

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.38**

Методы оптимизации

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b010302БИ-1\_23-14.plx

Кафедра: **16** Прикладной математики и информатики

Направление подготовки:  
(специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:  
(специализация) Биоинформатика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, 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 Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 9

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

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 и 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:

Эконометрика

Теория игр и исследование операций

Компьютерное моделирование

Дискретная математика

Теория вероятностей и математическая статистика

Математический анализ

Функциональный анализ

Алгебра и геометрия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности</b>
<b>Знать:</b> основные алгоритмы и способы применения методов оптимизации; современные способы применения методов оптимизации и круг задач, решаемых в пакетах программ Excel и MathCad.
<b>Уметь:</b> 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.
<b>Владеть:</b> 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.
<b>ОПК-3: Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</b>
<b>Знать:</b> математические модели методов оптимизации, используемые для решения задач в области профессиональной деятельности.
<b>Уметь:</b> применять и модифицировать математические модели методов оптимизации для решения задач в области профессиональной деятельности.
<b>Владеть:</b> 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)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Задачи и методы оптимизации.	8					0
Тема 1. Математическая постановка задач оптимизации.  Классификация методов оптимизации. Анализ экстремумов функций в задачах без ограничений и с ограничениями. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной и нескольких независимых переменных. Матрица Гессе. Условия положительной определенности квадратной матрицы.		2	6	6		
Тема 2. Анализ экстремумов функций в задачах без ограничений и с ограничениями.  Исследование технологического процесса по математической модели и выбор оптимального технологического режима. Оптимизационные задача в инженерии		2	6	12	АС	
Тема 3. Безусловная оптимизация.  Постановка и классификация задач безусловной оптимизации. Основные определения. Классический метод определения экстремума функции. Одномерная оптимизация.		2	8	10		
Тема 4. Оптимизация функций нескольких переменных.  Методы прямого поиска. Градиентные методы. Методы второго порядка. Условная оптимизация. Множители Лагранжа. Условия Куна–Таккера. Штрафные функции. Метод последовательной безусловной оптимизации Метод скользящего допущка		2	8	9,75		

Тема 5. Линейное программирование. Постановка задачи линейного программирования. Математическая модель линейного программирования. Графический метод решения задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Порождение начального допустимого базисного решения.		2	8	8		
Тема 6. Двойственность в линейном программировании. Транспортная задача. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана. Задача об оптимальном распределении ресурсов.		2	4	6		
Раздел 2. Основы вариационного исчисления.						
Тема 7. Простейшие задачи вариационного исчисления. Постановка задачи и уравнение Эйлера. Уравнение Эйлера в квадратурах. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления. Вариационные задачи с подвижными границами. Задача с подвижными концами. Задача с подвижными границами.		4	8	10		0
Тема 8. Вариационные задачи на условный экстремум. Прямые методы вариационного исчисления. Метод Ритца. Метод Канторовича. Метод Галёркина.		2	6	10		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		18	54	71,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Курсовая работа, Зачет)		0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		72,25		71,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и 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.

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

Работа выполняется индивидуально, с использованием специального компьютерного обеспечения и эмуляторов, 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 к оформлению 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 в литературе исходных данных. После получения положительных результатов тестирования, подтверждающих работоспособность программы, проводятся контрольные расчеты для оценки точности и сходимости 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 теории оптимизации для решения практических задач.	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. Способен выбирать и использовать при решении задач компьютерные технологии.	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 всесторонне 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. Либо 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.	
Не зачтено	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	Формулировки вопросов
Семестр 8	
1	Необходимое и достаточные условия существования экстремума функции одной и нескольких независимых переменных. Матрица Гессе.
2	Необходимые условия оптимальности в задаче с ограничениями. Функция Лагранжа. Квадратичная форма по правилу Сильвестра.
3	Задачи линейного программирования (ЛП). Характерные черты задач ЛП.
4	Методика решения задач ЛП графическим методом.
5	Симплексный метод решения задач линейного программирования
6	Алгоритм поиска опорного решения для симплексного метода решения задач линейного программирования.
7	Алгоритм поиска оптимального решения для симплексного метода решения задач линейного программирования.
8	Транспортная задача (ТЗ). Математическая постановка и алгоритм решения транспортной задачи.
9	Методы безусловной одномерной оптимизации. Постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума.
10	Унимодальные функции. Теорема.
11	Методы точечного оценивания. Метод квадратичной аппроксимации.
12	Методы точечного оценивания. Метод Пауэлла.
13	Методы точечного оценивания. Метод половинного деления.
14	Методы точечного оценивания. Метод Фибоначчи.
15	Условная оптимизация. Множители Лагранжа.
16	Оптимизация функций нескольких переменных. Метод прямого поиска.
17	Оптимизация функций нескольких переменных. Метод покоординатного спуска.

18	Поиск минимума функции нескольких независимых переменных методом покоординатного спуска.
19	Методы безусловной оптимизации функций нескольких переменных с использованием производных. Метод градиентного спуска. Алгоритм метода градиентного спуска.
20	Методы безусловной оптимизации функций нескольких переменных с использованием производных. Метод наискорейшего спуска. Алгоритм метода наискорейшего спуска.
21	Понятие функционала и вариации функции.
22	Постановка вариационной задачи с закрепленными концами.
23	Теорема. Необходимое условие локального экстремума функционала.
24	Уравнение Эйлера. Формулировка простейшей задачи вариационного исчисления.
25	Лемма Дюбуа-Реймона.
26	Уравнение Эйлера в квадратурах. Случаи интегрирования в квадратурах.
27	Функционалы от нескольких переменных. Необходимые условия экстремума таких функционалов.
28	Теорема об экстремальных функционалах от нескольких переменных.
29	Уравнение Эйлера-Пуассона
30	Функционалы от функций многих переменных. Уравнение Остроградского.
31	Задача с подвижными концами.
32	Задачи на условный экстремум. Задача Лагранжа
33	Прямые методы решения вариационных задач. Метод Ритца.
34	Прямые методы решения вариационных задач. Метод Канторовича.
35	Прямые методы решения вариационных задач. Метод Галёркина.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 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
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Алексеев, Г. В., Холявин, И. И.	Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация	Саратов: Вузовское образование	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/79692.html">http://www.iprbookshop.ru/79692.html</a>
Мицель, А. А., Шелестов, А. А., Романенко, В. В.	Методы оптимизации	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/72127.html">http://www.iprbookshop.ru/72127.html</a>

Аттетков, А. В., Зарубин, В. С., Канатников, А. Н.	Методы оптимизации	Саратов: Вузовское образование	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/77664.html">http://www.iprbookshop.ru/77664.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
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	<a href="http://www.iprbookshop.ru/67287.html">http://www.iprbookshop.ru/67287.html</a>
Палинчак, Н. Ф.	Методы оптимизации	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/74404.html">http://www.iprbookshop.ru/74404.html</a>
Ахмадиев, Ф. Г., Гильфанов, Р. М.	Математическое моделирование и методы оптимизации	Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/73309.html">http://www.iprbookshop.ru/73309.html</a>
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	<a href="http://www.iprbookshop.ru/67288.html">http://www.iprbookshop.ru/67288.html</a>

## 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

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 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

