

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.02. Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 года № 9 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол от 10.06.2021 № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021 № 9/1

Зав. кафедрой д.ф.-м.н, профессор _____ А.А. Куркин
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению учебно-методическим советом института ИРИТ, Протокол № 1 от 10.06.2021 г.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № _____ 01.03.02-П-30
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)..... | 4 |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ | 4 |
| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | 5 |
| 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО | 6 |
| 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 7 |
| 6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 16 |
| 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 23 |
| 8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 25 |
| 9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ | 27 |
| 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ..... | 27 |
| 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.... | 29 |
| 12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 32 |

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является изучение методов безусловной и условной оптимизации функций одной и многих переменных, включая классификацию задач оптимизации, классические результаты о необходимых и достаточных условиях оптимальности и методы их использования, а также численные методы оптимизации.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля): усвоение классификации задач оптимизации, классических результатов о необходимых и достаточных условиях оптимальности и методов их использования, а также численных методов оптимизации, получение навыков решения задач оптимизации функций одной и многих переменных.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.Б.30 Методы оптимизации включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математический анализ, Алгебра и геометрия, Основы информатики, Языки и методы программирования в объеме программы бакалавриата. Предшествующими курсами², на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы оптимизации» являются Математический анализ, Алгебра и геометрия.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: Вариационное исчисление, Теория игр и исследование операций, Методы компьютерной томографии и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является сочетание аналитических и численных методов.

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению

² Для дисциплин, которые изучаются в первом семестре, предшествующие курсы не указываются

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на:

- формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки (специальности):

а) универсальных (УК): -

б) общепрофессиональных (ОПК): ОПК-2 (Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач);

в) профессиональных (ПК) -:

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинам

| Наименование дисциплин, формирующих компетенции совместно | Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки бакалавра /специалиста/магистра» | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Код компетенции ОПК-2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Языки и методы программирования | * | * | | | | | | |
| Структуры данных | | | | * | | | | |
| Технология программирования | | | * | | | | | |
| Численные методы | | | | | * | * | | |
| Методы оптимизации | | | | | | | * | |

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы) | | | Оценочные материалы (ОМ) | |
|---|---|--|--|--|---|--------------------------|
| | | | | | текущего контроля | промежуточной аттестации |
| ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач | ИОПК-2.1. Выбирает математические методы решения прикладных задач, строит алгоритмы решения | Знать: основы выпуклого анализа; основные понятия и аппарат математического программирования и классического вариационного исчисления, основные алгоритмы решения задач математического программирования и вариационного исчисления | Уметь: определять тип задачи математического программирования; определять тип задачи вариационного исчисления; решать простейшие задачи каждого типа; правильно выбрать численный метод решения задачи конечномерной оптимизации; строить оптимизационные модели простейшего типа | Владеть: методами математического программирования и классического вариационного исчисления; навыками применения компьютерных технологий для реализации численных методов оптимизации | Домашние задания Расчетная работа по симплекс-методу Лабораторные работы по численным методам оптимизации | Экзаменационные билеты |

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3³

Распределение трудоёмкости дисциплины⁴ по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы | Трудоёмкость в час | |
|--|--|---------------------|
| | Всего час. | В т.ч. по семестрам |
| | | сем №7 |
| Формат изучения дисциплины | с использованием элементов электронного обучения | |
| Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану | 144 | 144 |
| 1. Контактная работа: | 57 | 57 |
| 1.1. Аудиторная работа, в том числе: | 51 | 51 |
| занятия лекционного типа (Л) | 17 | 17 |
| занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др.) | 17 | 17 |
| лабораторные работы (ЛР) | 17 | 17 |
| 1.2. Внеаудиторная, в том числе | 6 | 6 |
| текущий контроль, консультации по дисциплине ⁵ | 4 | 4 |
| контактная работа на промежуточной аттестации (КРА) | 2 | 2 |
| 2. Самостоятельная работа (СРС) | 51 | 51 |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим | 51 | 51 |

³ Таблица 3 заполняется идентично для всех форм обучения,

⁴ Шаблон таблицы для двух семестровой дисциплины. : -/- соответственно для очной, заочной форм обучения

⁵ Консультации 4 часа на группу (на дисциплину)

| Вид учебной работы | Трудоёмкость в час | |
|---|--------------------|---------------------|
| | Всего час. | В т.ч. по семестрам |
| | | сем №7 |
| занятиям, коллоквиум и т.д.) | | |
| Подготовка к экзамену (контроль) ⁶ | 36 | 36 |

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Рекомендуется, чтобы в объем самостоятельной работы по дисциплине включались: не менее 1 часа самостоятельной работы на каждый час лабораторных занятий, не менее 0,75 часа самостоятельной работы на каждый час практических занятий, не менее 0,25 часа самостоятельной работы на каждый час лекционных занятий.

В разделе 2 таблицы 3 указываются все виды самостоятельной работы (СРС), указанные в рабочей программе. Все виды самостоятельной работы должны быть конкретизированы. Например, при изучении литературы указывается ее номер по рабочей программе и конкретные страницы (или §) в ней. Для домашних заданий указываются конкретные номера примеров в литературном источнике.

Количество часов самостоятельной работы (СРС) распределяется по темам по усмотрению преподавателя, но с учетом необходимости подготовки к различным видам текущего контроля, выполнения расчетного задания и курсового проектирования. Объем самостоятельной работы, указанный в разделе 2, должен быть реализован во время, указанное в графе СРС.

На выполнение курсовой работы, курсового проекта студенту (в рамках изучения дисциплины) отводится не менее одной зачетной единицы. На индивидуальное консультирование курсовых проектов/работ ППС отводится соответственно 3/2 часа контактной работы на каждого студента. Допускается выполнение не более двух курсовых работ (проектов) в семестре.

На подготовку к экзамену и зачету с оценкой студенту отводится 36 часов, включая 34 часа самостоятельной работы студента и 2 часа контактной работы (на консультацию перед экзаменом).

Промежуточная аттестация в форме зачета (без оценки) может проводиться как письменный или устный зачет по билетам, при этом на подготовку к зачету и сдачу зачета отводится 18 часов, включая 17,65 часа самостоятельной работы студента и 0,35 часа контактной работы (на прием зачета). Оценка по промежуточной аттестации в форме зачета также может определяться по совокупности результатов текущего контроля успеваемости по дисциплине, в этом случае отдельные часы на подготовку к зачету и сдачу зачета не выделяются.

⁶ Количество часов из учебного плана (колонка Контроль), ненужное удалить (зачет с оценкой или экзамен)

5.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины

В подразделе приводится тематический план, детализируется расширенное содержание дисциплины по разделам и темам. Если дисциплина более одного семестра, то изучаемые разделы должны быть разбиты по семестрам (по модулям обучения). Содержание дисциплины должно определяться целью курса. Структурировано по разделам, темам и рассматриваемым вопросам.

