

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

Авторы-составители: **Лутманов Сергей Викторович**

Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕМЕНТЫ ВЫПУКЛОГО АНАЛИЗА И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Код УМК 92366

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **01.04.03** Механика и математическое моделирование
направленность Фундаментальная и прикладная механика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность : Фундаментальная и прикладная механика)

ОПК.1 Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики

Индикаторы

ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области

ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Фундаментальная и прикладная механика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

1. ПРОСТРАНСТВО ПОДМНОЖЕСТВ ЭВКЛИДОВА ПРОСТРАНСТВА

- 1.1. Пространство
- 1.2. Точки и подмножества пространства
- 1.3. Алгебраические линейные комбинации подмножеств
- 1.4. Расстояние Хаусдорфа.

Входной контроль

1.1. Пространство подмножеств эвклидова пространства

2. ВЫПУКЛЫЕ МНОЖЕСТВА И ВЫПУКЛЫЕ ФУНКЦИИ

- 2.1. Определение выпуклого множества. Примеры.
- 2.2. Аффинные множества.
- 2.3. Операции над выпуклыми множествами.
- 2.4. Выпуклые оболочки.
- 2.5. Замыкание и внутренность выпуклых множеств.
- 2.6. Выпуклые конусы.
- 2.7. Выпуклые конусы и частичная упорядоченность.
- 2.8. Многокритериальная оптимизация.
- 3.1. Определение выпуклой функции. Примеры.
- 3.2. Действия с выпуклыми функциями.
- 3.3. Непрерывность выпуклой функции.
- 3.4. Критерии выпуклости гладких функций
- 4.1. Надграфик выпуклой функции.
- 4.2. Множество Лебега выпуклой функции
- 4.3. Опорная функция подмножества пространства
- 4.4. Основные свойства опорных функций подмножеств пространства
- 4.5. Опорные функции выпуклых оболочек подмножеств пространства

2.1. Выпуклые множества

2.2. Выпуклые функции.

2.3. Связь между выпуклыми функциями и выпуклыми множествами

2.4. Минимум выпуклой функции

Коллоквиум по теме выпуклые множества и выпуклые функции

3. ТЕОРЕМЫ ОБ ОТДЕЛИМОСТИ ВЫПУКЛЫХ МНОЖЕСТВ

- 5.1. Локальный и глобальный минимум выпуклой функции.
 - 5.2. Минимум дифференцируемой выпуклой функции.
 - 5.3. Минимум выпуклой функции, дифференцируемой по всем возможным направлениям.
- 6.1. Проекция точки на множество
 - 6.2. Отделимость точки и множества.
 - 6.3. Отделимость выпуклых множеств.
 - 6.4. Некоторые следствия из теорем

3.1. Отделимость точки и множества

3.2. Отделимость множеств

3.3. Некоторые следствия из теорем об отделимости выпуклых множеств

Коллоквиум по теме минимум выпуклой функции и теоремы отделимости

4. ВЫПУКЛОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

- 8.1. Постановка задачи выпуклого программирования.
- 8.2. Седловая точка регулярной функции Лагранжа.
- 8.3. Условия Слейтера.
- 8.4. Теорема Куна-Таккера . Ограничения типа неравенств.
- 8.5. Теорема Куна - Таккера для многогранных множеств.
- 8.6. Теорема Куна – Таккера. Общий случай.
- 10.1. Постановка двойственной задачи.
- 10.2. Теорема двойственности.

4.1. Условия регулярности в задачах выпуклого программирования

4.2. Теорема Куна-Таккера

4.3. Теория двойственности

Коллоквиум по теме Теоремы об отделимости выпуклых множеств и выпуклое программирование

5. ТЕОРИЯ ДВОЙСТВЕННОСТИ В ЛИНЕЙНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

- 11.1. Двойственная задача к канонической задаче линейного программирования.
- 11.2. Двойственная задача к стандартной задаче линейного программирования.
- 11.3. Двойственная задача к общей задаче линейного программирования.
- 11.4. Правило построения двойственной задачи.
- 11.5. Теоремы двойственности и равновесия.

