



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)

Учебно-научный институт транспорта

Кафедра «Трубопроводные транспортные системы»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по учебной
работе и цифровизации

_____ В.А. Шкаберин

«21» апреля 2022 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

НЕЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

по направлению подготовки: 15.03.03

«Прикладная механика»

профиль «Нефтегазовое оборудование и надежность машин»

квалификация выпускника: бакалавр

форма обучения: очная

(для набора с 2020 г.)

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «Нелинейное программирование» для направления подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиля «Нефтегазовое оборудование и надежность машин».

Разработал:

доцент каф. «ТТС», к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

_____ / А.К. Толстошеев
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
от 30.03.2022 г., протокол № 3

Заведующий выпускающей кафедрой «ТТС»

доктор технических наук, профессор

(ученая степень, ученое звание)

_____ / М.Г. Шалыгин
(подпись) (И.О. Фамилия)

© [Толстошеев А.К.]

© ФГБОУ ВО «Брянский
государственный технический
университет»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС.....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	6
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	8
5.3. Лекции	9
5.4. Лабораторные работы	12
5.5. Практические занятия	12
5.6. Самостоятельная работа обучающихся	15
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	19
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	19
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	20
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся	20
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	21
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины	23
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем	23
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	24

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	25
11.1. Методические материалы для педагогических работников	25
11.2. Методические материалы для обучающихся	27
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	27
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	27
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости	28
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся	29
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	30
12.5. Характеристика результатов обучения	30
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	31
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА	31

Предисловие.

Программа разработана на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ № 220 от 12 марта 2015 г. в соответствии с рабочим учебным планом по программе бакалавриата по профилю «Надёжность и безопасность машин». Дисциплина «Нелинейное программирование» ориентирована на научно-исследовательский и педагогический виды профессиональной деятельности как основные.

1. Цель освоения дисциплины.

Цель освоения дисциплины – формирование знаний, умений и навыков для поиска оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учётом предъявляемых требований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.

Дисциплина по выбору студентов «Нелинейное программирование» относится к дисциплинам по выбору блока Б1 программы академического бакалавриата, базируется на предшествующих дисциплинах: «Высшая математика», «Информационные технологии», «Офисные пакеты программ», используется для прохождения преддипломной практики и для защиты выпускной квалификационной работы.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций.

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результаты освоения
1	2	3
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-13	Готовность участвовать в работах по технико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы	<p>знать: принципы проведения экономических расчётов для технико-экономического обоснования выбора конструкции проектируемых машин</p> <p>уметь: составлять отдельные виды технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы</p> <p>владеть: навыками проведения технико-экономического анализа и составления технической документации</p>

		на проекты и их элементы
ПК-23	Готовностью участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности	<p>- Знать: классификацию задач, терминологию, методы условной и безусловной оптимизации;</p> <p>- уметь: выполнять поиск оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учётом предъявляемых требований;</p> <p>- владеть: навыками поиска оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учётом предъявляемых требований.</p>

4. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		5
Аудиторные занятия (всего)	34	34
В том числе:	-	-
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Самостоятельная работа (СРС) (без учета подготовки к экзамену)	38	38
В том числе:	-	-
Расчётно-графическая работа (РГР)	-	-
Подготовка к занятиям	17	17
Самоподготовка	12	12
<i>Зачёт</i>	9	9
Общая трудоемкость: <u>72</u> часов; <u>2</u> зачетные единицы	72	72

5. Содержание дисциплины.

5.1. Содержание разделов дисциплины.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	2	3
1	Модели и методы одномерной оптимизации	История становления и развития теории оптимизации. Постановка задачи оптимизации. Классификация задач оптимизации. Минимум функции одной переменной. Унимодальные функции. Выпуклые функции. Критерии останова итерационных методов. Классическая минимизация функции одной переменной. Одномерная минимизация функций. Прямые методы: метод перебора, золо-

		того сечения, дихотомии. Сравнение методов. Метод парабол. Методы, использующие информацию о производных целевой функции. Метод средней точки. Метод хорд. Метод Ньютона.
2	Методы многомерной оптимизации	Выпуклые квадратичные функции. Общие принципы многомерной минимизации. Метод градиентного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод сопряженных направлений. Метод Ньютона. Метод циклического покоординатного спуска. Метод Хука-Дживса. Метод Нелдера-Мида. Метод Пауэлла. Методы случайного поиска. Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Условный экстремум при ограничениях типа равенств типа неравенств.
1	2	3
3	Многокритериальная оптимизация	Многокритериальная оптимизация: метод анализа иерархий. Оптимизация динамических качеств подвижного состава. Анализ подходов к решению задачи параметрической оптимизации. Постановка задач исследований. Алгоритмы, математические модели и их программная реализация. Критерии оценки динамики экипажей и методика исследований
4	Линейное программирование	Геометрический метод решения задач линейного программирования. Идея и алгебра симплекс-метода. Классические задачи линейного программирования. Задача технического контроля. Задача об использовании сырья. Транспортная задача.

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.