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы | | | | Вид СРС ⁷ | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ⁸ | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ⁹ (при наличии) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁰ (при наличии) |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|
| | | Контактная работа | | | Самостоятельная работа студентов (СРС), час | | | | |
| | | Лекции, час | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час | | | | | |
| 7 семестр | | | | | | | | | |
| ОПК-2: ИОПК-2.1 | Раздел 1 (Элементарный выпуклый анализ) ¹¹ | | | | | | | | |
| | Тема 1.1(Выпуклые множества) Определение и простейшие свойства выпуклых множеств. Граничные точки выпуклых множеств. Проекция точки на множество. Теоремы о проекции. Неотрицательная и выпуклая комбинации точек. Коническая и выпуклая оболочки множества. Теоремы отделимости выпуклых множеств. Опорные гиперплоскости | 0 | 0 | 3 | 3 | Самостоятельное изучение раздела, 3.4 (ст.4-28) | | | |

⁷ указывается вид СРС с указанием порядкового номера учебника, учебного пособия, методических разработок, указанных в разделе 6 настоящей РПД, например, 1.2 стр 56-72

⁸ Указываются образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы: компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги и т.п

⁹ приводятся количество часов Практической подготовки (при наличии), которая производится на предприятиях, согласно договору НГТУ (берутся из ОП ВО, раздел _____)

¹⁰ при наличии, приводятся наименование разработанного Электронного курса в рамках раздела (разделов) , прошедшего экспертизу (трудоемкость в часах)

¹¹ приводятся содержание разделов, в том числе тех, которые изучаются студентами самостоятельно

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы | | | | Вид СРС ⁷ | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ⁸ | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ⁹ (при наличии) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁰ (при наличии) |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|---|---|
| | | Контактная работа | | | Самостоятельная работа студентов (СРС), час | | | | |
| | | Лекции, час | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час | | | | | |
| | Тема 1. 2 (Выпуклые функции) Определение выпуклой функции и его геометрический смысл. Простейшие свойства выпуклых функций. Дифференцируемость выпуклой функции по возможным направлениям. Свойство непрерывности выпуклой функции. Критерии выпуклости в классе дифференцируемых функций нескольких переменных. Критерий выпуклости в классе дважды дифференцируемых функций многих переменных. Точки минимума выпуклых функций. Критерий точки минимума выпуклой функции. Сильно выпуклые функции. | 0 | 0 | 3 | 3 | Самостоятельное изучение раздела, 3.4 (ст.29-47) | | | |
| | Итого по 1 разделу | 0 | 0 | 6 | 6 | | | | |
| | Раздел 2 (Общая задача оптимизации) | | | | | | | | |
| | Тема 2.1 (Постановка общей задачи оптимизации и условия существования решения) Общая задача оптимизации, классификация, примеры. Теорема Вейерштрасса и ее следствия. | 2 | 0 | 0 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст.7-9) | | | |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы | | | | Вид СРС ⁷ | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ⁸ | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ⁹ (при наличии) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁰ (при наличии) |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|
| | | Контактная работа | | | Самостоятельная работа студентов (СРС), час | | | | |
| | | Лекции, час | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час | | | | | |
| | Тема 2.2 (Гладкие задачи на безусловный экстремум. Необходимые условия первого и второго порядка. Достаточные условия второго порядка) | 2 | 0 | 0 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст.9-11) | | | |
| | Тема 2.3 (Задача условной оптимизации) Направления спуска. Необходимое и достаточное условия направления спуска для дифференцируемых функций. Необходимое условие оптимальности в общей задаче минимизации. Гладкие задачи на условный экстремум. Необходимое условие оптимальности первого порядка. Необходимое и достаточное условие оптимальности второго порядка. | 2 | 0 | 0 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст. 38, 138-140, 9-11) | | | |
| | Итого по 2 разделу | 6 | 0 | 0 | 6 | | | | |
| | Раздел 3 (Гладкие задачи математического программирования) | | | | | | | | |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы | | | | Вид СРС ⁷ | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ⁸ | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ⁹ (при наличии) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁰ (при наличии) |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|
| | | Контактная работа | | | Самостоятельная работа студентов (СРС), час | | | | |
| | | Лекции, час | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час | | | | | |
| | Тема 3.1 (Задача математического программирования: постановка и основные результаты) Постановка задачи математического программирования. Классификация задач математического программирования. Принцип Лагранжа и его геометрический смысл. Достаточное условие глобального минимума в задаче выпуклого программирования. | 2 | 0 | 2 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст.147-149) | | | |
| | Тема 3.2 (Условия регулярности) Достаточные условия регулярности в задаче математического программирования: простейшее условие, условие Слейтера, условие линейности. | 2 | 0 | 2 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст. 150-158, 82-83, 129-134) | | | |
| | Тема 3.3 (Условия оптимальности второго порядка) Необходимые и достаточные условия оптимальности второго порядка. | 2 | 0 | 2 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст. 160-164) | | | |
| | Итого по 3 разделу | 6 | 0 | 6 | 6 | | | | |
| | Раздел 4 (Выпуклое и линейное программирование) | | | | | | | | |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы | | | | Вид СРС ⁷ | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ⁸ | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ⁹ (при наличии) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁰ (при наличии) |
|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|---|---|---|
| | | Контактная работа | | | Самостоятельная работа студентов (СРС), час | | | | |
| | | Лекции, час | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час | | | | | |
| | Тема 4.1 (Выпуклое программирование) Выпуклое программирование (ВП). Теорема Куна-Таккера (К-Т) в дифференциальной форме. Теорема К-Т в форме утверждения о седловой точке. Понятие двойственной задачи и ее свойства. Теорема двойственности. Теорема Куна-Таккера в форме двойственности. | 3 | 0 | 2 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст. 158-159) | | | |
| | Тема 4.2 (Линейное программирование) Классификация задач линейного программирования. Достаточные условия существования решения. Конкретизация основных результатов теории выпуклого программирования на случай задачи линейного программирования. | 2 | 0 | 3 | 2 | Самоподготовка, 1.1 (ст. 197-206) | | | |
| | Итого по 4 разделу | 5 | 0 | 5 | 4 | | | | |
| | Раздел 5 (Численные методы оптимизации) | | | | | | | | |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы | | | | Вид СРС ⁷ | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ⁸ | Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ⁹ (при наличии) | Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁰ (при наличии) |
|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|
| | | Контактная работа | | | Самостоятельная работа студентов (СРС), час | | | | |
| | | Лекции, час | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час | | | | | |
| | Тема 5.1 (Одномерная оптимизация) Классификация численных методов оптимизации. Одномерная минимизация. Минимизация унимодальных функций: метод дихотомии, метод половинного деления, метод золотого сечения. | 0 | 6 | 0 | 7 | Самостоятельное изучение раздела, 3.5 (ст. 5-46) | | | |
| | Тема 5.2 (Безусловная многомерная оптимизация) Градиентные методы и метод Ньютона, понятие о квазиньютоновских методах, методы сопряженных направлений и сопряженных градиентов. | 0 | 6 | 0 | 7 | Самостоятельное изучение раздела, 3.5 (ст. 47-104) | | | |
| | Тема 5.3 (Симплекс-метод для решения задач линейного программирования) | 0 | 5 | 0 | 8 | Самостоятельное изучение раздела, 3.3 (ст. 1-40) | | | |
| | Тема 5.4 (Условная многомерная оптимизация) методы условного градиента и проекции градиента; идея метода штрафных функций. | 0 | 0 | 0 | 7 | Самостоятельное изучение раздела, 1.1 (ст. 256-298) | | | |
| | Итого по 5 разделу | 0 | 17 | 0 | 29 | | | | |
| | ИТОГО ЗА СЕМЕСТР | 17 | 17 | 17 | 51 | | | | |
| | ИТОГО по дисциплине | 17 | 17 | 17 | 51 | | | | |

