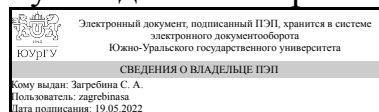


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



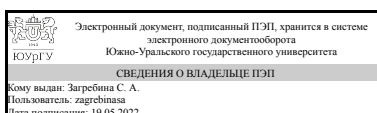
С. А. Загребина

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.25 Теория оптимизации  
для направления 01.03.04 Прикладная математика  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Математическое и компьютерное моделирование

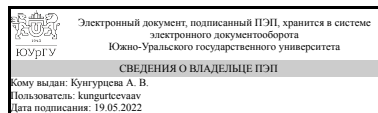
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 11

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., проф.



С. А. Загребина

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



А. В. Кунгурцева

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели изучения дисциплины 1. Знакомство с основными принципами и методами классических и численных методов оптимизации. 2. Развитие у студентов навыков по применению методов оптимизации в математическом моделировании. 3. Знакомство с функционированием наиболее популярных программных средств, используемых для решения задач методов оптимизации. 4. Приобретение практических навыков работы с программными средствами, обеспечивающими решение задач оптимизации. Задачи изучения дисциплины 1. Научить студентов методам математического программирования и исследования операций; 2. Привитие навыков по применению методов оптимизации и исследования операций в математическом моделировании. В результате освоения дисциплины студент должен получить необходимые сведения для решения следующей профессиональной задачи: исследование и разработка математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения, инструментальных средств по тематике проводимых научно-исследовательских проектов.

## Краткое содержание дисциплины

Предмет и история развития методов оптимизации. Принципы и примеры моделирования экономических и технических задач в форме задач оптимизации. Задачи условной и безусловной оптимизации. Метод Лагранжа. Классификация задач оптимизации. Постановка и геометрическая интерпретация выпуклых задач оптимизации. Методы нахождения условных экстремумов. Элементы линейного программирования. Градиентные методы решения. Численные методы оптимизации. Основы вариационного исчисления.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|---|--|
| ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем | Знает: основные математические методы и модели теории оптимизации<br>Умеет: применять методы и модели теории оптимизации, а также проверять адекватность полученных решений<br>Имеет практический опыт: реализации и верификации адекватности полученных решений методами теории оптимизации |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана   | Перечень последующих дисциплин, видов работ  |
|---|--|
| 1.О.20 Вычислительная математика,<br>1.О.24 Исследование операций и теория игр,<br>1.О.21 Разностные численные методы | 1.О.26 Теория оптимального управления в социально-экономических системах,<br>1.О.23 Математические и компьютерные методы прогнозирования |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                                | Требования  |
|---|---|
| 1.О.24 Исследование операций и теория игр | Знает: основные математические методы и модели теории игр и исследования операций для решения исследовательских и проектных задач<br>Умеет: применять математические методы и модели теории игр и исследования операций при решении исследовательских и проектных задач<br>Имеет практический опыт: использования математических методов и моделей теории игр и исследования операций при решении исследовательских и проектных задач |
| 1.О.21 Разностные численные методы        | Знает: основные математические методы и модели численных методов для решения исследовательских и проектных задач<br>Умеет: применять математические методы и модели численных методов для решения исследовательских и проектных задач<br>Имеет практический опыт: использования математических методов и моделей численных методов для решения исследовательских и проектных задач  |
| 1.О.20 Вычислительная математика          | Знает: основные методы вычислительной математики<br>Умеет: выбирать, дорабатывать и применять методы вычислительной математики для решения исследовательских и проектных задач<br>Имеет практический опыт: реализации методов вычислительной математики для решения исследовательских и проектных задач   |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
|  |             | Номер семестра                     |
|  |             | 6                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 144         | 144                                |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 64          | 64                                 |
| Лекции (Л)   | 32          | 32                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32          | 32                                 |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0                                  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 69,5        | 69,5                               |
| с применением дистанционных образовательных технологий                     | 0           |                                    |

