

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования "Пермский**  
**государственный национальный исследовательский**  
**университет"**

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

Авторы-составители: **Стрелкова Нина Александровна**  
**Лутманов Сергей Викторович**

Рабочая программа дисциплины  
**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**  
Код УМК 45891

Утверждено  
Протокол №6  
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Методы оптимизации

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Методы оптимизации** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.02** Прикладная математика и информатика (направленность : Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)

**ОПК.1** Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

#### **Индикаторы**

**ОПК.1.3** Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук

**ОПК.3** Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач

#### **Индикаторы**

**ОПК.3.1** Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи

**ОПК.4** Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности

#### **Индикаторы**

**ОПК.4.1** Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	8
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (8 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Методы оптимизации. Первый семестр**

Гладкие конечномерные задачи оптимизации. Контрольная работа по гладким задачам оптимизации. Линейное программирование. Индивидуальное задание по линейному программированию. Достаточные условия слабого и сильного экстремумов функционала. Простейшая задача вариационного исчисления. Контрольная работа по вариационному исчислению. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления. Вариационные задачи на условный экстремум. Принцип максимума Понтрягина. Индивидуальное задание по принципу максимума

#### **1. Гладкие конечномерные задачи оптимизации**

Задачи оптимизации в науке и технике. Формализация задач оптимизации. Гладкая конечномерная задача без ограничений. Принцип Лагранжа для гладких конечномерных задач с ограничениями типа равенств и неравенств.

#### **2. Линейное программирование**

Постановка и формы записи задачи задач линейного программирования. Графический метод решения задач линейного программирования. Симплекс-метод. Метод искусственного базиса. Двойственные задачи линейного программирования.

#### **Индивидуальное задание по линейному программированию**

Конечномерные задачи оптимизации. Линейное программирование.

#### **3. Достаточные условия слабого и сильного экстремумов функционала**

Условия Якоби, Вейерштрасса, Лежандра. Достаточные условия слабого и сильного экстремумов функционала.

#### **4. Простейшая задача вариационного исчисления**

Простейшая задача вариационного исчисления. Лемма Дюбуа–Реймона. Уравнение Эйлера. Простейшие случаи интегрируемости уравнения Эйлера.

#### **5. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления**

Функционалы от нескольких функций. Функционалы со старшими производными. Функционалы, зависящие от функции нескольких независимых переменных. Задача Больца.

#### **6. Вариационные задачи на условный экстремум**

Изопериметрическая задача. Задача Лагранжа.

#### **7. Принцип максимума Понтрягина**

Задачи оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина. Простейшая задача о быстродействии.

#### **Индивидуальное задание по принципу максимума**

Вариационное исчисление. Оптимальное управление.

#### **Итоговое контрольное мероприятие**

Коллоквиум. Методы оптимизации. Вариационное исчисление

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная:**

1. Методы оптимизации : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ф. П. Васильев, М. М. Потапов, Б. А. Будак, Л. А. Артемьева ; под редакцией Ф. П. Васильева. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 375 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-6157-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/433032>
2. Гончаров, В. А. Методы оптимизации : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. А. Гончаров. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 191 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3642-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/425157>

### **Дополнительная:**

1. Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В. Курс методов оптимизации / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0559-0. — 368. — Библиогр.: с. 361-363
2. Алексеев В. М., Галеев Э. М., Тихомиров В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи: задачник для студентов вузов / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. — Москва: Физматлит, 2005, ISBN 5-9221-0590-6. — 256. — Библиогр.: с. 252
3. Андреева Е. А., Цирулева В. М. Вариационное исчисление и методы оптимизации: учебное пособие для студентов математических специальностей и направлений подготовки университетов / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева. — Москва: Высшая школа, 2006, ISBN 5-06-004746-6. — 584. — Библиогр. в конце глав

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Методы оптимизации** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) и/или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.



3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Методы оптимизации**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.1**

**Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<b>ОПК.1.3</b> Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук	В результате обучения студент должен иметь навыки решения стандартных задач в предметной области.	<b>Неудовлетворител</b> работа не сделана <b>Удовлетворительн</b> получен верный ответ <b>Хорошо</b> получен верный ответ и даны объяснения проведенным выкладкам <b>Отлично</b> получен верный ответ, даны объяснения проведенным выкладкам , даны ответы на дополнительные вопросы