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущий контроль осуществляется по всем видам учебного процесса: тестирование по темам лекционных занятий, решение практических задач, расчетно-графические работы, контрольные работы.

В разделе указывается перечень типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины; описание шкал оценивания; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. Представленные контрольные мероприятия должны соответствовать таблицам 2 и 4.

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

6.1.1. Контрольные вопросы

| Вопрос | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| 1. Определение и простейшие свойства выпуклых множеств. | ОПК-2 |
| 2. Граничные точки выпуклых множеств. | ОПК-2 |
| 3. Проекция точки на множество. Теоремы о проекции. | ОПК-2 |
| 4. Неотрицательная и выпуклая комбинации точек. | ОПК-2 |
| 5. Коническая и выпуклая оболочки множества. | ОПК-2 |
| 6. Теоремы отделимости выпуклых множеств. | ОПК-2 |
| 7. Опорные гиперплоскости. | ОПК-2 |
| 8. Сопряженный конус. Теорема Фаркаша. | ОПК-2 |
| 9. Возможные (допустимые) направления. | ОПК-2 |
| 10. Определение выпуклой функции и его геометрический смысл. Простейшие свойства выпуклых функций. | ОПК-2 |
| 11. Дифференцируемость выпуклой функции по возможным направлениям. | ОПК-2 |
| 12. Свойство непрерывности выпуклой функции. | ОПК-2 |
| 13. Критерии выпуклости в классе дифференцируемых функций | ОПК-2 |

| | |
|--|-------|
| нескольких переменных. | |
| 14. Критерий выпуклости в классе дважды дифференцируемых функций многих переменных. | ОПК-2 |
| 15. Точки минимума выпуклых функций. Критерий точки минимума выпуклой функции. | ОПК-2 |
| 16. Сильно выпуклые функции. | ОПК-2 |
| 17. Понятие о математической теории оптимизации и математическом программировании (МП) как одном из ее разделов. Примеры задач оптимизации. | ОПК-2 |
| 18. Теорема Вейерштрасса и ее следствия. | ОПК-2 |
| 19. Гладкие задачи на безусловный экстремум. Необходимые условия первого порядка. | ОПК-2 |
| 20. Гладкие задачи на безусловный экстремум. Необходимые условия второго порядка. | ОПК-2 |
| 21. Гладкие задачи на безусловный экстремум. Достаточные условия второго порядка. | ОПК-2 |
| 22. Направления спуска. Необходимое условие оптимальности в общей задаче минимизации. Необходимое и достаточное условия направления спуска для дифференцируемых функций. | ОПК-2 |
| 23. Гладкие задачи на условный экстремум. Необходимое условие оптимальности первого порядка. | ОПК-2 |
| 24. Гладкие задачи на условный экстремум. Необходимое условие оптимальности в классе дважды дифференцируемых функций. | ОПК-2 |
| 25. Гладкие задачи на условный экстремум. Достаточное условие оптимальности в классе дважды дифференцируемых функций | ОПК-2 |

| | |
|--|-------|
| 26. Классификация задач математического программирования. | ОПК-2 |
| 27. Принцип Лагранжа и его геометрический смысл. | ОПК-2 |
| 28. Достаточное условие глобального минимума в задаче выпуклого программирования. | ОПК-2 |
| 29. Простейшее условие регулярности в задаче математического программирования. | ОПК-2 |
| 30. Достаточные условия регулярности в задаче математического программирования: условие Слейтера. | ОПК-2 |
| 31. Достаточные условия регулярности в задаче математического программирования: условие линейности. | ОПК-2 |
| 32. Необходимые условия второго порядка в задаче математического программирования. | ОПК-2 |
| 33. Достаточные условия второго порядка в задаче математического программирования | ОПК-2 |
| 34. Выпуклое программирование. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме. | ОПК-2 |
| 35. Понятие седловой точки функции Лагранжа. Критерий седловой точки. | ОПК-2 |
| 36. Теорема Куна-Таккера в форме утверждения о седловой точке. Связь с теоремой Куна-Таккера в дифференциальной форме. | ОПК-2 |
| 37. Понятие двойственной задачи и ее свойства. | ОПК-2 |
| 38. Теорема двойственности. | ОПК-2 |
| 39. Теорема Куна-Таккера в форме двойственности. | ОПК-2 |
| 40. Теорема существования решения в задачах ЛП. | ОПК-2 |
| 41. Теория двойственности для задач ЛП | ОПК-2 |

| | |
|--|-------|
| 42. Классификация численных методов оптимизации. | ОПК-2 |
| 43. Метод дихотомии. | ОПК-2 |
| 44. Метод половинного деления. | ОПК-2 |
| 45. Метод золотого сечения. | ОПК-2 |
| 46. Безусловная минимизация функций многих переменных: овражный эффект. | ОПК-2 |
| 47. Безусловная минимизация функций многих переменных: метод наискорейшего спуска. Теорема о сходимости. | ОПК-2 |
| 48. Безусловная минимизация функций многих переменных: метод Ньютона: идея, алгоритм, достоинства и недостатки, сравнение с градиентными методами. | ОПК-2 |
| 49. Условная минимизация функций многих переменных: метод проекции градиента. Теорема о сходимости. | ОПК-2 |
| 50. Условная минимизация функций многих переменных: метод условного градиента. Теорема о сходимости. | ОПК-2 |
| 51. Условная минимизация функций многих переменных: метод квадратичного штрафа. | ОПК-2 |
| 52. Симплекс-метод решения задач линейного программирования: каноническая задача ЛП. Приведение задач ЛП к каноническому виду. | ОПК-2 |
| 53. Основные определения симплекс-метода: вершина, ребро, базис вершины. Соответствие между вершинами и базисами. Ребра, выходящие из невырожденной вершины. | ОПК-2 |
| 54. Итерационный алгоритм симплекс-метода в невырожденном случае. Итерационные формулы. Симплекс-таблица (СТ). Анализ и пересчет СТ. | ОПК-2 |
| 55. Симплекс-метод решения задач линейного программирования: отыскание начальной вершины методом искусственного базиса | ОПК-2 |

6.1.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции

Вариант 1

Задача 1. Проверить на выпуклость функцию $f(x) = (x_1)^2 - x_1 x_2 + (x_2)^2$ на множестве $X = R^2$.

