задачи, которые необходимо решить в курсовой работе.

В первой главе должно быть представлено описание задачи минимизации.

Во второй главе приводится краткий обзор методов решения поставленной задачи.

В третьей главе приводится описание заданного метода решения задачи.

В четвертой главе приводится блок-схема алгоритма решения задачи и ее описание в соответствии с требованиями микроформления алгоритмов.

В пятой главе приводится обзор программного обеспечения, с помощью которого может быть реализован разработанный алгоритм и описание программной реализации алгоритма.

В шестой главе приводятся результаты тестирования разработанного алгоритма и его программной реализации с помощью известных литературы исходных данных. После получения положительных результатов тестирования, подтверждающих работоспособность программы, проводятся контрольные расчеты для оценки точности и исходности исследуемого метода оптимизации для решения поставленной задачи.

В заключении должны быть представлены основные результаты работы по всем разделам пояснительной записки.

В списке литературы должно быть представлено не менее 10 источников, включая интернет ресурсы.

В приложениях располагаются рисунки больших размеров, исходные данные, программная реализация алгоритма.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-3	Излагает базовые теоретические положения по дисциплине; Имеет представление об областях применения методов оптимизации; Демонстрирует умение использовать положения	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа
ОПК-1	Излагает основные понятия и законы теории оптимизации; Умеет на практике реализовать методы теории оптимизации: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.	Полное и всестороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками информации. Качество исполнения всех элементов курсовой работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемой темы. Даны полные выводы и ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в срок.

4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Курсовая работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отступления от правил оформления работы или нарушены сроки сдачи работы.
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах. Качество работы низкое. Работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления
Зачтено	Обучающийся: • ответил на поставленные вопросы; • выполнил практическое задание и представил результаты; возможно допуская несущественные ошибки.	
Незачтено	Обучающийся: • не выполнил практическое задание и не сдал курсовую работу; • не ответил на вопросы преподавателя, или допустил существенные ошибки в ответе.	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировка вопросов
Семестр 8	
1	Поле функционала. Условие Якоби построения поля экстремалей.
2	Вариационная задача для функционалов, являющихся двойными интегралами
3	Вариационная задача для функционалов, содержащих высшие производные
4	Вариационная задача для функционалов, зависящих от нескольких аргументов
5	Случаи упрощения уравнения Эйлера для простейшей вариационной задачи.
6	Регулярные и сингулярные экстремали. Теорема Гильберта о регулярной экстремали для простейшей вариационной задачи.
7	Уравнение Эйлера для простейшей вариационной задачи
8	Простейшая задача вариационного исчисления. Необходимое условие слабого экстремума в простейшей задаче вариационного исчисления
9	Лемма Лагранжа. Лемма Дюбуа-Реймона
10	Постановка вариационной задачи с закрепленными концами.
11	Понятие функционала и вариации функции.
12	Решение экстремальных задач в среде Excel.
13	Численное нахождение экстремума при наличии ограничений: метод барьерных функций и допустимых направлений.
14	Численное нахождение экстремума при наличии ограничений: метод штрафных функций
15	Метод Ньютона: численный алгоритм решения системы нелинейных уравнений.
16	Метод Ньютона: сведение задачи нахождения экстремума к задаче решения системы алгебраических уравнений.
17	Нахождение минимума функции нескольких независимых переменных методом сопряженных градиентов.
18	Нахождение минимума функции нескольких независимых переменных методом наискорейшего градиентного спуска. Условие остановки вычислений

19	Нахождение минимума функции нескольких независимых переменных методом градиентного спуска.
20	Поиск минимума функции нескольких независимых переменных методом покоординатного спуска.
21	Поиск минимума функции нескольких независимых переменных методом перебора.
22	Поиск минимума функции одной переменной методом дихотомии. Понятие о золотом сечении.
23	Поиск минимума функции одной переменной методом перебора.
24	Нахождение точек, подозрительных на экстремум, для квадратичных функций.
25	Достаточные условия существования условного экстремума в задачах с ограничениями-равенствами.
26	Условия положительной определенности квадратной матрицы.
27	Достаточные условия существования экстремума функции одной и нескольких независимых переменных. Матрица Гессе.
28	Вероятностные модели управления запасами.
29	Детерминированные модели управления запасами.
30	Динамическое программирование: задача о кратчайшем пути.
31	Программирование сценария решения задач о коммивояжере.
32	Программирование сценария решения задач о максимальном потоке.
33	Принцип максимума Понтрягина. Формулировка.
34	Понятие о прямых методах вариационного исчисления.
35	Задача о собственных значениях
36	Принцип Дирихле.
37	Вариационная задача на условный экстремум.
38	Простейшая вариационная задача с подвижными границами
39	Условия Вейерштрасса и Лежандра достижения экстремума функционала

