

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра высшей математики и физики

Фонд оценочных средств дисциплины

**Б1.О.06 Компьютерное моделирование процессов в твердых телах**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки  
(сетевая форма реализации)

**03.04.01 Прикладные математика и физика**

Направленность (профиль)  
«Физические исследования инновационных материалов»

Уровень  
**Магистратура**

Форма обучения  
**Очная**

Рассмотрен и утвержден на заседании кафедры  
08.09.2022, протокол № 2

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Зайцева И.В.

Авторы-разработчики:  
к.х.н., Михтеева Е.Ю.,  
к.ф.-м.н., Пономарев М.Г.

## 1. Паспорт Фонда оценочных средств по дисциплине

«Компьютерное моделирование процессов в твердых телах»

**Таблица 1. Перечень оценочных средств текущего контроля**

№ п/п	Тема дисциплины	Формируемые компетенции	Наименование средств текущего контроля
1	Тема 1. Введение в метод конечных элементов	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 1 Лабораторная работа 1
2	Тема 2. Расчетная оболочка ANSYS Workbench. Геометрическое моделирование в ANSYS Workbench	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 2 Лабораторная работа 2
3	Тема 3. Управление материалами, генерация конечно-элементной сетки в ANSYS Workbench	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 2 Лабораторная работа 3
	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Тестирование
4	Тема 4. Нагрузки и граничные условия. Настройка решателя ANSYS Workbench	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 3 Лабораторная работа 4
5	Тема 5. Математическое моделирование эксперимента как решение физической задачи	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-4.1; ПК-1.2	Устный опрос Практическая работа 3 Лабораторная работа 5
Форма промежуточной аттестации			Экзамен

## 2. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

**Таблица 2. Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины**

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ОПК-2. Способен самостоятельно осваивать и применять современные математические методы исследования, анализа и обработки	Знать: – физические основы строения и свойств твердого тела, процессы, протекающие в твердых телах и законы их описывающие;	Тестирование: Тестовые задания
	Уметь: – выделять составляющие сложных систем;	Тестирование: Тестовые задания

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
<p>данных, компьютерные программы, средства их разработки, научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики)</p> <p>ОПК-2.2. Создаёт новую и использует известную научно-исследовательскую, измерительно-аналитическую и технологическую аппаратуру (в соответствии с избранным направлением прикладных математики и физики)</p>	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами анализа числовых данных;</li> </ul>	<p>Тестирование:</p> <p>Тестовые задания</p>
<p>ОПК-3. Способен в рамках своей профессиональной деятельности анализировать, выявлять, формализовать и находить решения фундаментальных и прикладных научно-технических и инновационных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные принципы построения моделей и их компьютерных реализаций</li> </ul>	<p>Тестирование:</p> <p>Тестовые задания</p>
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– описывать процессы, происходящие в твердом теле, с помощью уравнений;</li> <li>– выбирать оптимальные методики для моделирования различных физических процессов;</li> </ul>	<p>Тестирование:</p> <p>Тестовые задания</p>

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
ОПК-3.1. Решает задачи анализа и формализации фундаментальных и прикладных научно-технических проблем	Владеть: - умениями использования прикладных программных средств для моделирования процессов в твердых телах	Тестирование: Тестовые задания
ОПК-4. Способен выбирать цели своей профессиональной деятельности и пути их достижения, осуществлять научный, технический, технологический и инновационный поиск, прогнозировать научные, производственные, технологические и социально-экономические последствия  ОПК-4.1 Выбирает цели и пути их достижения в научно-технологическом и научном поиске в направлении своей профессиональной деятельности	Знать: – основы физики строения твердого тела, основные закономерности протекания физических процессов в твердых телах; –основные этапы решения естественнонаучных задач с помощью компьютера	Тестирование: Тестовые задания
	Уметь: – контролировать достоверность результатов и анализировать причину ошибок; - ставить актуальные исследовательские задачи и выполнять соответствующий контроль;	Тестирование: Тестовые задания
	Владеть: - умениями обработки и анализа характеристик процессов в твердых телах; - умениями выбора оптимальных методики для описания процессов в твердых телах;	Тестирование: Тестовые задания
ПК-1. Способен использовать специализированные знания о выбранных объектах исследований для проведения научных исследований с использованием современных	Знать: – современное состояние вычислительных технологий и их применение в физике;	Тестирование: Тестовые задания
	Уметь: – проводить анализ и интерпретировать результаты моделирования;	Тестирование: Тестовые задания