Задача 2. Существует ли точка глобального минимума в задаче оптимизации: $f(x, y) = 5x - 3y \rightarrow \min, x^2 + y^2 \leq 4$? Почему?

Задача 3. Решить с помощью метода множителей Лагранжа задачу оптимизации: $f(x, y) = 5x - 3y \rightarrow \min, x^2 + y^2 \leq 4$.

Задача 4. Решить задачу линейного программирования с помощью теории двойственности:
$$\begin{cases} f(x, y, z) = 2x - y + 3z \rightarrow \min \\ x + 3y - 2z \leq 2, & 2x - y + z = 4, \\ y, z \geq 0. \end{cases}$$

Задача 5. Решить задачу $f(x, y) = x^2 + y^2 \rightarrow \min$ методом Ньютона, начав с точки (1,1).

6.1.3. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции

Вариант 1 (Выпуклый анализ)

Задание 1. Проверить на выпуклость множество $X = \Gamma_{c,\alpha}$.

Задание 2. Проверить на выпуклость функцию $f(x) = 3(x^1)^2 - x^1 x^2 + (x^2)^2$.

Вариант 2 (Общая задача оптимизации)

Задание 1. Для задачи $f(x) = x^1 + x^2 \rightarrow \min, (x^1)^2 + x^2 \leq 1, x^2 \geq 0$, построить допустимое множество и линии уровня целевой функции; указать точку глобального минимума (если она существует). Выполняются ли какие-то достаточные условия существования глобального минимума в этой задаче?

Задание 2. Решить задачу безусловной минимизации: $f(x) = 0.5(Ax, x) - (b, x) + c \rightarrow \min, A = \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$.

Вариант 3 (Гладкие задачи математического программирования)

Задание 1. Решить с помощью метода множителей Лагранжа задачу оптимизации: $f(x) = x^1 + x^2 \rightarrow \min, (x^1)^2 + x^2 \leq 1, x^2 \geq 0$.

Задание 2. Решить с помощью теоремы Куна-Таккера в дифференциальной форме задачу оптимизации: $f(x) = 0.5(Ax, x) - (b, x) + c \rightarrow \min, A = \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}, x^1 + x^2 = 1, x^1, x^2 \geq 0$.

Вариант 4 (Выпуклое и линейное программирование)

Задание 1. Решить задачу линейного программирования с помощью теории двойственности:
$$\begin{cases} f(x, y, z) = 2y - x + 3z \rightarrow \min \\ 3x + y - 2z \leq 2, & 2y - x + z = 4, \\ x, z \geq 0. \end{cases}$$

Задание 2. Решить ту же задачу с помощью теоремы Куна-Таккера в форме утверждения о седловой точке.

Вариант 5 (Численные методы оптимизации)

Задание 1. Решить задачу $f(x, y) = x^2 + 4y^2 \rightarrow \min$ методом Ньютона, начав с точки $(1, -1)$.

Задание 2. Решить симплекс-методом задачу линейного программирования: $f(x) = (c, x) \rightarrow \min$, $Ax = b$, $x \geq 0$, $A = \begin{pmatrix} 2, 1, 1, 0 \\ 1, 3, 0, 2 \end{pmatrix}$, $b = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$, $c = (1, -2, 2, 3)$.

6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **балльно-рейтинговая/традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации знаний.

Например, допустим следующий вариант:

Таблица 5

| Шкала оценивания | Экзамен/ Зачет с оценкой | Зачет |
|------------------|-----------------------------|---------|
| 85-100 | Отлично | зачет |
| 70-84 | Хорошо | |
| 60-69 | Удовлетворительно | |
| 0-59 | Неудовлетворительно | незачет |

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов должны быть представлены критерии выставления оценок по пятибалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» либо «зачет», «незачет».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|---|---|---|---|--|---|
| | | Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля | Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля | Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля | Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля |
| ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач | ИОПК-2.1. Выбирает математические методы решения прикладных задач, строит алгоритмы решения | Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не освоены основные методы оптимизации, неумение их использовать; незнание условий применимости методов оптимизации и неспособность их проверять | Фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса; изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя; затруднения при формулировании результатов и их решений | Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные методы оптимизации и условия их применимости, умеет их проверять, умеет применять методы оптимизации для решения типовых задач. | Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании; умеет применять методы оптимизации для решения прикладных задач. |

| Оценка | Критерии оценивания |
|--|---|
| Высокий уровень «5» (отлично) | оценку « отлично » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень «4» (хорошо) | оценку « хорошо » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. |
| Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) | оценку « удовлетворительно » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. |
| Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) | оценку « неудовлетворительно » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

| № | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|------------------------------|---|---|
| 1 Основная литература | | |
| 1.1 | <p>Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации: Учеб. пособие / А.Г.Сухарев, А.В. Тимохов, В.В.Федоров. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с. – (Классический университетский учебник). – Библиогр.: с.361-363. – Предм. указ.: с.364-367. – ISBN 978-5-9221-0559-0.</p> <p>Сухарев А.Г. Методы оптимизации : Учебник и практикум / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Фёдоров ; МГУ им.М.В.Ломоносова. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 368 с. : ил. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - Библиогр.:с.361-363. - Предм.указ.:с.365-367.- Прил.:с.355-360. - ISBN 978-5-9916-3859-3.</p> | 2 |
| 1.2 | Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб. пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - М. : Высш. шк., 2002. - 544 с. : ил. - (Прикл. математика для втузов). - Библиогр.: с.543-544. - ISBN 5-06-004137-9. | 15 |

| | | |
|-----|---|----|
| 1.3 | Алексеев В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи : Для мат. спец. вузов / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. - М. : Наука, 1984. - 288 с. : ил. - Библиогр.:с.285. - Предм.указ.:с.287-288. | 3 |
| 1.4 | Ашманов С.А. Теория оптимизации в задачах и упражнениях / С. А. Ашманов, А. В. Тимохов. - М. : Наука, 1991. - 446 с. : ил. - Библиогр.:с.441-442. - Предм.указ.:с.444-447. - ISBN 5-02-014253-0. Ашманов С.А. Теория оптимизации в задачах и упражнениях : Учеб.пособие / С. А. Ашманов, А. В. Тимохов. - 2-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2012. - 447 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.:с.441-442. - Предм.указ.:с.444-447. - ISBN 978-5-8114-1366-9. | 16 |