№ п/п	Наименование обеспечиваемых(последующих) дисциплин	№ разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин			
		1	2	3	4
1	«Преддипломная практика»	✓	✓	✓	✓
2	«Защита выпускной квалификационной работы»	✓	✓	✓	✓

5.3. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Модели и методы одномерной оптимизации	6	4	16	26
2	Методы многомерной оптимизации	6	6	26	38

3	Многокритериальная оптимизация	2	4	16	22
4	Линейное программирование	3	3	16	22
Итого		17	17	74	108

6. Лекции, практические занятия, лабораторные работы, семинары.

6.1. Лекции.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	2	3	4
1	1	История становления и развития теории оптимизации. Постановка задачи оптимизации. Классификация задач оптимизации. Минимум функции одной переменной. Унимодальные функции. Выпуклые функции. Критерии останова итераций.	2
1	2	3	4
2	1	Классическая минимизация функции одной переменной. Одномерная минимизация функций. Прямые методы: метод перебора, золотого сечения, дихотомии. Сравнение методов. Метод квадратичной аппроксимации. Метод случайного поиска.	2
3	1	Методы, использующие информацию о производных целевой функции. Метод средней точки. Метод хорд. Метод Ньютона. Методы минимизации многомерных функций.	2
4	2	Выпуклые квадратичные функции. Общие принципы многомерной минимизации. Метод градиентного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод сопряженных направлений.	2
5	2	Метод Ньютона. Метод циклического покоординатного спуска. Метод Хука-Дживса. Метод Нелдера-Мида. Метод Пауэлла. Методы случайного поиска.	2
6	2	Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Условный экстремум при ограничениях типа равенств. Условный экстремум при ограничениях типа неравенств.	2
7	3	Многокритериальная оптимизация: метод анализа иерархий. Оптимизация динамических качеств подвижного состава. Анализ подходов к решению задачи параметрической оптимизации. Постановка задач ис-	2

		следований. Алгоритмы, математические модели и их программная реализация. Критерии оценки динамики экипажей и методика исследований.	
8	4	Геометрический метод решения задач линейного программирования. Идея и алгебра симплекс-метода. Классические задачи линейного программирования. Задача технического контроля. Задача об использовании сырья. Транспортная задача.	3
Итого			17

6.2. Практические занятия.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	2	3	4
1	1	Модели и методы одномерной оптимизации	4
2	2	Методы многомерной оптимизации	6
3	3	Многокритериальная оптимизация	4
4	4	Линейное программирование	3
Итого			17

6.3. Лабораторные работы.

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

6.4. Семинары.

Семинары учебным планом не предусмотрены.

6.5. Образовательные технологии.

Лекции	Лекция-изложение, лекция-объяснение, проблемная лекция, групповые дискуссии, лекция-установка.
Практические занятия	Компьютерные технологии, исследование, обсуждение сценариев решения задач, проблемные вопросы, групповые дискуссии
Самостоятельная работа студентов	Компьютерные технологии, работа по аналогии, исследование
Консультации	Индивидуальные, групповые, работа в группах, компьютерные технологии.
Текущий контроль, зачёт	Дискуссия.

7. Самостоятельная работа студентов.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	Модели и методы одномерной оптимизации	Подготовка к занятиям
		Выполнение РГР
		Самоподготовка
2	Методы многомерной оптимизации	Подготовка к занятиям

		Выполнение РГР
		Самоподготовка
3	Многокритериальная оптимизация	Подготовка к занятиям
		Выполнение РГР
		Самоподготовка
4	Линейное программирование	Подготовка к занятиям
		Выполнение РГР
		Самоподготовка

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Таирова Е. В., Медведева И. П. Методы оптимальных решений [Электронный ресурс]: практикум / Е. В. Таирова, И. П. Медведева. – Иркутск: ИрГУПС, 2017. – 64 с. – Режим доступа:

http://sdo2.irgups.ru/pluginfile.php/88739/mod_resource/content/1/Методы

3. Ибяттов Р.И. Методы оптимизации в задачах математического моделирования [Электронный ресурс]: методические указания для лабораторных и самостоятельных работ. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. – 32 с. Режим доступа: [mech.kazgau.ru>...FiM...optimizacii...modelirovaniya.pdf](http://mech.kazgau.ru/FiM...optimizacii...modelirovaniya.pdf)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

а) основная литература:

1. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учеб. пособие для втузов. - Изд. 3-е, стер. - М.: Высш. шк., 2008. - 544 с. и др. изд. [10 экз.]

2. Гончаров, В. А. Методы оптимизации : учеб. пособие для вузов / В. А. Гончаров. — М.: Издательство Юрайт; 2014. — 191 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс. Книга доступна в электронной библиотечной системе biblio-onlain.ru. .— Режим доступа: [http:// www.biblio-onlain.ru](http://www.biblio-onlain.ru).

б) дополнительная литература:

3. Кочегурова, Е. А. Теория и методы оптимизации: учеб. пособие для вузов / Е.А. Кочегурова. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 157 с. Режим доступа:

http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOCHEG/study/Tab1/Kochegurova_MO_2014.pdf

4. Пантелеев А.В. Методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пантелеев А.В., Летова Т.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2011.— 424 с.— Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/9093>.