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
информационных технологий  ПК-1.2. Проводит математическое моделирование и оптимизацию параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	Владеть: – программными средствами анализа, интерпретации и визуализации результатов компьютерного моделирования	Тестирование: Тестовые задания

### 3. Балльно-рейтинговая система оценивания

**Таблица 3. Распределение баллов по видам учебной работы**

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль успеваемости	0-100
Промежуточная аттестация	0-30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

**Таблица 3.1. Распределение баллов по текущему контролю**

2 семестр			
№	Вид работ	Min	Max
1. Обязательная часть			
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний:		
1.1.1	Текущий контроль успеваемости (ТКУ)	0	10
1.2	Выполнение практических работ		
1.2.1	Практическая работа 1. Решение задач на расчет кристаллических решеток, объем ячеек, коэффициент компактности.	4	5
1.2.2	Практическая работа 2. Решение задач на расчет удельной теплоемкости, коэффициента теплопроводности, механических свойств твердых тел.	4	5
1.2.3	Практическая работа 3. Нахождение концентраций носителей заряда, расчет энергии Ферми. Нахождение распределения электронов по скоростям, кинетических энергий и теплоемкости электронного газа в металлах.	2	4
1.3	Выполнение лабораторных работ		
1.3.1	Лабораторная работа № 1 Изучение основных принципов: ознакомление с этапами	2	4

	компьютерного моделирования, начиная с постановки задачи и заканчивая анализом результатов.		
1.3.2	Лабораторная работа № 2 Разработка моделей: создание концептуальных и математических моделей, а также алгоритмов для решения задач, связанных с процессами в твердых телах.	2	3
1.3.3	Лабораторная работа № 3 Использование ПО: работа с системами компьютерного моделирования и другим программным обеспечением для создания цифровых моделей объектов и систем.	2	3
1.3.4	Лабораторная работа № 4 Проведение экспериментов: проведение имитационных экспериментов на компьютерной модели для получения количественных и качественных результатов.	2	3
1.3.5	Лабораторная работа № 5 Анализ и оптимизация: интерпретация результатов моделирования для выявления свойств системы, оптимизации процессов и улучшения научного понимания	2	3
Итого баллов по обязательной части		20	40

**Таблица 3.2. Конвертация баллов в итоговую оценку**

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	64-84
Удовлетворительно	40-63
Неудовлетворительно	0-39

#### **4. Содержание оценочных средств текущего контроля. Критерии оценивания**

Перечень учебно-методического и информационного обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в рабочих программах и методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень практических работ, методика выполнения и критерии оценивания по темам дисциплины:

**Практическая работа № 1. Расчет балки на прочность в программе ANSYS Workbench:** тонкая пластина постоянной толщины  $h$ , нагружена внешними силами, параллельными срединной плоскости и равномерно распределенными по толщине. Провести расчет плоского напряженного состояния пластины с помощью метода конечных элементов. Рассчитать процесс стационарной теплопроводности в стальном стержне длиной 0,2 м, площадь сечения стержня  $10^{-3} \text{ м}^2$ . Коэффициент теплопроводности Дж/м с град. Граничные условия: левый конец стержня имеет постоянную температуру  $T_1=100^\circ\text{C}$ . На правом торце теплоотвод  $q=10^4 \text{ Дж/с м}^2$ , боковая поверхность теплоизолирована.

**Практическая работа № 2. Моделирование в ANSYS деформированного состояния рамы:** геометрическое моделирование в ANSYS Workbench. Запустите ANSYS Workbench, создайте новый блок прочностного анализа Static Structural. Запустите Design modeler. В любой из координатных плоскостей создайте новый эскиз. С помощью

инструментов группы Draw нарисуйте в нем произвольный замкнутый контур, задайте все размерные параметры. Создайте новую плоскость, смещенную вдоль одной оси на 50 мм и повернутую относительно оси X на  $45^0$ .

**Практическая работа № 3. Проведение стационарного теплового анализа для пластины с отверстиями. Моделирование температурных изменений электрических свойств твердых тел:** Создайте новый материал. Задайте ему упругие свойства (модуль Юнга. Коэффициент Пуассона). Создайте любую геометрическую модель и запустите модуль симуляции. Создайте пирамиду по произвольным параметрам. Сгенерируйте тетраэдральную сетку на этом объекте.