7.2. Справочно-библиографическая литература

СПИСОК ИЗДАНИЙ

| № | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|-----|--|---|
| 2.1 | Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений : Учеб. пособие / И. Г. Черноруцкий. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 416 с. : ил. - Библиогр.:с.395-398. - Прил.:с.393-394.-Предм.указ.:с.399-408. - ISBN 5-94157-481-9. | 13 |
| 2.2 | Васильев Ф.П. Методы оптимизации / Ф. П. Васильев. - М. : Факториал Пресс, 2002. - 824 с. : ил. - Библиогр.:с.788-815. - Предм.указ.:с.816-819. - ISBN 5-88688-056-9. | 1 |
| 2.3 | Аттетков А.В. Методы оптимизации : Учебник для втузов / А. В. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин ; Под ред.В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. - М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2001. - 440 с. : ил. - (Математика в техн.ун-те. Вып.14). - Библиогр.:с.428-432. - Предм.указ.:с.433-436. - ISBN 5-7038-1770-6. - ISBN 5-7038-1270-4. | 9 |
| 2.4 | Корнеев В.П. Методы оптимизации : Учебник / В. П. Корнеев. - М. : Высш.шк., 2007. - 664 с. : ил. - Библиогр.:с.648-653. - Предм.указ.:с.654-657. - ISBN 978-5-06-005531-3. | 6 |

7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

СПИСОК ИЗДАНИЙ

| № | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|-----|---|---|
| 3.1 | Методы оптимизации : Метод.указ.к выполнению курсовых работ и решению типовых задач для студ. спец.22.01.00 / НГТУ.Каф.вычислительной техники; Сост.:Л.С.Ломакина, Е.С.Прохорова; | 60 |

| | | |
|-----|--|----|
| | Науч.ред.В.В.Кондратьев. - Н.Новгород : [Б.и.], 2004. - 29 с. : ил. - Библиогр.:с.29. - Прил.:с.22-29. | |
| 3.2 | Методы оптимизации : Задания к практ.занятиям и самостоятельной работе для студ.спец.230102 дневной и очно-заочной формы обучения / НГТУ, Каф.информатики и систем упр.; Сост.:М.Е.Бушуева, О.П.Тимофеева; Науч.ред.Ю.С.Бажанов. - Н.Новгород : [Б.и.], 2006. - 16 с. - Библиогр.: с.15. | 10 |
| 3.3 | Симплекс-метод решения задач линейного программирования (табличный вариант) : Метод.разработка для студ.спец."Прикл.математика" / НГТУ.ФИСТ.Каф."Прикл.математика"; Сост.А.В.Чернов; Науч.ред.О.Р.Козырев. - Н.Новгород : [Б.и.], 2002. - 40 с. - Библиогр.:с.39-40. | 5 |
| 3.4 | Основы выпуклого анализа : Метод.разработка для студ.спец.010200 "Прикл.математика и информатика" дневной формы обучения по курсу "Вариационное исчисление и методы оптимизации" / НГТУ.Каф."Прикл.математика"; Сост.:В.И.Сумин, А.В.Чернов; Науч. ред. И.П.Рязанцева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2004. - 48 с. : ил. - Библиогр.: с.48. | 76 |
| 3.5 | Чернов А.В. Численные методы оптимизации. Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Методы оптимизации» для студентов всех направлений и специальностей заочной и очно-заочной форм обучения / НГТУ им. Р.Е.Алексеева; автор: А.В.Чернов. – Н.Новгород, 2019. – 104 с. | э |

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

8.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

8. Финансово-экономические показатели Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.minfin.ru/ru/statistics/> – Загл. с экрана.

8.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Таблица 7 - Перечень электронных библиотечных систем

| № | Наименование ЭБС | Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Консультант студента | http://www.studentlibrary.ru/ |
| 2 | Лань | https://e.lanbook.com/ |
| 3 | Юрайт | https://urait.ru/ |
| 4 | КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - | http://www.consultant.ru/ |

Таблица 8 - Перечень программного обеспечения (на 10.11.21)

| Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе | Программное обеспечение свободного распространения |
|---|--|
| MatLAB R2008a (лицензия № 527840) | PascalABC.NET (свободное ПО, лицензия LGPL) |
| | FreePascal IDE(свободное ПО, лицензия GNU GPL 2) |
| | Python 2.7 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License) |
| | Python 3.6 (свободное ПО, лицензия Python Software Foundation License) |

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № | Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы | Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета) |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ | https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts |
| 2 | Электронная база избранных статей по философии | http://www.philosophy.ru/ |
| 3 | Единый архив экономических и социологических данных | http://sophist.hse.ru/data_access.shtml |
| 4 | Базы данных Национального совета по оценочной деятельности | http://www.ncva.ru |
| 5 | Справочная правовая система «КонсультантПлюс» | доступ из локальной сети |
| 6 | Информационно-справочная система «Техксперт» | доступ из локальной сети |

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице **10** указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе **«Доступная среда»** специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.ntnu.ru/sveden/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| № | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|----------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | ЭБС «Консультант студента» | озвучка книг и увеличение шрифта |
| 2 | ЭБС «Лань» | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации |
| 3 | ЭБС «Юрайт» | версия для слабовидящих |

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определен в данном разделе.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

| № | Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы | Оснащенность аудиторий помещений и помещений | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|---|--|--|--|
| 1 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 6421 учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12 | Комплект демонстрационного оборудования: • ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 Гб HDD, монитор 19" – 1шт. • Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; • Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий | <ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3); • Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); • Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0) • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); <p>Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).</p> |
| | 6543 компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12) | <ul style="list-style-type: none"> • Проектор Accer – 1шт; • ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19" – 11 шт.. <p>ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14); • Microsoft Office (лицензия № 43178972); • Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135); • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ- |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | N2G7 от 14.05.19) • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018); Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3) |
|--|--|--|--|

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

- *балльно-рейтинговая технология оценивания (при наличии);*
- *электронное обучение (при наличии);*
- *проблемное обучение (далее выбирается из приложения к РПД);*
- *разбор конкретных ситуаций;*

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий,

требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

11.2 Методические указания для занятий лекционного типа¹²

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

11.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

11.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;

¹²приведены примеры методических указаний. Составитель программы излагает пункты в своей интерпретации

- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

11.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

11.6. Методические рекомендации разработанные преподавателем:

- Симплекс-метод решения задач линейного программирования (табличный вариант) : Метод.разработка для студ.спец."Прикл.математика" / НГТУ.ФИСТ.Каф."Прикл.математика"; Сост.А.В.Чернов; Науч.ред.О.Р.Козырев. - Н.Новгород : [Б.и.], 2002. - 40 с. - Библиогр.:с.39-40.
- Основы выпуклого анализа : Метод.разработка для студ.спец.010200 "Прикл.математика и информатика" дневной формы обучения по курсу "Вариационное исчисление и методы оптимизации" / НГТУ.Каф."Прикл.математика"; Сост.:В.И.Сумин, А.В.Чернов; Науч. ред. И.П.Рязанцева. - Н.Новгород : [Б.и.], 2004. - 48 с. : ил. - Библиогр.: с.48.

