

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Физико-математический институт

Авторы-составители: Остапенко Елена Николаевна

Рабочая программа дисциплины

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Код УМК 101732

Утверждено
Протокол №1
от «19» июня 2024 г.

Пермь, 2024

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: **01.03.04** Прикладная математика
направленность Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

01.03.04 Прикладная математика (направленность : Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект)

ОПК.1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности

ПК.1 Способен решать профессиональные задачи, возникающие при проведении научных и прикладных исследований

Индикаторы

ПК.1.1 Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований

ПК.1.2 Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	01.03.04 Прикладная математика (направленность: Интеллектуальный анализ данных, программирование и искусственный интеллект)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	6
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (6 триместр)

Тематический план

Наименование тем и разделов	Всего ак. час	Аудиторные занятия			самостоятельная работа
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия	
8 триместр	144	28	0	28	88
Методы оптимизации. Первый семестр	144	28	0	28	88
1. Гладкие конечномерные задачи оптимизации	15	4	0	5	10
Контрольная работа по гладким задачам оптимизации	5	0	0	1	6
2. Линейное программирование	18	8	0	8	6
Индивидуальное задание по линейному программированию	6	0	0	0	8
3. Достаточные условия слабого и сильного экстремумов функционала	8	2	0	1	6
4. Простейшая задача вариационного исчисления	14	6	0	5	6
Контрольная работа по вариационному	8	0	0	2	8

Наименование тем и разделов	Всего ак. час	Аудиторные занятия			самостоятельная работа
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия	
исчислению					
5. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления	8	2	0	1	6
6. Вариационные задачи на условный экстремум	8	2	0	1	8
7. Принцип максимума Понтрягина	10	4	0	2	8
Индивидуальное задание по принципу максимума	8	0	0	2	8
Итоговое контрольное мероприятие	8	0	0	2	8

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 аудиторские 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

Директор библиотеки _____ (С.Н.Соларева)

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;

- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕГИС 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: специализированной мебелью, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения семинарских (практических) занятий - Компьютерный класс, оборудованный: специализированной мебелью, меловой и (или) маркерной доской, компьютерами, проектором, экраном, специализированным программным обеспечением.

Для групповых (индивидуальных) консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации аудитория, оснащенная: специализированной мебелью, ноутбуком/компьютером, меловой (и) или маркерной доской, проектором, экраном.

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 знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности	В результате обучения студент должен иметь навыки решения стандартных задач в предметной области.	Неудовлетворител работа не сделана Удовлетворительн получен верный ответ Хорошо получен верный ответ и даны объяснения проведенным выкладкам Отлично получен верный ответ, даны объяснения проведенным выкладкам , даны ответы на дополнительные вопросы

ПК.1

Способен решать профессиональные задачи, возникающие при проведении научных и прикладных исследований

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ПК.1.1 Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований	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	Неудовлетворител 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. Удовлетворительн 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 style="text-align: center;">Удовлетворительн стандартных постановках.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>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 style="text-align: center;">Отлично</p> <p>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>
<p>ПК.1.2 Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p>	<p>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>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные понятия и утверждения методов оптимизации. Демонстрирует отсутствие навыков решения задач линейного и целочисленного программирования.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>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; ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом теории оптимизации, навыками применения современных методов решения задач линейного и целочисленного программирования в исследовательской и прикладной деятельности.</p>	<p>Удовлетворительн целочисленного программирования в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений.</p> <p>Хорошо 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>Отлично 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 : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

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
ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности ПК.1.1 Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований ПК.1.2 Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований	Контрольная работа по гладким задачам оптимизации Письменное контрольное мероприятие	Навыки решения стандартных гладких конечномерных задач оптимизации.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности</p> <p>ПК.1.1 Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p> <p>ПК.1.2 Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p>	<p>Индивидуальное задание по линейному программированию</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Знать общую теорию и основные методы решения задач линейного и целочисленного программирования.</p> <p>Решение задачи линейного программирования.</p>
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности</p> <p>ПК.1.1 Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p> <p>ПК.1.2 Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p>	<p>Контрольная работа по вариационному исчислению</p> <p>Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Исследование задачи вариационного исчисления на минимум.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использует их в профессиональной деятельности</p> <p>ПК.1.1 Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p> <p>ПК.1.2 Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p>	<p>Итоговое контрольное мероприятие</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	

Спецификация мероприятий текущего контроля

Контрольная работа по гладким задачам оптимизации

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

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

Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Решение задач на условный экстремум.	10

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
Решение задачи линейного программирования симплекс-методом с обоснованием.	15
Решение задачи линейного программирования графическим методом с обоснованием.	15

Контрольная работа по вариационному исчислению

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

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Составлено и решено уравнение Якоби, сделаны выводы из полученных результатов.	10
Найдена экстремаль заданного функционала	8
Решения аудиторных практических и домашних заданий.	5
Проверить найденное решение задачи на глобальный минимум.	4
Проверено условие Лежандра и сделан вывод.	2
Проверено условие положительной регулярности. Сделан вывод	1

Итоговое контрольное мероприятие

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

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает определения выпуклого множества и выпуклой функции, формулировку задачи выпуклого программирования. Умеет использовать теоретические результаты для обоснования правильности решения конкретных задач	8
Решение предложенной задачи в предметной области	6