

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук  
Кафедра «Прикладная математика и информатика»

Утверждено на заседании кафедры  
«Прикладная математика и информатика»  
24 января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

 М.В. Грязев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«Методы оптимизации»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

с направленностью (профилем)  
**Прикладная математика и информатика**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 010302-01-22

Тула 2022 год

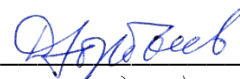
**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик:**

Горбачев Д.В., профессор каф. ПМИИ, д.ф.-м.н.

---

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## 1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

**Целью** освоения дисциплины (модуля) является изучение теории конечномерных экстремальных (оптимизационных) задач на нахождение максимумов и минимумов (включая гладкие и выпуклые задачи, задачи линейного и квадратичного программирования), знакомство с численными методами их решения и приложениями.

**Задачами** освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение теории и методов решения конечномерных экстремальных задач;
- освоение базовых численных методов оптимизации;
- знакомство с прикладными задачами экстремального характера.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается в седьмом семестре.

## 3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

**Знать:**

1) методы классического системного анализа, концептуального проектирования, планирования проектных работ, публичной защиты проектных работ, методы тестирования (код компетенции – ПК-6, код индикатора – ПК-6.1);

2) сущность объектов математического моделирования, разновидности математических задач и их приложения в различных областях человеческой деятельности; содержание фундаментальных принципов, приближенных методов и основных моделей; методологию построения и методы решения моделей приложения дисциплины в других областях человеческой деятельности (код компетенции – ПК-7, код индикатора – ПК-7.1).

**Уметь:**

1) формулировать задачи и требования к результатам аналитических работ и методам их выполнения; выбирать методики разработки требований к системе и шаблоны документов; планировать проектные работы; проводить презентации (код компетенции – ПК-6, код индикатора – ПК-6.2);

2) проводить необходимые математические преобразования, сводить практическую задачу к одной из известных задач, строить модель задачи по известной методологии, выбирать наиболее подходящий способ и применять его для решения модели (код компетенции – ПК-7, код индикатора – ПК-7.2).

**Владеть:**

1) навыками определения функциональных рамок подсистемы, выбора требований к системе, методов разработки, типов и атрибутов требований к системе, шаблона описаний требований; концептуального, функционального и логического проектирования систем среднего и крупного масштаба и сложности (код компетенции – ПК-6, код индикатора – ПК-6.3);

2) навыками математического моделирования процессов, рассматриваемых в основных разделах механики, тепломассопереноса, электродинамики, финансовой и актуарной математи-

ки; навыками применения общих методов к решению конкретных задач; наиболее известными программными продуктами для решения экономико-математических задач (код компетенции – ПК-7, код индикатора – ПК-7.3).

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## 4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| Номер семестра       | Формы промежуточной аттестации | Общий объем в зачетных единицах | Общий объем в академических часах | Объем контактной работы в академических часах |                                    |                     |                                  |              |                          | Объем самостоятельной работы в академических часах |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------------------------|
|                      |                                |                                 |                                   | Лекционные занятия                            | Практические (семинарские) занятия | Лабораторные работы | Клинические практические занятия | Консультации | Промежуточная аттестация |                                                    |
| Очная форма обучения |                                |                                 |                                   |                                               |                                    |                     |                                  |              |                          |                                                    |
| 7                    | ДЗ, КР                         | 4                               | 144                               | 28                                            | 14                                 | –                   | –                                | 1            | 0,5                      | 100,5                                              |
| Итого                | –                              | 4                               | 144                               | 28                                            | 14                                 | –                   | –                                | 1            | 0,5                      | 100,5                                              |