5. Корнеев В. П. Методы оптимизации : учеб. для вузов. - М. : Высш. шк., 2007. - 663 с. [5 экз.]

6. Струченков В. И. Методы оптимизации: основы теории, задачи, обучающие компьютерные программы : учеб. пособие. - М.: Экзамен, 2005. - 254 с. [5 экз.]

7. Реутов А.А. Методы оптимизации в инженерных расчетах : учеб. пособие для вузов / Брян. гос. техн. ун-т. - Брянск : Изд-во БГТУ, 2004. - 110 с. [11 экз.]

8. Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учеб. для втузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 439 с. - (Математика в техническом университете; вып. 14). [6 экз.]

в) справочная литература

9. Ковалев Р. В. Разработка и реализация эффективных методик компьютерного исследования динамики и оптимизации параметров ходовых частей железнодорожных экипажей : Дис. канд. техн. наук : 05.22.07 : Брянск, 2004. – 114 с. Режим доступа: http://www.umlub.ru/index/download/kovalev_phd.pdf.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

Электронно- библиотечные системы: (ЭБС) издательства Лань. Режим доступа e.lanbook.com, biblio-onlain.ru. Режим доступа: www.biblio-online.ru, ЭБС IPRbooks. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>.

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения:

1. Операционная система *MS Windows, MS Office Professional* (≥ 2010).
2. Математический процессор *Mathcad*.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, промежуточной аттестации. Аудитория укомплектована специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска), оборудована ноутбуками (компьютерный класс), мультимедиа проектором с ноутбуком и интерактивной доской.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

10.1. Методические рекомендации для преподавателей.

Дисциплина в целом. Темы лекций и практических занятий необходимо согласовывать друг с другом, с расписанием аудиторных занятий и с графиком выполнения расчётно-графической работы (РГР). Студентам заранее сообщаются темы практических занятий, график выполнения РГР, система оценки учебной работы. При изучении учебного материала необходимо постоянно показывать связи дисциплины со смежными дисциплинами.

Лекции. Большую часть лекционного материала, учитывая ограниченность во времени, целесообразно излагать, используя технологию объяснительно-иллюстрационной (традиционной) модели обучения: от знаний к проблеме. Виды лекций: лекция-изложение, лекция-объяснение, лекция-установка. Часть учебного материала следует излагать, используя технологию проблемного обучения (от проблемы к знаниям): постановка задачи оптимизации, критерии останова итерационных процедур поиска, виды ограничений и способы их учёта, многокритериальная оптимизация, с использованием интерактивных методов: «групповые дискуссии», «решение ситуационных задач».

Практические занятия. Все занятия проводятся с использованием компьютерных технологий, представляют собой исследования, содержат элементы проблемного обучения: «проблемные вопросы». Часть времени практического занятия проводится с использованием интерактивных методов: «обсуждение сценариев решения задач» и «групповые дискуссии».

Расчётно-графическая работа. Целью выполнения РГР является закрепление, углубление и расширение знаний-умений, полученных студентами при изучении дисциплины. Консультации (индивидуальные и групповые) к РГР следует организовывать таким образом, чтобы студенты, общаясь, получали

помощь не только от преподавателя, но и друг от друга. На консультациях индивидуальных и групповых следует применять «компьютерные технологии», «работу в группах».

10.2. Методические рекомендации для обучающихся.

Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины. Учебная работа, как и любая другая, включает в себя подготовительные, основные и проверочные действия. Проверочные действия студент осуществляет в виде самоконтроля по каждому виду учебной работы.

Подготовка к лекции: повторить предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебной литературе накануне текущей лекции. В случае непонимания материала – сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю или коллегам за разъяснением. Пониманию проблемы способствуют:

- умение задавать себе вопросы;
- аналогия;
- разные языки описания проблемы (словесный, графический, математический, символичный, табличный).

Конспект лекций пишется кратко, схематично, с фиксацией основных положений, выводов, формулировок, обобщений. Следует пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины цветным фломастером. Выполнять проверку терминов, понятий с помощью учебников и справочников. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.

Подготовка к практическому занятию: изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебной литературе с обязательным рассмотрением примеров накануне занятия.

Рекомендации по выполнению расчётно-графической работы (РГР).

РГР студенты выполняют самостоятельно, по графику встречаясь с преподавателем на занятиях и консультациях, к которым также необходимо готовиться. На консультациях студент представляет выполненную часть работы для контроля и проверки преподавателем, получает помощь в решении возникших проблем со стороны преподавателя и от других студентов. РГР представляет собой набор самостоятельных задач. Основной метод выполнения работы – аналогия. РГР выполняется с использованием табличного процессора «EXCEL», аналитически и с использованием математического процессора *Mathcad*.

Рекомендации по изучению отдельных тем курса. При изучении раздела 3 «Многокритериальная оптимизация» дополнительно необходимо воспользоваться справочной литературой [9].

Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса. Для экономии времени и повышения качества обучения рекомендуется изучить рабочую программу дисциплины и учебно-методический комплекс. Самостоятельная работа занимает более половины отводимого на изучение дисциплины времени, поэтому ей следует уделять повышенное внимание. РГР необходимо выполнять равномерно в течение всего выделенного времени в соответствии с предложенным преподавателем графиком.