|  |      |         |
|--|------|---------|
| Выполнение индивидуального домашнего задания | 49,5 | 49,5    |
| Подготовка к экзамену                        | 20   | 20      |
| Консультации и промежуточная аттестация      | 10,5 | 10,5    |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)     | -    | экзамен |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    |    |
|-----------|----------------------------------|---|----|----|----|
|           |                                  | Всего                                     | Л  | ПЗ | ЛР |
| 1         | Вводный                          | 4   | 2  | 2  | 0  |
| 2         | Элементы выпуклого анализа       | 10  | 4  | 6  | 0  |
| 3         | Выпуклые задачи                  | 26  | 12 | 14 | 0  |
| 4         | Численные методы оптимизации     | 10  | 6  | 4  | 0  |
| 5         | Основы вариационного исчисления  | 14  | 8  | 6  | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | Постановка задачи и существование решения   | 2            |
| 2        | 2         | Топология выпуклых множеств   | 2            |
| 3        | 2         | Выпуклые функции и их свойства  | 2            |
| 4, 5     | 3         | Гладкие конечномерные задачи с ограничениями вида равенств-неравенств   | 4            |
| 6        | 3         | Постановка задачи линейного программирования. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования                          | 2            |
| 7        | 3         | Модифицированный симплекс-метод   | 2            |
| 8        | 3         | Теория двойственности   | 2            |
| 9        | 3         | Построение математических моделей задач выпуклого анализа   | 2            |
| 10       | 4         | Численные методы оптимизации. Методы сужения интервала неопределенности   | 2            |
| 11       | 4         | Минимизация функций одной переменной. Ньютоновские методы   | 2            |
| 12       | 4         | Минимизация функций многих переменных. Методы с использованием производных: градиентные методы, метод Ньютона, метод Марквардта | 2            |
| 13,14    | 5         | Постановка задачи вариационного исчисления. Простейшая задача вариационного исчисления  | 4            |
| 15       | 5         | Задача Больца и изопериметрическая задача вариационного исчисления. Их прикладное значения.                                     | 2            |
| 16       | 5         | Задачи вариационного исчисления с подвижными концами.   | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1         | 1         | Старинные оптимизационные задачи   | 2            |
| 2         | 2         | Выпуклые множества. Выпуклые функции   | 2            |
| 3         | 2         | Элементы выпуклого анализа. Критерии выпуклости  | 2            |
| 4         | 2         | Элементы выпуклого анализа. Непрерывность и дифференцируемость выпуклых функций. Субдифференциалы. | 2            |

|     |   |   |   |
|-----|---|---|---|
| 5,6 | 3 | Гладкие конечномерные задачи с ограничениями вида равенств-неравенств. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Теорема Куна-Таккера | 4 |
| 7   | 3 | Задачи линейного программирования. Графический метод решения  | 2 |
| 8   | 3 | Симплекс-метод решения задачи линейного программирования  | 2 |
| 9   | 3 | Модифицированный симплекс-метод   | 2 |
| 10  | 3 | Двойственные задачи линейного программирования  | 2 |
| 11  | 3 | Экономическая интерпретация двойственных задач. Использование специального программного обеспечения для решения ЗЛП.                  | 2 |
| 12  | 4 | Метод Свенна. Метод равномерного поиска. Метод золотого сечения.  | 2 |
| 13  | 4 | Метод покоординатного спуска. Использование программного обеспечения для решения задач градиентными методами.                         | 2 |
| 14  | 5 | Простейшая задача вариационного исчисления  | 2 |
| 15  | 5 | Задача Больца вариационного исчисления. Изопериметрическая задача   | 2 |
| 16  | 5 | Задача вариационного исчисления с подвижными концами  | 2 |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                               |   |         |              |
|--|---|---------|--------------|
| Подвид СРС                                   | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс  | Семестр | Кол-во часов |
| Выполнение индивидуального домашнего задания | Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Л. Акулич. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2027">https://e.lanbook.com/book/2027</a> . — Загл. с экрана.  | 6       | 49,5         |
| Подготовка к экзамену                        | Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2097">https://e.lanbook.com/book/2097</a> . — Загл. с экрана Главы 1-3 | 6       | 20           |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № | Се- | Вид | Название | Вес | Макс. | Порядок начисления баллов | Учи- |
|---|-----|-----|----------|-----|-------|---------------------------|------|
|---|-----|-----|----------|-----|-------|---------------------------|------|