**Таблица 4. Критерии оценивания практических заданий (№1,2)**

Результат	Критерий оценивания
5	Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.
4	Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.
0	Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.

**Таблица 4.1. Критерии оценивания практических заданий (№ 3)**

Результат	Критерий оценивания
4	Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.
2	Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.
0	Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.

Перечень лабораторных работ, методика выполнения и критерии оценивания по темам дисциплины:

### **Лабораторная работа № 1**

Изучение основных принципов: ознакомление с этапами компьютерного моделирования, начиная с постановки задачи и заканчивая анализом результатов.

#### **1. Цель работы**

Главная цель: Освоить базовые принципы и этапы компьютерного моделирования, сформировать целостное представление о процессе моделирования — от формулировки задачи до интерпретации результатов.

Конкретные задачи:

1. Понять структуру процесса компьютерного моделирования.
2. Освоить методы формализации задачи и построения математической модели.
3. Изучить основы численных методов и их реализацию в программной среде.

4. Научиться проводить верификацию и валидацию модели.
5. Освоить методы анализа и визуализации результатов моделирования.

## 2. Ход работы

### Этап 1. Постановка задачи

- Выбрать объект или процесс для моделирования (например, движение тела, распространение тепла, химическая реакция).
- Четко сформулировать цели моделирования.
- Определить входные и выходные параметры модели.
- Выделить упрощения и допущения.

### Этап 2. Разработка математической модели

- Описать процесс с использованием уравнений (дифференциальных, алгебраических, вероятностных).
- Определить начальные и граничные условия.
- Выбрать метод решения (аналитический или численный).

### Этап 3. Программная реализация

- Выбрать среду программирования (Python, MATLAB, специализированное ПО).
- Разработать алгоритм решения.
- Написать программу, реализующую математическую модель.
- Организовать ввод исходных данных и вывод результатов.

### Этап 4. Верификация и валидация

- Проверить корректность программной реализации (верификация).
- Сравнить результаты моделирования с известными данными или экспериментами (валидация).
- Оценить устойчивость решения.

### Этап 5. Проведение расчетов и анализ результатов

- Выполнить серию расчетов с различными параметрами.
- Провести анализ чувствительности модели.
- Визуализировать результаты (графики, диаграммы, анимации).
- Сформулировать выводы о поведении системы.

## 3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Описание задачи:
  - Объект моделирования
  - Цели и задачи исследования
  - Упрощения и допущения
4. Математическая модель:
  - Уравнения и соотношения
  - Начальные и граничные условия
  - Обоснование выбора методов решения
5. Программная реализация:
  - Описание алгоритма
  - Используемые инструменты
  - Код программы (в приложении)
6. Результаты и анализ:
  - Результаты верификации и валидации
  - Графики и диаграммы, иллюстрирующие поведение системы
  - Анализ влияния параметров на результаты
  - Оценка адекватности модели



## 7. Выводы:

- О достижении целей работы
- О качестве и возможностях модели
- Ограничения модели и пути ее улучшения
- О практической значимости результатов

## Лабораторная работа № 2

Разработка моделей: создание концептуальных и математических моделей, а также алгоритмов для решения задач, связанных с процессами в твердых телах.

### 1. Цель работы

Главная цель: Освоить методы разработки концептуальных, математических и алгоритмических моделей для описания и исследования физических процессов в твердых телах.

Конкретные задачи:

1. Сформулировать концептуальную модель процесса в твердом теле.
2. Разработать математическую модель на основе законов физики.
3. Построить вычислительный алгоритм для решения поставленной задачи.
4. Провести анализ адекватности и устойчивости модели.
5. Исследовать влияние параметров модели на результаты расчётов.

### 2. Ход работы

Этап 1. Выбор и описание физического процесса

- Выбрать процесс для моделирования (теплопроводность, деформация, диффузия и т.д.).
- Описать физическую природу процесса и его значение.
- Определить ключевые факторы, влияющие на процесс.

Этап 2. Разработка концептуальной модели

- Сформулировать упрощения и допущения.
- Определить основные переменные и параметры модели.
- Установить границы применимости модели.

Этап 3. Построение математической модели

- Записать уравнения, описывающие процесс (например, уравнение теплопроводности, закон Гука, уравнения диффузии).
- Определить начальные и граничные условия.
- Выбрать безразмерные параметры (при необходимости).