Рекомендации по работе с литературой:

1. Просмотрите предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебнику. Найдите связь, изучаемой темы с остальными разделами курса.

2. Анализ заголовка. Прочитав заголовок, следует спросить себя: «О чём здесь пойдёт речь? Почему заголовок имеет такое название?». Попробуйте ответить на эти и аналогичные вопросы.
3. По ходу чтения ведите диалог с текстом. Задавайте себе вопросы, например, «Откуда это следует? Как быть в этом случае?». По ходу чтения старайтесь осознать, что вам не понятно. Делайте выписки, составляйте схемы, таблицы, подчёркивайте ключевые слова, важные мысли. Разбирайте примеры.
4. После прочтения текста попробуйте выразить его главные мысли. Представьте себе логическую схему текста. Составьте план конспекта.
5. Бегло просмотрев учебный материал и повторяя сложные места, составьте конспект текста, который будет использован в дальнейшем.

Рекомендации по подготовке к зачёту. Необходимо проработать конспект лекций и учебную литературу в рамках сформулированных преподавателем вопросов. Возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях. Проработать решения практических задач, повторить учебный материал РГР.

10.3. Методические рекомендации для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья могут применяться следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:
 - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
 - для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;
 - задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);
- для глухих и слабослышащих:
 - обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - для лиц с тяжёлыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

11. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

11.1. Этапы формирования компетенций

Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Код показателя освоения		
	ПК-23. Р1	ПК-23. Р2	ПК-23. Р3
Раздел 1. Модели и методы одномерной оптимизации	+	+	+
Раздел 2. Методы многомерной оптимизации	+	+	+
Раздел 3. Многокритериальная оптимизация	+	+	+
Раздел 4. Линейное программирование	+	+	+

11.2. Индексированные показатели и критерии оценивания результатов

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель освоения	Оценочные средства	
			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
1	2	3	4	5
ПК-23	Готовностью участвовать в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований динамики и прочности, долговечности, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности	ПК-23. Р1 – знает классификацию задач, терминологию, методы условной и безусловной оптимизации;	РГР Практические задания	Вопросы к зачёту
		ПК-23. Р2 – умеет: выполнять поиск оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учётом предъявляемых требований;	РГР Практические задания	Вопросы к зачёту
		ПК-23. Р3 – владеет: навыками поиска оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учётом предъявляемых требований.	РГР Практические задания	Вопросы к зачёту
ПК-13	Готовность участвовать в работах по тех-	Р1 - знает: принципы проведения экономических расчётов для техни-	РГР Практиче-	Вопросы к зачёту

	<p>нико-экономическим обоснованиям проектируемых машин и конструкций, по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы</p>	<p>ко-экономического обоснования выбора конструкции проектируемых машин</p> <p>Р2 - умеет: составлять отдельные виды технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы</p> <p>Р3 - владеет: навыками проведения технико-экономического анализа и составления технической документации на проекты и их элементы</p>	<p>ские задания</p>	
--	---	---	---------------------	--

11.3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости включает следующие процедуры:

- аудиторские практические задания;
- РГР.

Шкала и критерии оценивания уровня освоения компетенций, приобретаемых при выполнении практических заданий и расчётно-графической работы:

– оценка «зачтено» (минимальный уровень освоения компетенций) выставляется студенту, если он в полном объёме выполнил РГР и практические задания и показал удовлетворительную посещаемость учебных занятий.

– оценка «не зачтено» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут) выставляется студенту, если он не выполнил РГР или практические задания, показал неудовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала, не посещал большинство аудиторных занятий

При получении оценки «незачёт» студент не допускается к промежуточной аттестации.

Контрольно-измерительные материалы текущего контроля успеваемости

Практические задания.

Раздел 1. Модели и методы одномерной оптимизации

Задача 1. (Поиск минимума искать, используя методы золотого сечения, дихотомии, квадратичной аппроксимации)

Варианты 1-7. Найти точку минимума функции $f(x) = (Ax^3 + Bx^2 + Cx + D)^2$. Задана начальная точка $x_0 = 2$ и длина шага $\Delta x = 0,5$. Найти границы начального интервала неопределённости эвристическим способом. (табл. 1).

Таблица 1

№ варианта	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1-2	10	3	1	5

3-4	20	4	2	10
5-6	15	2	3	-5
7	5	5	4	4

Варианты 8-13. Найти минимум функции $f(x) = D \sin(Ax^B + C)$ на интервале $[-1; 2]$ с точностью $\Delta x = 0,2$. Параметры A, B, C, D приведены в табл. 2

Таблица 2

№ варианта	A	B	C	D
8-9	1	1	2	1
10-11	1	2	0	2
12-13	2	3	3	3

Задача 2. Изготовление пожарного ведра.

Пожарное ведро изготавливают по следующей технологии. Из круглой жести радиусом $R = 1$ м вырезают сектор, затем полученную выкройку сворачивают в конус, и по линии контакта заготовка сваривается. Найти угол α вырезки, при котором объем ведра будет максимальным. Решить пример численно, аналитически и графически.