**ОПК.3**

**Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы  
программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<b>ОПК.3.1</b> Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи	В результате обучения студент должен: ЗНАТЬ: основные понятия и утверждения в предметной области; УМЕТЬ: применять полученные знания в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом в предметной области, навыками применения современных методов решения задач в	<b>Неудовлетворител</b> Студент не знает основные понятия и утверждения в предметной области, не умеет применять полученные знания в стандартных постановках, не дает содержательную интерпретацию результатов вычислений, не контролирует правильность вычислений, не может самостоятельно приобретает новые знания, не владеет основным понятийным аппаратом в предметной области, не владеет навыками применения современных методов решения задач в исследовательской и прикладной деятельности.  <b>Удовлетворительн</b> Студент знает основные понятия и утверждения в предметной области, умеет применять полученные знания в

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	исследовательской и прикладной деятельности.	<p><b>Удовлетворительн</b> стандартных постановках.</p> <p><b>Хорошо</b> Студент знает основные понятия и утверждения в предметной области, умеет применять полученные знания в стандартных постановках, владеет основным понятийным аппаратом в предметной области, навыками применения современных методов решения задач в исследовательской и прикладной деятельности.</p> <p><b>Отлично</b> Студент знает основные понятия и утверждения в предметной области, умеет применять полученные знания в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретает новые знания, владеет основным понятийным аппаратом в предметной области, владеет навыками применения современных методов решения задач в исследовательской и прикладной деятельности.</p>

#### ОПК.4

**Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<b>ОПК.4.1</b> Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности	ЗНАТЬ: основные понятия и утверждения методов оптимизации и исследования операций; УМЕТЬ: применять методы задач оптимизации и исследования операций в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать	<p><b>Неудовлетворител</b> Не знает основные понятия и утверждения методов оптимизации. Демонстрирует отсутствие навыков решения задач линейного и целочисленного программирования.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> Общие, но не структурированные знания основных методов оптимизации. Демонстрирует частично сформированное умение решать задачи линейного и</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания;  <b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом теории оптимизации, навыками применения современных методов решения задач линейного и целочисленного программирования в исследовательской и прикладной деятельности.</p>	<p><b>Удовлетворительн</b>  целочисленного программирования в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений.</p> <p><b>Хорошо</b>  Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных понятий теории оптимизации. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения решать задачи линейного и целочисленного программирования в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений. Умеет контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. Владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации и исследования операций.</p> <p><b>Отлично</b>  Сформированные систематические знания основных понятий теории оптимизации. Сформированное умение решать задачи линейного программирования и целочисленного программирования. Сформированное умение давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : ПМИ

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.1.3</b> Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук <b>ОПК.3.1</b> Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи <b>ОПК.4.1</b> Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности	Контрольная работа по гладким задачам оптимизации <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Навыки решения стандартных задач. Знание основных понятий, утверждений и стандартных постановок методов оптимизации и исследования операций.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ОПК.1.3</b> Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p> <p><b>ОПК.3.1</b> Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи</p> <p><b>ОПК.4.1</b> Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>Индивидуальное задание по линейному программированию</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать общую теорию и основные методы решения задач линейного и целочисленного программирования.</p> <p>Уметь находить оптимальное решение транспортной задачи, задач линейного и целочисленного программирования.</p>
<p><b>ОПК.1.3</b> Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p> <p><b>ОПК.3.1</b> Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи</p> <p><b>ОПК.4.1</b> Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>Контрольная работа по вариационному исчислению</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Проверка знаний по элементам вариационного исчисления.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ОПК.1.3</b> Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук <b>ОПК.3.1</b> Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи <b>ОПК.4.1</b> Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности	Итоговое контрольное мероприятие <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Проверка знаний по материалу курса

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Контрольная работа по гладким задачам оптимизации

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет применять методы задач исследования операций в стандартных постановках.	4
Владеет навыками применения современных методов решения задач линейного и целочисленного программирования в исследовательской и прикладной деятельности.	4
Знает основные понятия исследования операций.	2

#### Индивидуальное задание по линейному программированию

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет решать задачи целочисленного программирования.	8
Знает методы решения транспортных задач и умеет применять их для определения первоначального распределения поставок.	8
Знает методы решения транспортных задач и умеет применять их для определения	8

оптимального плана перевозок.	
Знает основные утверждения теории двойственности, умеет построить задачу линейного программирования, двойственную к рассматриваемой задаче.	6

### **Контрольная работа по вариационному исчислению**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Решение полученной задачи	13
Анализ полученного результата	10
Постановка задачи вариационного исчисления по предложенным условиям	7

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставаемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знает определения выпуклого множества и выпуклой функции, формулировку задачи выпуклого программирования. Умеет использовать теоретические результаты для обоснования правильности решения конкретных задач	8
Анализ полученного результата	8
Знает постановку и формы записи задач методов оптимизации. Умеет привести общую задачу к канонической форме. Знает основные методы решения задач.	8
Решение предложенной задачи в предметной области	6