5.2.2 Типовые тестовые задания

непредусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Типовые практико-ориентированные задания находятся в приложении к данной РПД.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа 25 минут;
- Зачет проводится в компьютерном классе.
- Защита курсовой работы проводится в компьютерном классе. На доклад по защите выделяется 5-7 минут. Общее время защиты одной работы не должно превышать 15 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Аттетков, А. В., Зарубин, В. С., Канатников, А. Н.	Методы оптимизации	Саратов: Вузовское образование	2018	http://www.iprbookshop.ru/77664.html

Мицель, А. А., Шелестов, А. А., Романенко, В. В.	Методы оптимизации	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники	2017	http://www.iprbookshop.ru/72127.html
Алексеев, Г. В., Холявин, И. И.	Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация	Саратов: Вузовское образование	2019	http://www.iprbookshop.ru/79692.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Ахмадиев, Ф. Г., Гильфанов, Р. М.	Математическое моделирование и методы оптимизации	Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2017	http://www.iprbookshop.ru/73309.html
Кудрявцева, И. В., Рыков, С. А., Рыков, С. В., Скобов, Е. Д.	Методы оптимизации в примерах в пакете MathCAD 15. Часть I	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, Институт холода и биотехнологий	2016	http://www.iprbookshop.ru/67288.html
Рыков, С. В., Кудрявцева, И. В., Рыков, С. А., Рыков, В. А.	Методы оптимизации в примерах в пакете MathCad 15. Часть II	Санкт-Петербург: Университет ИТМО	2016	http://www.iprbookshop.ru/67287.html
Палинчак, Н. Ф.	Методы оптимизации	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2017	http://www.iprbookshop.ru/74404.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows 8
 Microsoft Office Professional 2013
 PTC Mathcad 15

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска

Приложение

Приложение

рабочей программы дисциплины Методы оптимизации

по направлению подготовки Прикладная математика и информатика

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п	Условия типовых практико-ориентированных заданий (задач, кейсов)
Семестр 8	
1	<p style="text-align: center;">Модульная контрольная работа № 1</p> <p>1. Исследовать на экстремум следующие функции нескольких переменных:</p> <p style="padding-left: 40px;">а) $z = x^2 - xy + y^2 - 2x + y$; б) $z = (x^2 + y^2)e^{-(x^2+y^2)}$;</p> <p>2. Найти экстремум функции</p> <p style="padding-left: 120px;">$z = x + 2y$ при $x^2 + y^2 = 5$.</p> <p>3. Исследовать функционал</p> $J[y] = \int_a^b y^3(x) dx,$ <p>определенный в пространстве $C[a, b]$ на дифференцируемость в каждой точке $y(x)$.</p> <p>4. Найти вариации функционалов:</p> <p style="padding-left: 40px;">а) $J[y] = \int_{-1}^1 (y'e^y + xy^2) dx$; б) $J[y] = y(1) + \int_1^2 (\sin(xy) + y' \cos y) dx$.</p>
2	<p style="text-align: center;">Модульная контрольная работа № 2</p> <p>1. Исследовать на экстремум функционалы:</p> <p style="padding-left: 40px;">а) $J[y(x)] = \int_0^1 (y'^2 + 4y^2) dx, \quad y(0) = e^2, y(1) = 1$;</p> <p style="padding-left: 40px;">б) $J[y(x)] = \int_0^1 (e^y + xy') dx, \quad y(0) = 0, y(1) = \alpha$;</p> <p style="padding-left: 40px;">в) $J[y(x)] = \int_a^b (y^2 + 2xyy') dx, \quad y(a) = A, y(b) = B$;</p> <p>2. Найти экстремум функционалов в следующих задачах:</p> <p style="padding-left: 40px;">а) $J[y_1(x), y_2(x)] = \int_0^1 (y_1'^2 + y_2'^2) dx, \quad y_1(0) = -1, y_2(0) = 0, y_1(1) = -1, y_2(1) = 1$ при условии $y_1 + y_2 - 2x^2 + x + 1 = 0$;</p> <p style="padding-left: 40px;">б) $J[y_1(x), y_2(x)] = \int_0^{\pi/2} (y_1'^2 - y_2'^2) dx, \quad y_1(0) = 0, y_2(0) = 0, y_1(\pi/2) = \pi/4, y_2(\pi/2) = -\frac{1}{2}$ при условии $y_1' = y_2 + \sin x$;</p>