| КМ | местр | контроля         | контрольного мероприятия |      | балл |   | тыва-<br>ется в<br>ПА |
|----|-------|------------------|--------------------------|------|------|---|-----------------------|
| 1  | 6     | Текущий контроль | П1                       | 0,06 | 6    | Согласно регламенту БРС:<br>3 балла выставляется за активную работу на практических занятиях со 2 по 6 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие;<br>3 балла выставляется за выполнение домашних заданий со 2 по 6 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие.<br>В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.   | экзамен               |
| 2  | 6     | Текущий контроль | П2                       | 0,06 | 6    | Согласно регламенту БРС:<br>3 балла выставляется за активную работу на практических занятиях с 7 по 11 недели семестра по 0,6 баллов за каждое занятие;<br>3 балла выставляется за выполнение домашних заданий с 7 по 11 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие.<br>В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.   | экзамен               |
| 3  | 6     | Текущий контроль | П3                       | 0,06 | 6    | Согласно регламенту БРС:<br>3 балла выставляется за активную работу на практических занятиях с 12 по 16 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие; 3 балла выставляется за выполнение домашних заданий с 12 по 16 неделю семестра по 0,6 баллов за каждое занятие.<br>В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.  | экзамен               |
| 4  | 6     | Текущий контроль | T1                       | 0,06 | 6    | Контрольное мероприятие T1 проводится на практическом занятии в течение 30 минут. Согласно регламенту БРС баллы выставляются по следующей схеме:<br>Задача 1. Записано необходимое условие экстремума - 1 балл;<br>Верно решена система - 1 балл;<br>Записано верно достаточное условие и сделан вывод - 1 балл.<br>Задача 2. Выписана верно функция Лагранжа - 1 балл;<br>Проверено необходимое условие локального экстремума - 1 балл;<br>Записано верно достаточное условие и сделан вывод - 1 балл. | экзамен               |
| 5  | 6     | Текущий контроль | T2                       | 0,06 | 6    | Контрольное мероприятие T2 проводится на практическом занятии в течение 30 минут. Согласно регламенту БРС баллы выставляются по следующей схеме:<br>- Записано и верно решено уравнение Эйлера - 1 балл;<br>- Найдено верно экстремаль - 1 балл;<br>- Проверено условие Лежандра - 1 балл;<br>- Решено уравнение Якоби - 1 балл;  | экзамен               |

|   |   |                  |     |      |    |   |         |
|---|---|------------------|-----|------|----|---|---------|
|   |   |                  |     |      |    | - Проверено условие Якоби - 1 балл;<br>- Сделан вывод - 1 балл.   |         |
| 6 | 6 | Текущий контроль | ТЗ  | 0,06 | 6  | Согласно регламенту БРС:<br>3 балла выставляется за посещаемость лекций в течение семестра, за каждую лекцию выставляется 0,375 баллов;<br>3 балла выставляется за конспект лекций, за конспект каждой лекции выставляется 0,375 баллов.<br>В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.  | экзамен |
| 7 | 6 | Текущий контроль | ПК1 | 0,12 | 12 | Контрольное мероприятие ПК1 проводится в аудитории в течение 2 часов. Согласно регламенту БРС:<br>Задача 1:<br>- 1 балл за правильное исследование в пункте а);<br>-1 балл за правильное решение в пункте б).<br>Задача 2:<br>- 1 балл за составление математической модели;<br>-1 балл за правильное решение геометрическим методом;<br>- 1 балл за правильную запись двойственной задачи;<br>- 1 балл за верное решение двойственной задачи.<br>Задача 3:<br>- 1 балл за правильную запись условий Куна-Таккера;<br>-1 балл за проверку необходимых условий;<br>-1 балл за проверку достаточных условий.<br>Задача 4:<br>- 1 балл за правильную каноническую форму ЗЛП;<br>- 1 балл за правильную первую симплекс-таблицу;<br>- 1 балл за верный ответ. | экзамен |
| 8 | 6 | Текущий контроль | ПК2 | 0,12 | 12 | Контрольное мероприятие выполняется на практическом занятии. Согласно БРС выставляются баллы по следующей схеме:<br>Задача 1.<br>- 1 балл - найдена экстремаль;<br>- 1 балл - верно записано определение через приращение функционала;<br>- 1 балл - доказано существование или отсутствие экстремума.<br>Задача 2.<br>- 1 балл - записан лагранжиан;<br>- 1 балл - записано и решено уравнение Эйлера;<br>- 1 балл - записаны и решены условия трансверсальности;<br>- 1 балл - записаны и решены условия стационарности;<br>- 1 балл - исследована полученная   | экзамен |

