

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

**Авторы-составители: Морозов Илья Александрович
Скачков Андрей Павлович**

Рабочая программа дисциплины

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Код УМК 87744

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Методы математического моделирования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **28.04.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ОПК.5 Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов

Индикаторы

ОПК.5.2 Применяет методики решения инженерных и научно технических задач при моделировании и проектировании объектов, систем и процессов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	48
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Методы математического моделирования

Введение в математическое моделирование. Цели и задачи курса.

Основные понятия, виды моделей и подходов к моделированию. Свойства математических моделей и их параметров, аналогия, вычислительный эксперимент.

Язык программирования MATLAB в решении задач математического моделирования.

Типы переменных (числа, массивы, структуры, ячейки, строки, глобальные переменные). Операции с матрицами. Логические операции. Функции. Условия, циклы. Символьное вычисление. Работа файлами и графикой.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ).

Возможности и принципы работы. Зонд. Устройство АСМ. Режимы работы. Решение задачи о вынужденных колебаниях массы на пружине в вязкой среде с учетом возможной близости поверхности. Сравнительный анализ аналитического и численного решений. Аналогично: решение задачи о колебаниях стержня с различными граничными условиями. Модели упругого взаимодействия зонд-материал (модели Герца, Дерягина-Мюллера-Топорова). Обработка экспериментальных кривых взаимодействия зонд-материал, определение упругого модуля поверхности.

Структурное и структурно-механическое моделирование.

Моделирование и исследование свойств двумерных и трехмерных дисперсных структур. Упругий, вязкий элементы, элемент сухого трения; их соединения.

Статистические модели и обработка результатов экспериментов.

Выбор функции случайного распределения при обработке экспериментальных данных. Критерии применимости. Аппроксимация результатов. Исследование статистических параметров.

Оптимизация в задачах математического моделирования.

Безусловный, условный минимум функций одной или нескольких переменных. Метод Нелдера-Мида.

Математическое моделирование и исследование фрактальных и мультифрактальных объектов.

Понятие фрактальной размерности. Мультифракталы, функция мультифрактального спектра. Построение и исследование двумерных и трехмерных структурных фрактальных объектов.

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. Ашихмин, В. Н. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер. — Москва : Логос, 2004. — 439 с. — ISBN 5-94010-272-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/9063>
2. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры/А. А. Самарский, А. П. Михайлов.-М.:Физматлит,2005, ISBN 5-9221-0120-X.-320.-Библиогр.: с. 313-316

Дополнительная:

1. Матюшкин И. В. Моделирование и визуализация средствами MATLAB физики наноструктур: Учебное пособие/Матюшкин И. В..-Москва: Техносфера, 2011, ISBN 978-5-94836-286-1.-168.
<http://www.iprbookshop.ru/13280>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://exponenta.ru/> Математический портал

<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 математического моделирования** 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 проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

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 математического моделирования**

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

ОПК.5

Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.5.2 Применяет методики решения инженерных и научно технических задач при моделировании и проектировании объектов, систем и процессов</p>	<p>Знать: основные методы математического моделирования и статистической обработки результатов экспериментов. Уметь: проводить статистическую обработку результатов вычислительного эксперимента, строить математические модели исследуемых проблем. Владеть: современными пакетами обработки результатов экспериментов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не умеет выбирать модель, соответствующую рассматриваемой задаче. Не может провести статистическую обработку результатов экспериментов и провести визуализацию полученных результатов. Не владеет методами оптимизации в задачах математического моделирования.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Имеет представление о моделях описывающих рассматриваемую задачу. Допускает незначительные неточности при статистической обработке результатов экспериментов.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Имеет представление о моделях описывающих рассматриваемую задачу. Допускает незначительные неточности при статистической обработке результатов экспериментов. Имеет представление о методах оптимизации в задачах математического моделирования.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Умеет выбирать модель, соответствующую рассматриваемой задаче. Может провести статистическую обработку результатов экспериментов и провести визуализацию полученных результатов. Владеет методами оптимизации в задачах математического моделирования.</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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.5.2 Применяет методики решения инженерных и научно-технических задач при моделировании и проектировании объектов, систем и процессов	Язык программирования MATLAB в решении задач математического моделирования. Защищаемое контрольное мероприятие	Владение пакетом математического моделирования MATLAB
ОПК.5.2 Применяет методики решения инженерных и научно-технических задач при моделировании и проектировании объектов, систем и процессов	Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Защищаемое контрольное мероприятие	Принципы работы атомно-силовой микроскопии
ОПК.5.2 Применяет методики решения инженерных и научно-технических задач при моделировании и проектировании объектов, систем и процессов	Математическое моделирование и исследование фрактальных и мультифрактальных объектов. Итоговое контрольное мероприятие	Статистические модели и обработка результатов экспериментов. Оптимизация в задачах математического моделирования. Математическое моделирование и исследование фрактальных и мультифрактальных объектов.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Язык программирования MATLAB в решении задач математического моделирования.

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

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Линейные и нелинейные модели. Аналогия. Вычислительный эксперимент.	10
Аппроксимация и оптимизация с использованием системы MATLAB.	10
Решения дифференциальных уравнений в системе MATLAB.	10

Атомно-силовая микроскопия (АСМ).

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

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Контактный и колебательный режимы работы зондового микроскопа. Упругие модели контактных взаимодействий.	10
Модель колебаний стержня распределенной массы в вязкой среде.	10
Модель вынужденных колебаний массы на пружине в вязкой среде.	10

Математическое моделирование и исследование фрактальных и мультифрактальных объектов.

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Аппроксимация и оптимизация с использованием системы MATLAB.	10
Необходимые условия существования мультифрактала.	10
Простейшие механические модели Максвелла и Кельвина-Фойгта.	10
Метод Нелдера-Мида.	10