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

### 4.2 Содержание лекционных занятий

#### Очная форма обучения

| № п/п            | Темы лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>7 семестр</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1                | Введение в теорию конечномерных экстремальных задач. Общая постановка экстремальной задачи. Примеры из разных областей науки и техники. Основные определения                                                                                                                                                                |
| 2                | Гладкая задача без ограничений. Прикладной пример, постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума в одномерном случае. Примеры. Многомерная гладкая задача без ограничений. Необходимое условие экстремума. Квадратичные формы. Достаточное условие экстремума. Примеры                                    |
| 3                | Гладкая задача с равенствами. Прикладной пример, постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума. Теорема Вейерштрасса и ее следствие. Примеры. Гладкая задача с равенствами и неравенствами. Прикладной пример, постановка задачи. Решение сведением к изученным задачам. Примеры. Логистическая регрессия |
| 4                | Выпуклая задача. Элементы выпуклого анализа. Выпуклая задача, теорема о совпадении локального и глобального экстремума. Субдифференциал. Необходимое и достаточное условие экстремума в безусловном случае                                                                                                                  |

| №<br>п/п | Темы лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5        | Задача выпуклого программирования. Постановка задачи, частные случаи. Теорема Куна–Таккера. Примеры                                                                                                                                                                                                          |
| 6        | Введение в линейное программирование. Исторический экскурс, пример Конторовича, методы решения. Постановка задачи. Особенности задачи. Экономический смысл. Геометрическая интерпретация                                                                                                                     |
| 7        | Симплекс-метод. Постановка задачи в канонической форме. Идея симплекс-метода. Описание симплекс-метода. Пример                                                                                                                                                                                               |
| 8        | Примеры задач линейного программирования. Метод искусственного базиса нахождения начальной крайней точки. Задачи с равенствами и неравенствами. Примеры                                                                                                                                                      |
| 9        | Двойственность в линейном программировании. Преобразование Лежандра. Вывод двойственных задач, связь между ними. Экономический смысл. Двойственный симплекс-метод. Пример                                                                                                                                    |
| 10       | Транспортная задача. Постановка задачи. Методы нахождения начальной крайней точки. Метод потенциалов. Пример                                                                                                                                                                                                 |
| 11       | Задача квадратичного программирования. Прикладной пример, постановка задачи. Применение теоремы Куна–Таккера. Решение при помощи линейного программирования. Пример                                                                                                                                          |
| 12       | Методы одномерной оптимизации. Общие сведения о численных методах оптимизации. Методы половинного деления и золотого сечения. Метод Ньютона                                                                                                                                                                  |
| 13       | Методы многомерной оптимизации. Метод покоординатного спуска. Градиентные методы. Метод Ньютона. Задачи с ограничениями. Метод внутренней точки решения задачи линейного программирования. Методы глубокого обучения                                                                                         |
| 14       | Задача вариационного исчисления. Задача о брахистохроне, постановка простейшей задачи. Уравнение Эйлера, его интегралы. Решение задачи о брахистохроне. Задача оптимального управления. Задача о быстродействии, управление. Принцип максимума Понтрягина. Решение простого варианта задачи о быстродействии |

### 4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

#### Очная форма обучения

| №<br>п/п         | Темы практических (семинарских) занятий   |
|------------------|-------------------------------------------|
| <i>7 семестр</i> |                                           |
| 1                | Безусловные гладкие экстремальные задачи  |
| 2                | Гладкие задачи с ограничениями            |
| 3                | Типовые задачи линейного программирования |
| 4                | Варианты задач линейного программирования |
| 5                | Задачи вычислительного характера          |

### 4.4 Содержание лабораторных работ

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

### 4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

#### 4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

##### Очная форма обучения

| № п/п            | Виды и формы самостоятельной работы                    |
|------------------|--------------------------------------------------------|
| <i>7 семестр</i> |                                                        |
| 1                | Подготовка к практическим занятиям                     |
| 2                | Выполнение домашних заданий                            |
| 3                | Подготовка к контрольным работам                       |
| 4                | Выполнение курсовой работы                             |
| 5                | Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение |

#### 5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

##### Очная форма обучения

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося |                          |                                                       | Максимальное количество баллов |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <i>7 семестр</i>                                                                   |                          |                                                       |                                |
| Текущий контроль успеваемости                                                      | Первый рубежный контроль | <b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b> |                                |
|                                                                                    |                          | Посещение лекционных занятий                          | 4                              |
|                                                                                    |                          | Работа на практических занятиях                       | 8                              |
|                                                                                    |                          | Выполнение домашних заданий                           | 8                              |
|                                                                                    |                          | Выполнение контрольной работы № 1                     | 10                             |
|                                                                                    |                          | Итого                                                 | 30                             |
|                                                                                    | Второй рубежный контроль | <b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b> |                                |
|                                                                                    |                          | Посещение лекционных занятий                          | 4                              |
|                                                                                    |                          | Работа на практических занятиях                       | 8                              |
|                                                                                    |                          | Выполнение домашних заданий                           | 8                              |
|                                                                                    |                          | Выполнение контрольной работы № 2                     | 10                             |
|                                                                                    |                          | Итого                                                 | 30                             |
| Промежуточная аттестация                                                           | Дифференцированный зачет |                                                       | 40 (100*)                      |
|                                                                                    | Защита курсовой работы   |                                                       | 100                            |

\* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

#### Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

| Система оценивания результатов обучения                                                                                | Оценки              |                   |         |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|----------|
| Стобалльная система оценивания                                                                                         | 0 – 39              | 40 – 60           | 61 – 80 | 81 – 100 |
| Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы) | Неудовлетворительно | Удовлетворительно | Хорошо  | Отлично  |

| Система оценивания<br>результатов обучения  | Оценки     |         |
|---------------------------------------------|------------|---------|
| Академическая система оценивания<br>(зачет) | Не зачтено | Зачтено |

## **6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется учебная аудитория, оборудованная доской для написания мелом.

## **7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **7.1 Основная литература**

1. Горбачев, Д.В. Введение в методы оптимизации: учебное пособие / Д. В. Горбачев; ТулГУ.— Тула : Изд-во ТулГУ, 2015 .— 112 с. — ISBN 978-5-7679-3301-3. — Текст: электронный // Библиотех: электронно-библиотечная система. — URL: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2016012516395188591500007380>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — Москва : Логос, 2011. — 424 с. — ISBN 978-5-98704-540-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/9093.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Розова, В. Н. Методы оптимизации : учебное пособие / В. Н. Розова, И. С. Максимова. — Москва : Российский университет дружбы народов, 2010. — 112 с. — ISBN 978-5-209-03872-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/11536.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Сухарев, А. Г. Курс методов оптимизации: учебное пособие / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 2-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 384 с. — ISBN 978-5-9221-0559-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2330>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Горбачев, Д.В. Численные методы решения экстремальных задач: учебное пособие / Д. В. Горбачев ; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2014 .— 114 с. — ISBN 978-5-7679-2820-0. — Текст: электронный // Библиотех: электронно-библиотечная система. — URL: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2015031313284668525800006490>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Горбачев, Д.В. Лекции по вариационному исчислению : учебное пособие / Д. В. Горбачев; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2014 .— 112 с. — ISBN 978-5-7679-2994-8. — Текст: электронный // Библиотех: электронно-библиотечная система. — URL: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2015031314594710531700002178>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Алексеев, В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи : учебное пособие / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 256 с. — ISBN 978-5-9221-0590-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2097>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Струченков, В. И. Методы оптимизации в прикладных задачах : учебное пособие / В. И. Струченков. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2009. — 320 с. — ISBN 978-5-91359-061-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13781>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

1. <http://window.edu.ru> – Единое окно доступа к образовательным ресурсам.
2. <http://elibrary.ru/> – Научная Электронная Библиотека eLibrary.
3. <http://cyberleninka.ru/> – КиберЛенинка — научная электронная библиотека.
4. <http://www.intuit.ru> – Национальный открытый университет «ИНТУИТ».

## **9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Пакет офисных приложений «МойОфис».

### **9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы не требуются.