Этап 4. Разработка алгоритма решения

- Выбрать метод решения (конечных разностей, конечных элементов, Монте-Карло и др.).
- Разработать схему дискретизации уравнений.
- Определить шаги алгоритма и условия остановки расчёта.

Этап 5. Реализация и тестирование модели

- Написать программу, реализующую алгоритм.
- Провести тестовые расчёты для проверки корректности.
- Сравнить результаты с аналитическими решениями или литературными данными.

### 3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Описание физического процесса:
  - Выбранный процесс и его актуальность
  - Основные факторы, влияющие на процесс

4. Концептуальная модель:
  - Упрощения и допущения
  - Переменные и параметры модели
5. Математическая модель:
  - Уравнения и соотношения
  - Начальные и граничные условия
6. Алгоритм решения:
  - Описание выбранного метода
  - Схема дискретизации
  - Блок-схема алгоритма
7. Результаты и анализ:
  - Примеры расчётов
  - Анализ устойчивости и сходимости
  - Сравнение с известными данными
  - Исследование влияния параметров
8. Выводы:
  - О корректности разработанной модели
  - Ограничения модели и пути её улучшения
  - О возможностях практического применения

Примеры моделей для реализации:

- Стационарная и нестационарная теплопроводность в стержне
- Упругая деформация балки под нагрузкой
- Диффузия примеси в пластине
- Распределение напряжений в конструкции

### **Лабораторная работа № 3**

Использование ПО: работа с системами компьютерного моделирования и другим программным обеспечением для создания цифровых моделей объектов и систем.

#### **1. Цель работы**

Главная цель: Освоить работу с программным обеспечением для компьютерного моделирования, научиться создавать цифровые модели объектов и систем, проводить их анализ и визуализацию.

Конкретные задачи:

1. Изучить интерфейс и основные возможности выбранного ПО для моделирования.
2. Освоить методы создания и редактирования геометрических моделей.
3. Научиться задавать свойства материалов и граничные условия.
4. Провести расчеты и проанализировать полученные результаты.
5. Освоить методы визуализации и представления данных.

#### **2. Ход работы**

Этап 1. Знакомство с программным обеспечением

- Изучить интерфейс выбранного ПО (например, COMSOL, ANSYS, SolidWorks Simulation).
- Освоить основные панели инструментов и меню.
- Изучить структуру проекта и организацию данных.

Этап 2. Создание геометрической модели

- Построить простейшую геометрию (брус, пластина, цилиндр).
- Освоить операции выдавливания, вращения, вырезания.
- Создать сборку из нескольких деталей (при необходимости).

Этап 3. Настройка физических параметров

- Выбрать тип решаемой задачи (механика, теплоперенос, электродинамика).

- Задать свойства материалов (плотность, модуль упругости, теплопроводность и т.д.).
- Определить граничные условия и нагрузки.  
Этап 4. Настройка сетки и решение
- Выбрать тип и размер элементов сетки.
- Настроить параметры решателя.
- Запустить расчет и проконтролировать его выполнение.  
Этап 5. Анализ результатов
- Построить распределения полей (напряжений, температур, потенциалов).
- Создать графики зависимостей параметров.
- Провести количественный анализ результатов.
- Сформировать отчет о расчете.

### 3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Описание программного обеспечения:
  - Название и версия ПО
  - Основные возможности и области применения
4. Описание модели:
  - Геометрические параметры объекта
  - Свойства материалов
  - Граничные условия и нагрузки
5. Процесс расчета:
  - Параметры сетки
  - Настройки решателя
  - Время расчета
6. Результаты и анализ:
  - Поля распределения исследуемых величин
  - Графики и диаграммы
  - Количественные результаты
  - Сравнение с теоретическими расчетами
7. Выводы:
  - О возможностях использованного ПО
  - О корректности полученных результатов
  - О преимуществах и ограничениях метода
  - О перспективах применения

Примеры задач для моделирования:

- Распределение температур в пластине с источником тепла
- Распределение напряжений в консольной балке
- Распределение электрического поля в конденсаторе
- Прочностной анализ простейшей конструкции

### Лабораторная работа № 4

Проведение экспериментов: проведение имитационных экспериментов на компьютерной модели для получения количественных и качественных результатов.

