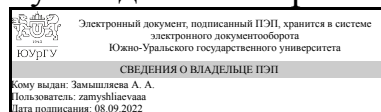


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



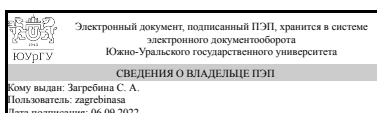
А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.09 Теория оптимизации
для направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Математическое и компьютерное моделирование

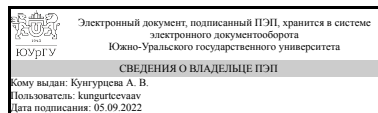
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 9

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 |
|---|---|
| УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | Знает: методы оптимизации решений конкретных задач, с учётом имеющихся ограничений Умеет: проектировать решение задачи, выбирая оптимальный способ её решения Имеет практический опыт: анализа альтернативных вариантов решений для достижения оптимальных результатов |
| ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности | Знает: принципы моделирования экономических, экологических, социальных, технических задач в форме задач оптимизации Умеет: применять методы оптимизации в математическом моделировании Имеет практический опыт: моделирования социальных задач и производственных процессов |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| | |
|---|---|
| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
| 1.О.15 Уравнения математической физики | 1.О.11 Дискретная оптимизация |

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

| | |
|--|---|
| Дисциплина | Требования |
| 1.О.15 Уравнения математической физики | Знает: методы решений уравнений математической физики Умеет: модифицировать алгоритмы решения уравнений математической физики в зависимости от краевых и начальных условий Имеет практический опыт: |

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 72,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 6 | |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 108 | 108 | |
| <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> | 35,5 | 35,5 | |
| Выполнение индивидуального домашнего задания | 15 | 15 | |
| Подготовка к экзамену | 20,5 | 20,5 | |
| Консультации и промежуточная аттестация | 8,5 | 8,5 | |
| 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

| № | № | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол- |
|---|---|---|------|
|---|---|---|------|

| лекции | раздела | | 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: https://e.lanbook.com/book/2027 . — Загл. с экрана. | 6 | 15 |
| 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: https://e.lanbook.com/book/2097 . — Загл. с экрана Главы 1-3 | 6 | 20,5 |

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)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|------|------------|---|------------------|
| 1 | 6 | Текущий контроль | П1 | 0,06 | 6 | На каждом практическом занятии со 2 по 6 неделю семестра за выполнение домашнего задания выставляется максимально 1,2 балла. При этом, 1,2 балла выставляется за полностью правильно выполненное домашнее задание, если задание выполнено не полностью, то выставляется $0,012 \cdot r$, где r - процент выполненного домашнего задания. Если студент не приступал к выполнению домашнего задания, то выставляется 0 баллов. Все полученные за каждое практическое занятие баллы суммируются, сумма округляется до целого числа. | экзамен |
| 2 | 6 | Текущий контроль | П2 | 0,06 | 6 | На каждом практическом занятии со 7 по 11 неделю семестра за выполнение | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|----|------|---|--|---------|
| | | | | | | домашнего задания выставляется максимально 1,2 балла. При этом, 1,2 балла выставляется за полностью правильно выполненное домашнее задание, если задание выполнено не полностью, то выставляется $0,012 \cdot r$, где r - процент выполненного домашнего задания. Если студент не приступал к выполнению домашнего задания, то выставляется 0 баллов. Все полученные за каждое практическое занятие баллы суммируются, сумма округляется до целого числа. | |
| 3 | 6 | Текущий контроль | ПЗ | 0,06 | 6 | На каждом практическом занятии с 12 по 16 неделю семестра за выполнение домашнего задания выставляется максимально 1,2 балла. При этом, 1,2 балла выставляется за полностью правильно выполненное домашнее задание, если задание выполнено не полностью, то выставляется $0,012 \cdot r$, где r - процент выполненного домашнего задания. Если студент не приступал к выполнению домашнего задания, то выставляется 0 баллов. Все полученные за каждое практическое занятие баллы суммируются, сумма округляется до целого числа. | экзамен |
| 4 | 6 | Текущий контроль | T1 | 0,06 | 6 | Контрольное мероприятие T1 проводится на практическом занятии в течение 30 минут. Баллы выставляются по следующей схеме: Задача 1. Записано необходимое условие экстремума - 1 балл; Верно решена система - 1 балл; Записано верно достаточное условие и сделан вывод - 1 балл. Задача 2. Выписана верно функция Лагранжа - 1 балл; Проверено необходимое условие локального экстремума - 1 балл; 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. Баллы выставляются по следующей схеме: - Записано и верно решено уравнение Эйлера - 1 балл; - Найдено верно экстремаль - 1 балл; - Проверено условие Лежандра - 1 балл; - Решено уравнение Якоби - 1 балл; - Проверено условие Якоби - 1 балл; - Сделан вывод - 1 балл. | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|-----|------|----|--|---------|
| 6 | 6 | Текущий контроль | ТЗ | 0,06 | 6 | <p>Баллы выставляются за конспект лекций. За полный конспект каждой лекции выставляется 0,375 баллов. Если конспект лекции отсутствует, то выставляется 0 баллов.</p> <p>В итоге баллы суммируются и округляются до целого числа.</p> | экзамен |
| 7 | 6 | Текущий контроль | ПК1 | 0,12 | 12 | <p>Контрольное мероприятие ПК1 проводится в аудитории в течение 2 часов.</p> <p>Оценивание:</p> <p>Задача 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 балл за правильное исследование в пункте а); -1 балл за правильное решение в пункте б). <p>Задача 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 балл за составление математической модели; -1 балл за правильное решение геометрическим методом; - 1 балл за правильную запись двойственной задачи; - 1 балл за верное решение двойственной задачи. <p>Задача 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 балл за правильную запись условий Куна-Таккера; -1 балл за проверку необходимых условий; -1 балл за проверку достаточных условий. <p>Задача 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 балл за правильную каноническую форму ЗЛП; - 1 балл за правильную первую симплекс-таблицу; - 1 балл за верный ответ. | экзамен |
| 8 | 6 | Текущий контроль | ПК2 | 0,12 | 12 | <p>Контрольное мероприятие выполняется на практическом занятии. Оценивание:</p> <p>Задача 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 балл - найдена экстремаль; - 1 балл - верно записано определение через приращение функционала; - 1 балл - доказано существование или отсутствие экстремума. <p>Задача 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 балл - записан лагранжиан; - 1 балл - записано и решено уравнение Эйлера; - 1 балл - записаны и решены условия трансверсальности; - 1 балл - записаны и решены условия стационарности; - 1 балл - исследована полученная экстремаль на экстремум. <p>Задача 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> -1 балл - записана математическая модель задачи; -1 балл - для полученной задачи | экзамен |