5.1. Двойственная задача для частных видов задач линейного программирования

5.2. Теория двойственности для задачи линейного программирования в общей постановке

Индивидуальное задание по теории двойственности в линейном программировании

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. Экстремальные состояния Льва Альтшулера/под ред.: Б. Л. Альтшулера, В. Е. Фортова.- Москва:Физматлит,2011, ISBN 978-5-9221-1304-5.-6151.-Библиогр.: с. 566-577 и в подстроч. примеч.
2. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач:учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика"/Ф. П. Васильев.-Москва:Наука,1988, ISBN 5-02-013796-0.-552.-Библиогр.: с. 531-545
3. Пшеничный Б. Н. Необходимые условия экстремума/Б. Н. Пшеничный.-Москва:Наука,1982.-144.- Библиогр.: с. 139-140. - Предм. указ.: с. 141-142
4. Лутманов С. В. Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Механика и математическое моделирование»/С. В. Лутманов.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3114-8.-1.-Библиогр.: с. 180 <https://elis.psu.ru/node/507855>

Дополнительная:

1. Лутманов С. В.,Аюпов В. В.,Гамилова Л. В. Задачи оптимизации в конечномерных пространствах:учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по группе мат. и мех. спец./С. В. Лутманов, В. В. Аюпов, Л. В. Гамилова.-Пермь:ПГУ,2007, ISBN 5-7944-0929-0.-160.-Библиогр.: с. 157-159
2. Лутманов С. В. Курс лекций по методам оптимизации/С. В. Лутманов.-Ижевск:Издательство РХД,2001, ISBN 5-93972-061-7.-368.-Библиогр.: с. 361 - 363

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 **Элементы выпуклого анализа и 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 выполнении 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) 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
Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации**

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

ОПК.1

Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p>	<p>В результате обучения студент должен знать основы выпуклого анализа и методов оптимизации, уметь решать конкретные задачи, владеть навыками основ выпуклого анализа и методов оптимизации</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основных формул для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено не в полном объеме</p> <p align="center">Удовлетворительн Знает основные формулы для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено в полном объеме.</p> <p align="center">Хорошо Знает основные формулы для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено в полном объеме. Умеет обосновывать выкладки при выводе рабочих формул.</p> <p align="center">Отлично Знает основные формулы для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено в полном объеме. Умеет обосновывать выкладки при выводе рабочих формул. Владеет материалом из граничных разделов</p>
<p>ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p>В результате обучения студент должен уметь формулировать предложенную задачу</p>	<p align="center">Неудовлетворител Студент не может сформулировать поставленную задачу, решить ее</p> <p align="center">Удовлетворительн Студент верно формулирует поставленную задачу, испытывает затруднения при ее решении и анализе результата.</p> <p align="center">Хорошо Студент верно формулирует поставленную задачу, предлагает методы ее решения, испытывает затруднения при анализе результата.</p> <p align="center">Отлично Студент верно формулирует поставленную</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично задачу, предлагает методы ее решения, верно анализирует полученный результат.

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
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	Проверяются знания, необходимые для прохождения курса.
ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области	Коллоквиум по теме выпуклые множества и выпуклые функции Защищаемое контрольное мероприятие	Проверяются знания по теме выпуклые множества и функции
ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области	Коллоквиум по теме минимум выпуклой функции и теоремы отделимости Защищаемое контрольное мероприятие	Проверяются знания по теме Теоремы об отделимости выпуклых множеств
ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области	Коллоквиум по теме Теоремы об отделимости выпуклых множеств и выпуклое программирование Защищаемое контрольное мероприятие	Проверяются знания по теме Выпуклое программирование

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.2 Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат	Индивидуальное задание по теории двойственности в линейном программировании	Проверяются знания по теме теории двойственности в линейном программировании
ОПК.1.1 Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области	Итоговое контрольное мероприятие	

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Получен верный ответ	5
Проведен анализ полученных результатов	3
Даны обоснования проведенным выкладкам	2

Коллоквиум по теме выпуклые множества и выпуклые функции

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
Дан ответ на вопрос из билета	11
Приведены обоснования представленным выкладкам	8
Даны ответы на вопросы из смежных разделов	6

Коллоквиум по теме минимум выпуклой функции и теоремы отделимости

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
Дан ответ на вопрос из билета	11
Приведены обоснования представленным выкладкам	8
Даны ответы на вопросы из смежных разделов	6

Коллоквиум по теме Теоремы об отделимости выпуклых множеств и выпуклое программирование

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
Дан ответ на вопрос из билета	11
Приведены обоснования представленным выкладкам	8
Даны ответы на вопросы из смежных разделов	6

Индивидуальное задание по теории двойственности в линейном программировании

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
Дан ответ на вопрос из билета	11
Приведены обоснования представленным выкладкам	8
Даны ответы на вопросы из смежных разделов	6