#### 1. Цель работы

Главная цель: Освоить методику планирования и проведения имитационных экспериментов на компьютерной модели, научиться анализировать количественные и качественные результаты моделирования.

Конкретные задачи:

1. Разработать план имитационных экспериментов.
2. Освоить методы варьирования параметров модели.
3. Провести серию расчетов с различными исходными данными.
4. Выполнить статистическую обработку результатов.
5. Сформулировать выводы на основе анализа данных.

## 2. Ход работы

### Этап 1. Подготовка модели

- Выбрать или создать компьютерную модель для исследований.
- Определить варьируемые параметры и их диапазоны изменений.
- Установить фиксированные параметры модели.
- Настроить систему сбора и сохранения результатов.

### Этап 2. Планирование экспериментов

- Разработать матрицу экспериментов.
- Определить последовательность проведения расчетов.
- Установить критерии оценки результатов.
- Подготовить шаблоны для записи данных.

### Этап 3. Проведение расчетов

- Выполнить базовый расчет с исходными параметрами.
- Провести серию расчетов с варьированием отдельных параметров.
- Выполнить многопараметрические исследования.
- Зафиксировать все полученные результаты.

### Этап 4. Анализ результатов

- Провести качественный анализ поведения системы.
- Выполнить количественную обработку данных.
- Построить графики зависимостей выходных параметров от входных.
- Провести статистический анализ результатов.

## 3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Описание модели:
  - Математическая основа модели
  - Варьируемые и фиксированные параметры
  - Критерии оценки результатов
4. План экспериментов:
  - Матрица планирования
  - Обоснование выбора параметров
  - Методика проведения расчетов
5. Результаты экспериментов:
  - Таблицы с исходными данными и результатами
  - Графики и диаграммы зависимостей
  - Статистические показатели
6. Анализ результатов:
  - Качественный анализ поведения системы
  - Количественные закономерности
  - Анализ чувствительности модели
  - Выявление оптимальных параметров
7. Выводы:
  - О поведении системы в различных условиях
  - О практической значимости полученных результатов

- О достоверности и точности модели
- О перспективах дальнейших исследований

Примеры имитационных экспериментов:

- Исследование влияния геометрических параметров на прочность конструкции
- Анализ зависимости тепловых потоков от свойств материалов
- Исследование динамики системы при различных начальных условиях
- Оптимизация параметров технологического процесса

### Лабораторная работа № 5

Анализ и оптимизация: интерпретация результатов моделирования для выявления свойств системы, оптимизации процессов и улучшения научного понимания

#### 1. Цель работы

Главная цель: Научиться проводить комплексный анализ результатов компьютерного моделирования, выявлять ключевые свойства системы и использовать полученные данные для оптимизации процессов и углубления научных знаний.

Конкретные задачи:

1. Освоить методы анализа многомерных данных моделирования.
2. Научиться выявлять закономерности и аномалии в результатах.
3. Освоить базовые методы оптимизации параметров системы.
4. Разработать рекомендации по улучшению характеристик системы.
5. Сформулировать научные выводы на основе анализа данных.

#### 2. Ход работы

Этап 1. Подготовка данных

- Собрать результаты предыдущих экспериментов.
- Провести предобработку данных (нормализация, фильтрация).
- Сформировать единую базу данных для анализа.
- Выделить ключевые показатели для исследования.

Этап 2. Статистический анализ

- Рассчитать основные статистические показатели.
- Провести корреляционный анализ параметров.
- Выполнить регрессионный анализ зависимостей.
- Построить доверительные интервалы для ключевых параметров.

Этап 3. Анализ чувствительности

- Определить наиболее влияющие параметры системы.
- Построить диаграммы важности факторов.
- Выявить критические точки системы.
- Проанализировать устойчивость системы к изменениям параметров.

Этап 4. Оптимизация параметров

- Сформулировать целевую функцию оптимизации.
- Определить ограничения и условия.
- Провести поиск оптимальных параметров.
- Оценить эффективность оптимизации.

Этап 5. Интерпретация результатов

- Сформулировать выводы о свойствах системы.
- Разработать рекомендации по улучшению характеристик.
- Оценить практическую значимость полученных результатов.
- Определить направления дальнейших исследований.