11.7. Методические рекомендации НГТУ:

- Методы оптимизации : Метод.указ.к выполнению курсовых работ и решению типовых задач для студ.спец.22.01.00 / НГТУ.Каф.вычислительной техники; Сост.:Л.С.Ломакина, Е.С.Прохорова; Науч.ред.В.В.Кондратьев. - Н.Новгород : [Б.и.], 2004. - 29 с. : ил. - Библиогр.:с.29. - Прил.:с.22-29.
- Методы оптимизации : Задания к практ.занятиям и самостоятельной работе для студ.спец.230102 дневной и очно-заочной формы обучения / НГТУ, Каф.информатики и систем упр.; Сост.:М.Е.Бушуева, О.П.Тимофеева; Науч.ред.Ю.С.Бажанов. - Н.Новгород : [Б.и.], 2006. - 16 с. - Библиогр.: с.15.
- Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_aydit_rab.pdf?20.

- Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samost_rab.pdf?
- Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf

Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценочные средства для контроля освоения дисциплины могут быть изданы отдельными документами, в этом случае на них дается ссылка.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для всех форм текущего контроля (согласно раздела 5 и Таблице 2) должны быть приведены примеры (типовые варианты) оценочных средств и/или даны ссылки на электронный ресурс, где они размещены.

12.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям

Задание 1. Проверить на выпуклость множество $X = \Gamma_{c,\alpha}$.

Задача 2. Проверить на выпуклость функцию $f(x) = (x_1)^2 - x_1x_2 + (x_2)^2$ на множестве $X = R^2$.

Задача 3. Существует ли точка глобального минимума в задаче оптимизации: $f(x, y) = 5x - 3y \rightarrow \min$, $x^2 + y^2 \leq 4$? Почему?

Задача 4. Решить с помощью метода множителей Лагранжа задачу оптимизации: $f(x, y) = 5x - 3y \rightarrow \min$, $x^2 + y^2 \leq 4$.

Задача 5. Решить задачу линейного программирования с помощью теории двойственности:

$$\begin{cases} f(x, y, z) = 2x - y + 3z \rightarrow \min \\ x + 3y - 2z \leq 2, & 2x - y + z = 4, \\ y, z \geq 0. \end{cases}$$

Задание 6. Для задачи $f(x) = x^1 + x^2 \rightarrow \min$, $(x^1)^2 + x^2 \leq 1$, $x^2 \geq 0$, построить допустимое множество и линии уровня целевой функции; указать точку глобального минимума (если она существует). Выполняются ли какие-то достаточные условия существования глобального минимума в этой задаче?

Задание 7. Решить задачу безусловной минимизации: $f(x) = 0.5(Ax, x) - (b, x) + c \rightarrow \min$,

$$A = \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Задание 8. Решить с помощью метода множителей Лагранжа задачу оптимизации: $f(x) = x^1 + x^2 \rightarrow \min$, $(x^1)^2 + x^2 \leq 1$, $x^2 \geq 0$.

Задание 10. Решить с помощью теоремы Куна-Таккера в дифференциальной форме задачу оптимизации:

$$f(x) = 0.5(Ax, x) - (b, x) + c \rightarrow \min, A = \begin{pmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}, x^1 + x^2 = 1, x^1, x^2 \geq 0.$$

Задание 9. Решить задачу линейного программирования с помощью теории двойственности:

$$\begin{cases} f(x, y, z) = 2y - x + 3z \rightarrow \min \\ 3x + y - 2z \leq 2, & 2y - x + z = 4, \\ x, z \geq 0. \end{cases}$$

Задание 10. Решить задачу $f(x, y) = x^2 + 4y^2 \rightarrow \min$ методом Ньютона, начав с точки $(1, -1)$.

Задание 11. Решить симплекс-методом задачу линейного программирования: $f(x) = (c, x) \rightarrow \min$,

$$Ax = b, x \geq 0, A = \begin{pmatrix} 2, 1, 1, 0 \\ 1, 3, 0, 2 \end{pmatrix}, b = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, c = (1, -2, 2, 3).$$

12.1.2. Типовые задания для лабораторных работ

1. Методы минимизации унимодальных функций
2. Градиентные методы безусловной оптимизации
3. Симплекс-метод

12.1.3. Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

1. Определение и простейшие свойства выпуклых множеств.
2. Граничные точки выпуклых множеств.
3. Проекция точки на множество. Теоремы о проекции.
4. Неотрицательная и выпуклая комбинации точек.
5. Коническая и выпуклая оболочки множества.
6. Теоремы отделимости выпуклых множеств.
7. Опорные гиперплоскости.
8. Сопряженный конус. Теорема Фаркаша.
9. Возможные (допустимые) направления.
10. Определение выпуклой функции и его геометрический смысл. Простейшие свойства выпуклых функций.
11. Дифференцируемость выпуклой функции по возможным направлениям.
12. Свойство непрерывности выпуклой функции.
13. Критерии выпуклости в классе дифференцируемых функций нескольких переменных.
14. Критерий выпуклости в классе дважды дифференцируемых функций многих переменных.
15. Точки минимума выпуклых функций. Критерий точки минимума выпуклой функции.
16. Сильно выпуклые функции.
17. Понятие о математической теории оптимизации и математическом программировании (МП) как одном из ее разделов. Примеры задач оптимизации.
18. Теорема Вейерштрасса и ее следствия.
19. Гладкие задачи на безусловный экстремум. Необходимые условия первого порядка.
20. Гладкие задачи на безусловный экстремум. Необходимые условия второго порядка.