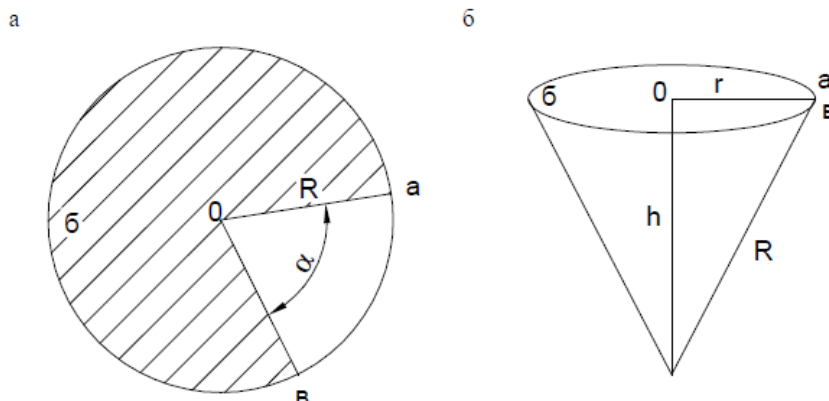


Схема изготовления пожарного ведра

Раздел 2. Методы многомерной оптимизации

Задача 1. Решить поставленную задачу аналитическим методом и численными методами (градиентным, Ньютона, Нелдера-Мида).

Варианты заданий

1. $F(x) = -x_1 - 2x_2 + x_2^2 \rightarrow \min$ $3x_1 + 2x_2 \leq 6$ $x_1 + 2x_2 \leq 4$ $x_1, x_2 \geq 0$	2. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 - 8x_1 - 10x_2 \rightarrow \min$ $3x_1 + 2x_2 + x_3 = 6$ $x_1 + 2x_2 \leq 4$ $x_1, x_2, x_3 \geq 0$
3. $F(x) = 2x_1 - 3x_2 - x_1^2 - 3x_2^2 \rightarrow \max$ $3x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 16$ $-x_1 + 3x_2 - x_3 + x_4 = 4$ $x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$	4. $F(x) = 2x_1x_2 - x_1^2 - x_2^2 \rightarrow \max$ $2x_1 - x_2 \leq 6$ $x_1 + 2x_2 \leq 10$ $x_1, x_2 \geq 0$
5. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 - 2x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 12$ $2x_1 + x_2 + x_3 \leq 6$ $x_1, x_2, x_3 \geq 0$	6. $F(x) = x_1 - x_2^2 + x_3^2 - 2x_1x_3 \rightarrow \max$ $x_1 + x_2 = 8$ $x_2 + x_3 = 4$ $x_1, x_2, x_3 \geq 0$
7. $F(x) = (x_1 + x_2 + x_3)^2 \rightarrow \min$ $0 \leq x_1 \leq 2$ $0 \leq x_2 \leq 4$ $0 \leq x_3 \leq 6$	8. $F(x) = x_1 - x_1^2 - x_3^2 + 2x_2 \rightarrow \max$ $x_1 + 2x_2 - x_3 = 6$ $x_1, x_2, x_3 \geq 0$

9. $F(x) = (x_1 - 4)^2 + 2(x_2 - 1)^2 \rightarrow \min$ $-x_1 + x_2 \leq 2$ $x_1 + x_2 = 3$ $x_1 - 3x_2 \leq 3$ $x_2 \geq 0$	10. $F(x) = (x_1 + 2)^2 + (x_2 - 6)^2 \rightarrow \min$ $-x_1 + x_2 \leq 1$ $x_1 + 2x_2 \leq 8$ $x_1, x_2 \geq 0$
11. $F(x) = x_1^2 - 4x_1 + 2x_2 \rightarrow \min$ $x_1 + 4x_2 \leq 4$ $x_1 + x_2 \leq 2$, $x_1, x_2 \geq 0$	12. $F(x) = (x_1 + 2)^2 + (x_2 - 6)^2 \rightarrow \min$ $-x_1 + x_2 \leq 1$ $x_1 + 2x_2 \leq 8$, $x_1, x_2 \geq 0$
13. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 + 4x_1 + 4x_2 \rightarrow \min$ $x_1 + 3x_2 \leq 6$ $-x_1 + x_2 \geq -1$ $x_1 \geq 0$	14. $F(x) = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min$ $2x_1 + x_2 \geq 2$ $2x_1 + x_2 \leq 8$ $x_1 + x_2 \leq 6, x_2 \geq 0$

Задача 2. Решить задачу $f(x) = (x_1^2 + x_2 - 11) + (x_1 + x_2^2 - 7)^2 \rightarrow \min$. методами деформируемого многогранника, покординатного спуска, случайного поиска, градиентным методом. Полученные решения сравнить с точным решением.

Ответ: точное решение $x^* = (3; 2)^T, f_{\min} = 0$.

Раздел 3. Многокритериальная оптимизация

Задача. Проектирование полого вала.