#### 3. Отчетность

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист

2. Цель работы
3. Методы анализа:
  - Используемые статистические методы
  - Методы оптимизации
  - Критерии оценки эффективности
4. Результаты анализа:
  - Статистические показатели
  - Результаты корреляционного анализа
  - Диаграммы важности параметров
5. Результаты оптимизации:
  - Целевая функция и ограничения
  - Найденные оптимальные параметры
  - Сравнение характеристик до и после оптимизации
6. Научные выводы:
  - Выявленные закономерности
  - Критические параметры системы
  - Рекомендации по улучшению системы
  - Оценка достоверности результатов
7. Заключение:
  - Достижение целей работы
  - Практическая значимость результатов
  - Перспективы дальнейших исследований

Примеры задач анализа и оптимизации:

- Оптимизация геометрических параметров конструкции по критерию прочности
- Анализ тепловых режимов работы устройства и оптимизация теплоотвода
- Исследование динамических характеристик механической системы
- Оптимизация технологических параметров процесса

**Таблица 4.2. Критерии оценивания лабораторных заданий**

Результат	Критерий оценивания
4	Задания выполнены в полном объеме. Представлен письменный ответ Выявлены знания компетентности в рамках задания.
2	Задания выполнены частично. Представлен письменный ответ Выявлены частичные знания компетентности в рамках задания.
0	Задания не выполнены. Не представлен письменный ответ Знания компетентности в рамках задания не выявлены.

**Таблица 4.2. Критерии оценивания заданий из вариативной части**

2.1	Реферат «Компьютерное моделирование процессов в твердых телах»	1	5
2.2	Участие в НИРС	10	25
2.3	Участник клуба МиФ	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10

2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
	Итого баллов по вариативной части	40	60
	Итого баллов по дисциплине		100

## 5. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации. Критерии оценивания

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен

Форма проведения экзамена: устный ответ на два вопроса в билете

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины.

### Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

Компетенции: ОПК-2

1. Понятие модели и моделирования. Классификация моделей и моделирования.
2. Этапы и цели компьютерного моделирования.
3. Метод конечных элементов.
4. Типы конечных элементов, используемых в пакете ANSYS.
5. Матрица жесткости и разрешающее уравнение МКЭ для статического деформирования.

Компетенции: ОПК-3

1. Матрицы МКЭ для задачи теплопроводности
2. Основы работы в ANSYS Workbench. Основные этапы проведения инженерного анализа.
3. Графический интерфейс ANSYS Workbench.
4. Работа с проектом в ANSYS Workbench.
5. Графический интерфейс модуля Design Modeler.

Компетенции: ОПК-4

1. Процесс создания геометрической модели в модуле Design Modeler.
2. Создание объемных моделей в модуле Design Modeler.
3. Параметризация геометрической модели в ANSYS Workbench.
4. Управление материалами и их свойствами в ANSYS Workbench.
5. Генерация конечно-элементной сетки в ANSYS Workbench.

Компетенции: ПК-1

1. Виды нагрузок и особенности их работы в ANSYS Workbench.
2. Граничные условия в ANSYS Workbench.
3. Управление материалами и их свойствами в ANSYS .
4. Параметры и опции решателя в ANSYS Workbench.
5. Модельные представления о механизме проводимости собственных полупроводников.
6. Модельные представления о механизме проводимости примесных полупроводников.

7. Моделирование влияния температуры на электрические характеристики полупроводников.

**Таблица 5. Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена**

Критерии оценивания	Баллы
Обучающийся ответил на два вопроса в билете. Продemonстрировал знания по формируемым компетенциям в полном объеме (приводились доводы и объяснения). Знания освоения компетенций выявлены.	30
Обучающийся ответил частично на два вопроса в билете. Продemonстрировал знания по формируемым компетенциям частично. Постиг смысл изучаемого материала (может высказать вербально, чётко и ясно, или конструировать новый смысл, новую позицию). Знания освоения компетенций выявлены частично.	15
Обучающийся не ответил на вопросы в билете. Не может согласовать свою позицию или действия относительно обсуждаемой тематики. Знания освоения компетенций не выявлены.	0

### **Тестовые задания**

Компетенция ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4

*Задание 1. Выберите правильный вариант ответа.*

Какие инструменты используют ученые для анализа данных?

1. Табулирование, графическую интерпретацию
2. Визуализацию
3. Статистический анализ
4. Все вышеперечисленное

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 2. Выберите правильный вариант ответа.*

Что является результатом процесса формализации?