|    |   |                          |     |     |    |  |         |
|----|---|--------------------------|-----|-----|----|--|---------|
|    |   |                          |     |     |    | экстремаль на экстремум.<br>Задача 3:<br>-1 балл - записана математическая модель задачи;<br>-1 балл - для полученной задачи вариационного исчисления найдена допустимая экстремаль;<br>-1 балл - применены достаточные условия;<br>-1 балл - интерпретировано решение в терминах задачи.  |         |
| 9  | 6 | Текущий контроль         | ИДЗ | 0,2 | 20 | Согласно регламенту БРС баллы выставляются по следующей схеме:<br>1 пункт:<br>- по 1 баллу за каждое найденное допустимое решение (всего 5 решений);<br>- 1 балл за полный правильный перебор.<br>2 пункт:<br>-1 балл за правильное приведение задачи к стандартному виду;<br>-1 балл за модификацию задачи к ЗЛП с двумя переменными;<br>-по у баллу за каждую правильно построенную прямую (всего 3);<br>- 1 балл за правильную область;<br>-1 балл за правильный вектор градиента;<br>- 1 балл за правильную выбранную точку экстремума;<br>- 1 балл за верные координаты точки экстремума;<br>-1 балл за правильно найденное решение ЗЛП.<br>3 пункт:<br>-1 балл за правильный вид двойственной задачи;<br>-1 балл за верное применение критериев Канторовича;<br>-1 балл за решение двойственной задачи;<br>-1 балл за совпадение значений целевой функции прямой и двойственной задач. | экзамен |
| 10 | 6 | Текущий контроль         | ИТ  | 0,2 | 20 | Контрольное мероприятие ИТ - итоговый тест проводится в электронном курсе. За каждый правильный ответ система выставляет 2 балла. Всего 10 вопросов.   | экзамен |
| 11 | 6 | Промежуточная аттестация | Э   | -   | 40 | Билет состоит из двух частей. Первая часть 5 задач по 4 балла за каждую, вторая часть 4 задачи по 5 баллов за каждую.<br>Каждая задача первой части оценивается:<br>4 балла - Задача решена и оформлена правильно;<br>3 балла - Задача решена в целом правильно, содержит не более двух негрубых ошибок, не влияющих на общий ход решения задачи, решение доведено до ответа;<br>2 балла - Задача, возможно не доведена до ответа, но метод решения выбран верно.  | экзамен |



