

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 Искусственный интеллект и большие данные

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 : Искусственный интеллект и большие данные)

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

Направления подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Искусственный интеллект и большие данные)
форма обучения	очная
№№ семестров, выделенных для изучения дисциплины	6
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (6 семестр)

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

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 компьютера 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

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук	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

ОПК.3

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

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.3.1 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	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>

ОПК.4

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

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

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p> <p>ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи</p> <p>ОПК.4.1 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>Защищаемое контрольное мероприятие</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>ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук</p> <p>ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи</p> <p>ОПК.4.1 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>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Проверка знаний по элементам вариационного исчисления.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи ОПК.4.1 Применяет навыки использования и модификации математических моделей и моделей данных для решения задач в области профессиональной деятельности	Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	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, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
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, 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
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