1. Описательная модель;
2. Графическая модель;
3. Математическая модель;
4. Предметная модель

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 3. Выберите правильный вариант ответа.*

Что является отличительным признаком научного исследования?

1. Целенаправленность, систематичность
2. Поиск нового
3. Строгая доказательность
4. Все перечисленные признаки

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 4. Выберите правильный вариант ответа.*

В чем заключается Метод Монте-Карло?

1. Анализ систем на основе алгоритмов, разработанных в Монте-Карло
2. Математический способ изучения данных



3. Математический метод, который прогнозирует возможные исходы неопределенного события
  4. Построение корреляционных матриц совокупности случайных величин.
- Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 5. Выберите правильный вариант ответа.*

Что такое численные методы?

1. Методы точного решения физических задач
2. Приближенные методы решения задач алгебры, анализа, дифференциальных уравнений и их приложений в задачах механики и математической физики;
3. Методы анализа временных рядов
4. Методы анализа состава вещества

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 6. Выберите правильный вариант ответа.*

Как называется совокупность общенаучных методологических принципов (требований), в основе которых лежит рассмотрение объектов как систем?

1. синтез
2. системный подход
3. метод индукции
4. метод дедукции

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 7. Выберите правильный вариант ответа.*

При чтении литературы исследователь часто прибегает к выпискам, способствующим систематическому накоплению нужных сведений. В выписках находят отражение:

1. Отдельные мысли
2. Статистические данные
3. Примеры
4. Все перечисленное

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 8. Выберите правильный вариант ответа.*

К общелогическим методам и приемам познания НЕ относится:

1. Анализ
2. Синтез
3. Абстрагирование
4. Эксперимент

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 9. Выберите правильный вариант ответа.*

Расположите в правильном порядке элементы структуры реферата.

1. Титульный лист
2. Список литературы
3. введение
4. оглавление
5. основное содержание
6. заключение

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо

--	--	--	--	--	--

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 10. Соотнесите методы измерений и способы проведения измерений*

Методы	Способы проведения
А. Методы отклонений	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Измеряется вся величина</li> </ul>
Б. Нулевой метод	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Регистрируется не сама величина, а факт отсутствия сигнала. Производится полная компенсация измеряемой величины путем приложения внешнего воздействия.</li> </ul>
В. Разностный метод	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Измеряется отклонение величины от какого-либо стандарта</li> </ul>

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

А	Б	В

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 11. Соотнесите методы научного познания и их суть.*

Методы	Суть метода
А. Синтез	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Метод научного познания, основанный на изучении каких-либо объектов посредством их моделей</li> </ul>
Б. Моделирование	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. Метод научного познания, который заключается в переходе от некоторых общих посылок к частным результатам-следствиям</li> </ul>
В. Дедукция	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Метод научного познания, в основу которого положена процедура соединения различных элементов предмета в единое целое, систему, без чего невозможно действительно научное познание этого предмета</li> </ul>

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

А	Б	В

--	--	--

Задание 12. Соотнесите методы измерений и способы проведения измерений.

Методы	Способы проведения
А. Методы отклонений	• 1. Измеряется вся величина
Б. Нулевой метод	• 2. Регистрируется не сама величина, а факт отсутствия сигнала. Производится полная компенсация измеряемой величины путем приложения внешнего воздействия.
В. Разностный метод	• 3. Измеряется отклонение величины от какого-либо стандарта

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

А	Б	В

Задание 13. Соотнесите методы и суть метода.

Методы	Суть метода
А. Метод конечных элементов	• 1. Приближенное решение дифференциальных уравнений
Б. Молекулярной динамики	• 2. Моделирование поведения атомов и молекул
В. Монте-Карло	• 3. Статистическое моделирование случайных процессов

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

А	Б	В

Задание 14. Прочитайте и дайте правильный ответ.

Как изменится резонансная частота колебательной системы с малым коэффициентом затухания, при уменьшении собственной частоты этой системы в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_

Задание 15. Прочитайте и дайте правильный ответ.

Основной метод численного анализа, применяемый для изучения деформации и напряжения в твердых телах.

Ответ: \_\_\_\_\_

Задание 16. Прочитайте и дайте правильный ответ.

Как изменится максимальная кинетическая энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания, при увеличении амплитуды колебаний этой точки в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_

Задание 17. Прочитайте и дайте правильный ответ.