Проектируется полый вал из прочного металлического сплава для передачи крутящего момента. По конструктивным соображениям максимальное значение радиуса r не должно превышать $R = 0,11$ м. Согласно технологическим требованиям, толщина стенки вала t должна быть не менее $0,002$ м. Длина вала составляет $L = 0,55$ м, максимальный крутящий момент $T = 55$ Н·м. Материал сплава имеет следующие свойства: плотность $\rho = 437$ кг/м³; модуль упругости $E = 12,1 \cdot 10^3$ МПа, предел прочности на сдвиг $S = 0,014 \cdot 10^3$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$. Требуется выбрать такие значения для радиуса поперечного сечения вала r и толщины его стенки t , которые обеспечивают необходимую прочность при наименьшем весе и наибольшей жесткости.

Раздел 4. Линейное программирование

Задача 1. (Задачу решить графическим методом и методом случайного поиска)

$$f(x) = 9x_1 + x_2 - x_3 \rightarrow \min;$$

$$2x_1 + x_2 \leq 8, \quad x_1 + 2x_2 \geq 4,$$

$$-x_1 + x_2 + x_3 = 5,$$

$$x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0, \quad x_1 - \text{произвольная переменная.}$$

Задача 2. Задача об использовании ресурсов при изготовлении изделий

Для изготовления двух видов продукции П1 и П2 используют четыре вида ресурсов Р1, Р2, Р3, Р4. Запасы ресурсов и число единиц ресурсов, затраченных на изготовление одного вида продукции, приведено в таблице.

Вид ресурса	Запас ресурса	Число единиц ресурсов, затраченных на изготовление одной единицы продукции	
		П1	П2
Р1	18,0	0,5	3,0
Р2	16,0	2,0	1,0
Р3	25,0	0	4,0
Р4	21,0	3,0	0

Прибыль, полученная от реализации одного продукта П1 равна 2, от П2 – 3 условной единицы. Необходимо составить такой план производства продукции, при котором прибыль от реализации была максимальной. При решении использовать симплекс-метод.

Задания РГР «Поиск оптимальных решений»

Задача 1. Спроектировать ёмкость из листового материала

Вариант 1. Спроектировать цилиндрическую ёмкость без крышки объёмом 2 куб м. таким образом, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала.

Вариант 2. Спроектировать прямоугольную ёмкость без крышки объёмом 1,5 куб. м. таким образом, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала.

Вариант 3. Спроектировать призматическую ёмкость без крышки объёмом 1,0 куб. м., дно которого имеет форму равностороннего треугольника так, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала.

Вариант 4. Спроектировать призматическую ёмкость без крышки объёмом 2,5 куб. м., дно которого имеет форму прямоугольного треугольника с углами 30, 60 и 90 градусов так, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала.

Вариант 5. Спроектировать цилиндрическую ёмкость с крышкой объёмом 1,5 куб. м. так, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала и высота ёмкости была больше 1 м.

Вариант 6. Спроектировать прямоугольную ёмкость с крышкой объёмом 1,0 куб. м. таким образом, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала, а высота была меньше 0,5 м.

Вариант 7. Спроектировать призматическую ёмкость с крышкой объёмом 1,5 куб. м., дно которого имеет форму равностороннего треугольника, а высота должна быть меньше 0,8 м так, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала.

Вариант 8. Спроектировать прямоугольную ёмкость с крышкой объёмом 1,5 куб. м. таким образом, чтобы на его изготовление было израсходовано минимальное количество листового материала. Основанием ёмкости является прямоугольник, у которого стороны относятся как 2:3.

Вариант 9. Имеется прямоугольной формы листовой материал со сторонами 1 и 2 метра. Спроектировать цилиндрическую ёмкость так, чтобы её объём был максимальный. Способ изготовления ёмкости: из одной части вырезается круглое дно, а из другой части изготавливается стенка.

Вариант 10. Имеется круглый листовой материал радиусом 1 м. Спроектировать прямоугольную ёмкость так, чтобы её объём был максимальный и высота меньше 0,4 м. Способ изготовления: в центре круга вырезается квадратное дно, оставшаяся внешняя прямоугольная часть становится стенкой.

Задача 2. Раскрой листового материала. Пожарные вёдра.

Из круглой заготовки радиуса R вырезается сектор с углом α , из которого сворачивается пожарное ведро (конус с радиусом основания r). Из оставшейся части кроится еще несколько ведер так, чтобы не было отходов металла.

1. Найти угол сектора, при котором объем одного ведра максимален.
2. Найти углы секторов, на которые разрезается заготовка при раскрое двух ведер так, чтобы суммарный объем был максимален.
3. Решить задачу для трех ведер.
4. Решить задачу для четырех ведер.