| | | | | | | | |
|----|---|--------------------------|-----|-----|----|--|---------|
| | | | | | | вариационного исчисления найдена допустимая экстремаль; -1 балл - проверены достаточные условия; -1 балл - сделан вывод в терминах задачи. | |
| 9 | 6 | Текущий контроль | ИДЗ | 0,2 | 20 | Баллы выставляются по следующей схеме: 1 пункт: - по 1 баллу за каждое найденное допустимое решение (всего 5 решений); - 1 балл за полный правильный перебор. 2 пункт: -1 балл за правильное приведение задачи к стандартному виду; -1 балл за модификацию задачи к ЗЛП с двумя переменными; -по у баллу за каждую правильно построенную прямую (всего 3); - 1 балл за правильную область; -1 балл за правильный вектор градиента; - 1 балл за правильную выбранную точку экстремума; - 1 балл за верные координаты точки экстремума; -1 балл за правильно найденное решение ЗЛП. 3 пункт: -1 балл за правильный вид двойственной задачи; -1 балл за верное применение критериев Канторовича; -1 балл за решение двойственной задачи; -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. Каждая задача первой части оценивается: 4 балла - Задача решена и оформлена правильно; 3 балла - Задача решена в целом правильно, содержит не более двух негрубых ошибок, не влияющих на общий ход решения задачи, решение доведено до ответа; 2 балла - Задача, возможно не доведена до ответа, но метод решения выбран верно. Изложено не менее 60% полного решения; 1 балл - В процессе решения задачи допущены существенные ошибки или изложено менее 40% полного решения; 0 баллов - неверно выбран метод решения или изложено менее 20% полного решения. Каждая задача второй части оценивается: | экзамен |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | | | <p>5 баллов - Задача решена и оформлена правильно;</p> <p>4 балла - Задача решена в целом правильно, содержит не более двух негрубых ошибок, не влияющих на общий ход решения задачи, решение доведено до ответа;</p> <p>3 балла - Задача, возможно не доведена до ответа, но метод решения выбран верно. Изложено не менее 70% полного решения;</p> <p>2 балла - Допущена одна существенная ошибка или изложено менее 60% полного решения;</p> <p>1 балл - В процессе решения задачи допущены существенные ошибки или изложено менее 40% полного решения;</p> <p>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 | 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. | 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 |
| УК-2 | Знает: методы оптимизации решений конкретных задач, с учётом имеющихся ограничений | + | | + | | + | | + | | | | + |
| УК-2 | Умеет: проектировать решение задачи, выбирая оптимальный способ её решения | + | | + | | + | | + | | | | + |
| УК-2 | Имеет практический опыт: анализа альтернативных вариантов решений для достижения оптимальных результатов | + | | + | | + | | | | | | + |
| ОПК-3 | Знает: принципы моделирования экономических, экологических, социальных, технических задач в форме задач оптимизации | + | | + | | + | | + | | ++ | | + |
| ОПК-3 | Умеет: применять методы оптимизации в математическом моделировании | + | | + | | + | | + | | ++ | | + |
| ОПК-3 | Имеет практический опыт: моделирования социальных задач и производственных процессов | + | | + | | + | | | | | | + |

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 издательства Лань | 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: https://e.lanbook.com/book/2027 . — 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: http://e.lanbook.com/book/13781 — 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: http://e.lanbook.com/book/75855 — 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: https://e.lanbook.com/book/2097 . — 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: http://e.lanbook.com/book/67460 — 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: http://e.lanbook.com/book/53756 — 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: http://e.lanbook.com/book/2330 — 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 (1) | Компьютер, проектор |
| Лекции | 204 (3г) | Проектор, экран, документ-камера. |