В структуре общенаучных методов и приемов выделяют три уровня. Что из перечисленного к ним НЕ относится?

1. Наблюдение
2. Эксперимент
3. Сравнение
4. Формализация

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 18. Прочитайте и дайте правильный ответ.*

Какой из методов теоретического исследования является основным в естествознании?

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 19. Прочитайте и дайте правильный ответ.*

Наиболее распространенный способ визуализации результатов моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции?

Ответ: \_\_\_\_\_

*Задание 20. Прочитайте и дайте правильный ответ.*

Основной метод численного анализа, применяемый для изучения деформации и напряжения в твердых телах?

Ответ: \_\_\_\_\_

Компетенция ПК-1.

Вопрос 1

После проведения стационарного теплового анализа пластины с отверстиями в ANSYS Workbench вы получили поля температур и тепловых потоков. Какой план анализа результатов будет наиболее эффективным для проверки достоверности и интерпретации данных?

Варианты ответов:

1. Построить контурные карты распределения температуры, определить минимальное и максимальное значения и сверить их с температурой окружающей среды, указанной в граничных условиях.
2. Провести анализ сходимости сетки, построить график температуры вдоль линии, проходящей через зоны концентрации напряжений, и сравнить тепловые потоки на границах с аналитическим решением для упрощенной модели.
3. Экспортировать все поля в текстовый формат, статистически обработать данные, построить гистограммы распределения температур и выполнить регрессионный анализ для поиска скрытых зависимостей.
4. Визуализировать распределение теплового потока, проверить баланс энергий в системе, определить критические зоны перегрева и сравнить максимальную температуру с предельной для материала.

Правильный ответ: 4

Вопрос 2

Вам необходимо разработать план моделирования деформированного состояния стальной

рамы под нагрузкой в ANSYS Workbench. Какой из предложенных планов является наиболее корректным и полным?

Варианты ответов:

1. Импортировать геометрию из CAD-системы, назначить сталь из библиотеки материалов, приложить эксплуатационные нагрузки, запустить расчет и проанализировать полученные поля напряжений.
2. Построить параметрическую геометрию рамы, провести серию расчетов с различной толщиной элементов, выбрать оптимальный вариант по критерию минимальной массы при условии обеспечения прочности.
3. Создать упрощенную геометрическую модель, задать граничные условия, соответствующие реальным закреплениям, провести расчет с двумя типами сеток для оценки сходимости, проанализировать поля эквивалентных напряжений.
4. Выполнить моделирование с использованием нелинейного решателя, учесть пластические свойства материала, получить кривую нагружения и определить запас прочности по отношению к пределу текучести.

Правильный ответ: 3

### Вопрос 3

При моделировании в ANSYS Workbench решение не сходится или показывает аномально высокие деформации. Какую последовательность действий вы выберете для диагностики проблемы?

Варианты ответов:

1. Увеличить количество элементов сетки, изменить тип элементов на более высокого порядка, проверить условие сходимости по энергии и невязкам.
2. Упростить геометрию модели, уменьшить величину приложенных нагрузок, использовать более простую модель материала и поэтапно усложнять расчет.
- в) Проверить систему единиц измерения, проанализировать граничные условия на предмет кинематической подвижности, оценить качество сетки в зонах высоких градиентов.
3. Включить автоматический выбор шага по времени, активировать опцию больших деформаций, задать большее количество субшагов и использовать устойчивые солверы.

Правильный ответ: 3

### Вопрос 4

В рамках учебного проекта вам поручено смоделировать влияние температуры на электрические характеристики полупроводникового материала. Как вы организуете план исследования, чтобы эффективно проанализировать получаемые данные?

Варианты ответов:

1. Провести серию расчетов для разных температур, построить обобщающую таблицу результатов и визуализировать зависимости ключевых параметров от температуры с помощью стандартных средств ANSYS.
2. Настроить параметрическую модель, автоматизирующую расчеты для заданного диапазона температур, а затем провести регрессионный анализ полученных данных для построения эмпирической модели поведения материала.
3. Выполнить детальный расчет для одной эталонной температуры, тщательно проанализировать распределение электрического потенциала и плотности тока, а для других температур использовать методы подобия.
4. Сфокусироваться на калибровке математической модели материала, сравнивая результаты одного-двух расчетов с экспериментальными данными, и затем экстраполировать поведение на другие температуры.

Правильный ответ: 2