№ варианта	Метод решения	№ варианта	Метод решения
1	Аналитический	6	Метод средней точки
2	Золотого сечения	7	Метод Ньютона
3	Дихотомии	8	Метод перебора
4	Случайный поиск	9	Дихотомии
5	Метод хорд	10	Золотого сечения

Задача 3. Проектирование полого вала с оптимальными характеристиками

Проектируется полый вал из прочного металлического сплава для передачи крутящего момента. По конструктивным соображениям максимальное значение радиуса r не должно превышать R . Согласно технологическим требованиям, толщина стенки вала t должна быть не менее 0,002 м. Длина вала составляет L , максимальный крутящий момент T . Материал сплава имеет следующие свойства: плотность $\rho = 437 \text{ кг/м}^3$; модуль упругости $E = 12,1 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, предел прочности на сдвиг $S = 0,014 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$. Требуется выбрать такие значения для радиуса поперечного сечения вала r и толщины его стенки t , которые обеспечивают необходимую прочность при наименьшем весе и наибольшей жесткости. Метод решения выбрать самостоятельно.

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T, Н·м	60	70	50	45	70	80	90	100	80	90
R, м	0,1	0,1	0,1	0,09	0,15	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2
L, м	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8

Задача 4. Кривошипно-ползунный механизм

Найти оптимальное отношение длины шатуна к длине кривошипа центрального кривошипно-ползунного механизма, обеспечивающие минимум угла давления на ползун, минимум габаритов механизма, минимального значения ускорения ползуна, если длина шатуна должна быть больше длины кривошипа более чем в 1, 2 раза и менее чем в 10 раз. Необходимыми данными задаться.

№ варианта	Метод решения	№ варианта	Метод решения
1	Метод хорд	6	Метод Ньютона
2	Дихотомии	7	Метод средней точки
3	Золотого сечения	8	Золотого сечения
4	Дихотомии	9	Случайный поиск
5	Аналитический	10	Метод перебора

Задача 5. Транспортная задача

Имеются три пункта-поставщика однородного груза A_1 , A_2 , A_3 и пять пунктов B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 потребления этого груза. На пунктах A_1 , A_2 , A_3 находится груз соответственно в количестве a_1 , a_2 , a_3 тонн. В пункты B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 требуется доставить соответственно b_1 , b_2 , b_3 , b_4 , b_5 тонн груза. Стоимость перевозки одной единицы груза от поставщиков к потребителям приведено в следующей таблице. Найти такой план закрепления потребителей за поставщиками, чтобы затраты по перевозкам всех грузов были минимальными. При решении задачи использовать метод потенциалов и симплекс-метод.

Пункты поставки	Пункты потребления				
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	c_{15}
A_2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}	c_{25}
A_3	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}	c_{35}

Варианты заданий

Вариант № 1

$$\begin{array}{ll}
 a_1 = 200, & b_2 = 125, \\
 a_2 = 450, & b_3 = 325, \\
 a_3 = 250, & b_4 = 250, \\
 b_1 = 100, & b_5 = 100;
 \end{array}
 \quad
 C = \begin{Bmatrix} 5 & 8 & 7 & 10 & 3 \\ 4 & 2 & 2 & 5 & 6 \\ 7 & 3 & 5 & 9 & 2 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 2

$$\begin{array}{ll}
 a_1 = 70, & b_2 = 70, \\
 a_2 = 80, & b_3 = 30, \\
 a_3 = 150, & b_4 = 80, \\
 b_1 = 20, & b_5 = 100;
 \end{array}
 \quad
 C = \begin{Bmatrix} 3 & 5 & 8 & 6 & 3 \\ 2 & 5 & 4 & 7 & 3 \\ 7 & 5 & 6 & 4 & 8 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 3

$$\begin{aligned} a_1 &= 110, & b_2 &= 30, \\ a_2 &= 50, & b_3 &= 70, \\ a_3 &= 80, & b_4 &= 50, \\ b_1 &= 40, & b_5 &= 50; \end{aligned}$$

$$C = \begin{Bmatrix} 5 & 2 & 3 & 8 & 3 \\ 3 & 4 & 7 & 2 & 6 \\ 6 & 5 & 3 & 4 & 2 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 4

$$\begin{aligned} a_1 &= 100, & b_2 &= 70, \\ a_2 &= 60, & b_3 &= 20, \\ a_3 &= 90, & b_4 &= 60, \\ b_1 &= 30, & b_5 &= 70; \end{aligned}$$

$$C = \begin{Bmatrix} 7 & 3 & 8 & 4 & 5 \\ 2 & 5 & 7 & 3 & 8 \\ 4 & 6 & 3 & 8 & 4 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 5

$$\begin{aligned} a_1 &= 20, & b_2 &= 40, \\ a_2 &= 110, & b_3 &= 30, \\ a_3 &= 120, & b_4 &= 60, \\ b_1 &= 70, & b_5 &= 50; \end{aligned}$$

$$C = \begin{Bmatrix} 2 & 6 & 9 & 1 & 6 \\ 7 & 5 & 3 & 4 & 5 \\ 7 & 3 & 5 & 9 & 2 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 6

$$\begin{aligned} a_1 &= 120, & b_2 &= 90, \\ a_2 &= 30, & b_3 &= 80, \\ a_3 &= 100, & b_4 &= 20, \\ b_1 &= 30, & b_5 &= 30; \end{aligned}$$

$$C = \begin{Bmatrix} 2 & 8 & 4 & 6 & 3 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 6 \\ 6 & 5 & 8 & 7 & 4 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 7