21. Гладкие задачи на безусловный экстремум. Достаточные условия второго порядка.
22. Направления спуска. Необходимое условие оптимальности в общей задаче минимизации. Необходимое и достаточное условия направления спуска для дифференцируемых функций.
23. Гладкие задачи на условный экстремум. Необходимое условие оптимальности первого порядка.
24. Гладкие задачи на условный экстремум. Необходимое условие оптимальности в классе дважды дифференцируемых функций.
25. Гладкие задачи на условный экстремум. Достаточное условие оптимальности в классе дважды дифференцируемых функций
26. Классификация задач математического программирования.
27. Принцип Лагранжа и его геометрический смысл.
28. Достаточное условие глобального минимума в задаче выпуклого программирования.
29. Простейшее условие регулярности в задаче математического программирования.
30. Достаточные условия регулярности в задаче математического программирования: условие Слейтера.
31. Достаточные условия регулярности в задаче математического программирования: условие линейности.
32. Необходимые условия второго порядка в задаче математического программирования.
33. Достаточные условия второго порядка в задаче математического программирования
34. Выпуклое программирование. Теорема Куна-Таккера в дифференциальной форме.
35. Понятие седловой точки функции Лагранжа. Критерий седловой точки.
36. Теорема Куна-Таккера в форме утверждения о седловой точке. Связь с теоремой Куна-Таккера в дифференциальной форме.
37. Понятие двойственной задачи и ее свойства. Теорема двойственности. Теорема Куна-Таккера в форме двойственности.
38. Теорема существования решения в задачах ЛП.
39. Теория двойственности для задач ЛП
40. Классификация численных методов оптимизации.
41. Метод дихотомии.
42. Метод половинного деления.
43. Метод золотого сечения.
44. Безусловная минимизация функций многих переменных: овражный эффект.
45. Безусловная минимизация функций многих переменных: метод наискорейшего спуска. Теорема о сходимости.
46. Безусловная минимизация функций многих переменных: метод Ньютона: идея, алгоритм, достоинства и недостатки, сравнение с градиентными методами.
47. Условная минимизация функций многих переменных: метод проекции градиента. Теорема о сходимости.
48. Условная минимизация функций многих переменных: метод условного градиента. Теорема о сходимости.
49. Условная минимизация функций многих переменных: метод квадратичного штрафа.
50. Симплекс-метод решения задач линейного программирования: каноническая задача ЛП. Приведение задач ЛП к каноническому виду.
51. Основные определения симплекс-метода: вершина, ребро, базис вершины. Соответствие между вершинами и базисами. Ребра, выходящие из невырожденной вершины.
52. Итерационный алгоритм симплекс-метода в невырожденном случае. Итерационные формулы. Симплекс-таблица (СТ). Анализ и пересчет СТ.
53. Симплекс-метод решения задач линейного программирования: отыскание начальной вершины методом искусственного базиса

12.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

См. выше.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-2):

См. 12.1.3.

Примерный тест для итогового тестирования:

1. Решить задачу квадратического программирования с помощью теоремы Куна-Таккера

№ 01.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 - 2xy + y^2 + x \rightarrow \min, \\ x + 2y \leq 1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 02.

$$\begin{cases} f(x, y) = 5x^2 + xy + y^2 - y \rightarrow \min, \\ x + y \leq 1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 03.

$$\begin{cases} f(x, y) = 2x^2 - xy + 2y^2 + x - y \rightarrow \min, \\ x - y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 04.

$$\begin{cases} f(x, y) = \frac{1}{2}x^2 - 2xy + 4y^2 + x - y \rightarrow \min, \\ -3x - 2y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 05.

$$\begin{cases} f(x, y) = 4x^2 + 3y^2 - 3x + 4y \rightarrow \min, \\ +y \leq 1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 06.

$$\begin{cases} f(x, y) = 2x^2 - 3xy + 3y^2 \rightarrow \min, \\ 5x - 3y \leq 1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 07.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 + 4xy + 2y^2 - y \rightarrow \min, \\ -3x - 2y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 08.

$$\begin{cases} f(x, y) = 2x^2 + 3xy + 4y^2 - x \rightarrow \min, \\ -2x + y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 09.

$$\begin{cases} f(x, y) = \frac{3}{2}x^2 - xy + y^2 - 2x + y \rightarrow \min, \\ x + y \leq 3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 10.

$$\begin{cases} f(x, y) = 7x^2 + 3xy + y^2 + 2x - y \rightarrow \min, \\ 3x + y \leq 3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 11.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 - 2xy + 2y^2 - x - y \rightarrow \min, \\ x - 4y \leq 2 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 12.

$$\begin{cases} f(x, y) = 4x^2 + 2xy + 3y^2 - 6x + 2y \rightarrow \min, \\ 3x - 2y \leq 5 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 13.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 + 2xy + 5y^2 + 3x + 4y \rightarrow \min, \\ 2x - y \leq -3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 14.

$$\begin{cases} f(x, y) = 2x^2 - xy + y^2 + x - y \rightarrow \min, \\ x - y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 15.

$$\begin{cases} f(x, y) = x^2 - 2xy + 4y^2 + x - y \rightarrow \min, \\ -3x - 2y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 16.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 - xy + y^2 - 2x + y \rightarrow \min, \\ x + y \leq 3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 17.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 - 4xy + 2y^2 - 2x + 2y \rightarrow \min, \\ 2x + y \leq 3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 18.

$$\begin{cases} f(x, y) = 2x^2 - 4xy + 4y^2 + 2x - 2y \rightarrow \min, \\ 5x - 2y \leq -3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 19.

$$\begin{cases} f(x, y) = 5x^2 - 4xy + y^2 + 6x - 4y \rightarrow \min, \\ x - 2y \leq -1 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

№ 20.

$$\begin{cases} f(x, y) = 3x^2 - 2xy + 3y^2 - 6x - 4y \rightarrow \min, \\ 3x + 4y \leq -3 \\ x \geq 0. \end{cases}$$

2. Решить задачу линейного программирования с помощью теории двойственности

1. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= 7x_1 + x_3 - 4x_4 \rightarrow \min \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 &\leq 6, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 &\leq -1, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

2. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= -7x_1 - x_3 + 4x_4 \rightarrow \min \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 &\leq 6, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 &\leq -1, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

3. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= x_1 - 2x_2 - x_3 - x_4 \rightarrow \min \\ 3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 &= 0, \\ 3x_1 + x_2 - x_4 &= 3, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

4. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= -3x_1 + 2x_2 - x_3 \rightarrow \min \\ x_1 - 2x_2 - 3x_3 &= -5, \\ 2x_1 - 3x_3 &\leq -3, \\ x_1, \dots, x_3 &\geq 0. \end{aligned}$$

5. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= -6x_1 - 9x_2 - 4x_3 \rightarrow \min \\4x_1 + 3x_2 + x_3 &\leq 2, \\x_1 + 2x_2 + x_3 &\leq 1, \\x_1, \dots, x_3 &\geq 0.\end{aligned}$$

6. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= 2x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 \rightarrow \min \\4x_1 + x_2 + 2x_3 + 4x_4 &\geq 1, \\4x_1 + 4x_2 + 3x_3 + x_4 &\geq 2, \\x_1, \dots, x_4 &\geq 0.\end{aligned}$$

7. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= x_1 + 2x_3 - 2x_4 \rightarrow \min \\x_1 + x_2 - 2x_3 + 2x_4 &\leq 1, \\x_1 - 3x_2 + 3x_3 + x_4 &\leq 2, \\x_1, \dots, x_4 &\geq 0.\end{aligned}$$

8. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= 6x_1 + x_2 + 4x_3 \rightarrow \min \\4x_1 + 3x_2 + x_3 &\geq 2, \\x_1 + 2x_2 + x_3 &\geq 1, \\x_1, \dots, x_3 &\geq 0.\end{aligned}$$

9. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 \rightarrow \min \\3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 &\geq 0, \\3x_1 + x_2 - x_4 &\geq 3, \\x_1, \dots, x_4 &\geq 0.\end{aligned}$$

10. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 \rightarrow \min \\3x_1 - x_2 - x_3 - 2x_4 &\geq 1, \\3x_1 + x_2 - x_4 &\geq 2, \\x_1, \dots, x_4 &\geq 0.\end{aligned}$$

11. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= 2x_1 + 3x_2 + x_3 \rightarrow \min \\x_1 - 2x_2 - 3x_3 &\leq -5, \\2x_1 - 3x_3 &\leq -3, \\x_1, \dots, x_3 &\geq 0.\end{aligned}$$

12. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= 2x_1 + 3x_2 - x_3 \rightarrow \min \\x_1 + 2x_2 - 3x_3 &\leq 3, \\2x_1 - x_2 + 2x_3 &\leq 4, \\x_1, \dots, x_3 &\geq 0.\end{aligned}$$

13. Задача.

$$\begin{aligned}f(x) &= 2x_1 + 2x_2 - x_3 \rightarrow \min \\2x_1 + 2x_2 - 3x_3 &\leq 3, \\2x_1 - x_2 + 2x_3 &\leq 2, \\x_1, \dots, x_3 &\geq 0.\end{aligned}$$

14. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= 5x_1 - 2x_2 - x_3 - 3x_4 \rightarrow \min \\ x_1 + x_2 + 2x_3 - x_4 &\leq 2, \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + 3x_4 &\leq 3, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

15. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= 3x_1 - 2x_2 - x_3 - x_4 \rightarrow \min \\ x_1 + x_2 + 2x_3 - x_4 &\leq 2, \\ 2x_1 + x_2 + x_3 + 3x_4 &\leq 4, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

16. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= 4x_1 - x_2 - x_3 - 3x_4 \rightarrow \min \\ 2x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 &\leq 2, \\ 2x_1 + x_2 - x_3 + 2x_4 &\leq 1, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

17. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= x_1 + x_2 - x_3 + 3x_4 \rightarrow \min \\ 2x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 &\geq 2, \\ 2x_1 - x_2 + x_3 - 2x_4 &\geq 4, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

18. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= x_1 + 3x_2 - 2x_3 + 2x_4 \rightarrow \min \\ x_1 + x_2 - 3x_3 + 2x_4 &\geq 3, \\ 2x_1 - x_2 + x_3 - 2x_4 &\geq 3, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

19. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= x_1 + 2x_2 - 2x_3 + 2x_4 \rightarrow \min \\ x_1 + x_2 - 3x_3 + 2x_4 &\geq 3, \\ 2x_1 - x_2 + x_3 - 2x_4 &\geq 2, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

20. Задача.

$$\begin{aligned} f(x) &= x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 \rightarrow \min \\ x_1 + 3x_2 - 3x_3 + 2x_4 &\geq 3, \\ 2x_1 - x_2 + 2x_3 - 2x_4 &\geq 2, \\ x_1, \dots, x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

Регламент проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования

| Кол-во заданий в банке вопросов | Кол-во заданий, предъявляемых студенту | Время на тестирование, мин. |
|---------------------------------|--|-----------------------------|
| не менее 20 | 2 | 90 |

Полный фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования¹³ размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО Moodle / eLearning Server 4G ЭИОС НГТУ.

¹³ Количество заданий в банке тестовых заданий

В ходе подготовки к промежуточной аттестации обучающимся предоставляется возможность пройти тест самопроверки. Тест для самопроверки по дисциплине размещен в СДО Moodle / eLearning Server 4G ЭИОС НГТУ в свободном для студентов доступе.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Методы оптимизации»
ОП ВО по направлению 01.03.02-«Прикладная математика и информатика»,
направленность «Математическое моделирование и компьютерные технологии»
(квалификация выпускника – бакалавр)

ФИО, должность, место работы, ученая степень (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Методы оптимизации» ОП ВО по направлению 01.03.02-«Прикладная математика и информатика», **направленность «Математическое моделирование и компьютерные технологии»** (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», на кафедре «Прикладная математика» (**разработчик – Чернов А.В., доцент, к.ф.-м.н., доцент**).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Программа соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 01.03.02-«Прикладная математика и информатика». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к **базовой** части учебного цикла – **Б1**.

Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 01.03.02-«Прикладная математика и информатика».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Методы оптимизации» закреплено 1 **компетенций**. Дисциплина и представленная Программа способны реализовать их в объявленных требованиях. **Дополнительная (если есть) компетенция не вызывает сомнения** в свете профессиональной значимости и соответствия содержанию дисциплины «Методы оптимизации».

Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

Общая трудоёмкость дисциплины «Методы оптимизации» составляет 4 зачётных единицы (**144 часов**). Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Методы оптимизации» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 01.03.02-«Прикладная математика и информатика» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Программа дисциплины «Методы оптимизации» предполагает 0 занятий в интерактивной форме.

Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 01.03.02-«Прикладная математика и информатика».

Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, участие в тестировании, коллоквиумах, работа над домашним заданием и аудиторных заданиях), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 01.03.02-«Прикладная математика и информатика».

Нормы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источник (базовый учебник), дополнительной литературой – 4 наименований, методическими разработками – 5 источников, Интернет-ресурсы – 8 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 01.03.02-«Прикладная математика и информатика».

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Методы оптимизации» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Методы оптимизации».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Методы оптимизации» ОПОП ВО по направлению 01.03.02-«Прикладная математика и информатика», направленность «Математическое моделирование и компьютерные технологии» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Черновым А.В., доцент, к.ф.-м.н., соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: ФИО, должность, место работы, ученая степень
«_____» _____ 20__ г.
(подпись)

Подпись рецензента ФИО заверяю ¹⁴

¹⁴ Только для внешних рецензентов

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института (наименование)

«__» _____ 2021__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины¹⁵

«_____»

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: _____ {шифр

название} _____

Направленность: _____

Форма обучения _____

Год начала подготовки: _____

Курс _____

Семестр _____

¹⁶ а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1)

2)

3)

Разработчик

(и):

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«__» _____ 2021__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

_____ протокол № _____ от «__» _____ 2021__ г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой (наименование) _____ «__» _____ 2021__ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» _____ 2021__ г.

¹⁵ Рабочая программа дисциплины актуализируется ежегодно перед началом нового учебного года

¹⁶ Разработчик выбирает один из представленных вариантов