|  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  | <p>Изложено не менее 60% полного решения;<br/> 1 балл - В процессе решения задачи допущены существенные ошибки или изложено менее 40% полного решения;<br/> 0 баллов - неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.<br/> Каждая задача второй части оценивается:<br/> 5 баллов - Задача решена и оформлена правильно;<br/> 4 балла - Задача решена в целом правильно, содержит не более двух негрубых ошибок, не влияющих на общий ход решения задачи, решение доведено до ответа;<br/> 3 балла - Задача, возможно не доведена до ответа, но метод решения выбран верно.<br/> Изложено не менее 70% полного решения;<br/> 2 балла - Допущена одна существенная ошибка или изложено менее 60% полного решения;<br/> 1 балл - В процессе решения задачи допущены существенные ошибки или изложено менее 40% полного решения;<br/> 0 баллов - Неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения.</p> |
|--|--|--|--|--|---|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения   | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|--|---|
| экзамен                      | <p>Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не обязательно. Оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине происходит на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Студент может улучшить свой рейтинг, пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации. Контрольное мероприятие проводится очно в письменной форме по расписанию сессии. На подготовку билета отводится 120 минут.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения   | № КМ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |  |   |
|-------------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--|---|
|             |   | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |  |   |
| ОПК-2       | Знает: основные математические методы и модели теории оптимизации   |      |   |   | + | + | + | + | + | + | +  | +  |  | + |
| ОПК-2       | Умеет: применять методы и модели теории оптимизации, а также проверять адекватность полученных решений        |      |   |   | + | + |   | + | + | + | +  | +  |  | + |
| ОПК-2       | Имеет практический опыт: реализации и верификации адекватности полученных решений методами теории оптимизации | +    | + | + |   | + |   | + | + | + |    |    |  | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

Не предусмотрена

#### б) дополнительная литература:

1. Панюков, А. В. Математическое моделирование экономических процессов Текст учеб. пособие для экон. и матем. специальностей вузов А. В. Панюков ; ЮУрГУ. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2010. - 191 с.
2. Васильев, Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач Текст Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика" Ф. П. Васильев. - М.: Наука, 1980. - 518 с. ил.
3. Галеев, Э. М. Оптимизация : Теория. Примеры. Задачи Текст учеб. пособие для ун-тов Э. М. Галеев. - 4-е изд. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2012. - 335 с. ил.
4. Ширяев, В. И. Исследование операций и численные методы оптимизации Текст учеб. пособие для экон. специальностей ун-тов В. И. Ширяев. - Изд. 3-е, стер. - М.: КомКнига, 2007. - 210, [1] с.
5. Вся высшая математика Т. 6 Учеб. для вузов М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко и др. - М.: УРСС, 2003. - 254 с. ил.
6. Карманов, В. Г. Математическое программирование Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика" В. Г. Карманов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1986. - 286 с. граф.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методы одномерной оптимизации : методические указания и задания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации»/ сост. Т. М. Попова. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. – 26 с.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методы одномерной оптимизации : методические указания и задания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации»/ сост. Т. М. Попова. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. – 26 с.

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы      | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание  |
|---|---------------------|--|---|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система          | Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Л. Акулич. — Электрон. дан. — Санкт- |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|   |  | издательства Лань                                 | Петербург : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2027">https://e.lanbook.com/book/2027</a> . — Загл. с экрана.   |
| 2 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Струченков, В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2009. — 320 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/13781">http://e.lanbook.com/book/13781</a> — Загл. с экрана.   |
| 3 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Власов, В.А. Методы оптимизации и оптимального управления: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] / В.А. Власов, А.О. Толоконский. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2013. — 88 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/75855">http://e.lanbook.com/book/75855</a> — Загл. с экрана.                     |
| 4 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Алексеев, В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Алексеев, Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/2097">https://e.lanbook.com/book/2097</a> . — Загл. с экрана |
| 5 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах. [Электронный ресурс] / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 512 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/67460">http://e.lanbook.com/book/67460</a> — Загл. с экрана.  |
| 6 | Дополнительная литература                                | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Аттетков, А.В. Введение в методы оптимизации. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Финансы и статистика, 2011. — 272 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/53756">http://e.lanbook.com/book/53756</a> — Загл. с экрана.  |
| 7 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Сухарев, А.Г. Курс методов оптимизации. [Электронный ресурс] / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2011. — 384 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/2330">http://e.lanbook.com/book/2330</a> — Загл. с экрана.   |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий                     | № ауд.      | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|-------------|--|
| Практические занятия и семинары | 405<br>(1)  | Компьютер, проектор  |
| Лекции                          | 204<br>(3г) | Проектор, экран, документ-камера.  |