$$\begin{aligned} a_1 &= 130, & b_2 &= 50, \\ a_2 &= 90, & b_3 &= 30, \\ a_3 &= 140, & b_4 &= 80, \\ b_1 &= 110, & b_5 &= 90; \end{aligned}$$

$$C = \begin{Bmatrix} 2 & 3 & 6 & 8 & 2 \\ 10 & 8 & 1 & 2 & 3 \\ 5 & 6 & 7 & 4 & 4 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 8

$$\begin{aligned} a_1 &= 200, & b_2 &= 125, \\ a_2 &= 450, & b_3 &= 325, \\ a_3 &= 250, & b_4 &= 250, \\ b_1 &= 100, & b_5 &= 100; \end{aligned}$$

$$C = \begin{Bmatrix} 1 & 4 & 8 & 2 & 8 \\ 5 & 1 & 3 & 6 & 6 \\ 8 & 2 & 3 & 5 & 2 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 9

$a_1 = 30,$

$b_2 = 40,$

$a_2 = 70,$

$b_3 = 20,$

$a_3 = 50,$

$b_4 = 60,$

$b_1 = 10,$

$b_5 = 20;$

$$C = \begin{Bmatrix} 2 & 7 & 3 & 6 & 2 \\ 9 & 4 & 5 & 7 & 3 \\ 5 & 7 & 6 & 2 & 4 \end{Bmatrix}.$$

Вариант № 10

$a_1 = 20,$

$b_2 = 35,$

$a_2 = 90,$

$b_3 = 40,$

$a_3 = 40,$

$b_4 = 20,$

$b_1 = 25,$

$b_5 = 30;$

$$C = \begin{Bmatrix} 9 & 8 & 2 & 5 & 4 \\ 7 & 2 & 7 & 8 & 3 \\ 5 & 9 & 6 & 6 & 3 \end{Bmatrix}.$$

11.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в виде зачёта.

Согласно Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов успеваемость обучающихся определяется на зачёте оценками «зачёт» и «незачёт». Уровень знаний, умений и навыков обучающегося при устном ответе во время зачёта определяется с использованием следующей шкалы по следующим критериям:

Оценка «зачтено» (минимальный уровень освоения компетенций) ставится, если продемонстрировано знание в целом учебного материала по основному и дополнительным вопросам, допущенные ошибки были исправлены после нескольких наводящих вопросов; продемонстрированы умения и навыки практического применения этих знаний для решения задач оптимизации.

Оценка «не зачтено» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут) ставится, если не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов; не сформированы компетенции, умения и навыки.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации.**Вопросы к зачёту**

1. Постановка задачи оптимизации. Критерии оптимизации. Классификация критериев оптимизации. Критерии останова итерационных методов.
2. Виды оптимизационных задач.
3. Основные классы задач оптимизации и методы их решения.
4. Аналитический метод определения оптимума в задачах безусловной одномерной оптимизации.
5. Численные методы определения оптимума. Метод дихотомии, метод золотого сечения.

6. Численные методы определения оптимума. Метод парабол.
7. Методы, использующие информацию о производных целевой функции. Градиентные методы.
8. Методы, использующие информацию о производных целевой функции. Метод средней точки. Метод хорд. Метод Ньютона.
9. Аналитический метод определения оптимума в задачах безусловной многомерной оптимизации. Метод покоординатного спуска.
10. Симплекс-метод поиска оптимума многомерной целевой функции.
11. Метод Пауэлла, метод Нелдера-Мида.
12. Метод Ньютона, метод Хука-Дживса
13. Методы решения многокритериальных задач оптимизации
14. Условный экстремум функции многих переменных. Условный экстремум при ограничениях типа равенств.
15. Геометрический метод решения задач линейного программирования.
16. Симплекс-метод решения задач линейного программирования.
17. Классические задачи линейного программирования. Двойственная задача линейного программирования и ее применение.
18. Решение транспортной задачи методом линейного программирования.
19. Методы случайного поиска
20. Комбинированный поиск.

**Аннотация
рабочей программы дисциплины**

«Нелинейное программирование»

Код и название направления подготовки: 15.03.03 «Прикладная механика».

Программа академического бакалавриата.

Профиль: «Надёжность и безопасность машин».

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

1. Цель дисциплины: формирование знаний, умений и навыков для поиска оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учётом предъявляемых требований.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору блока Б1 и является дисциплиной по выбору.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Изучение дисциплины направлено на формирование и развитие компетенций (коды, в соответствии с ФГОС ВО): ПК-13, ПК-23.

4. Общая трудоемкость дисциплины: 2 зачетных единицы (72 часов).

5. Основные разделы дисциплины:

1. Модели и методы одномерной оптимизации;
2. Методы безусловной многомерной оптимизации;
3. Условный экстремум функции многих переменных;
4. Линейное программирование.

6. Автор: Толстошеев Андрей Константинович, к.т.н., доцент

7. Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры «Детали машин» от « 30 » 08 2018 г., протокол № 8 и утверждена первым проректором по учебной работе «31» 08 2018 г.

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Дата внесения изменения	Ф.И.О., подпись лица, внесшего изменение	Номер и дата протокола научно-метод. совета университета