

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Численные методы в механике сплошных сред**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергунов И.М.
	Идентификатор	Rfffe7f67-DergunovIM-a272426c

(подпись)

И.М.

Дергунов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae29

(подпись)

А.С.

Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-2 Владеет навыками расчета теплогидравлических процессов в элементах энергетического оборудования, навыки постобработки результатов расчетов и компьютерного моделирования этих процессов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Построение геометрии (Контрольная работа)
2. Построение сетки (Контрольная работа)
3. Проведение расчетов (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	8	16
Введение и предмет курса				
Введение и предмет курса		+		
Создание геометрии				
Создание геометрии			+	+
Построение расчетных сеток				
Построение расчетных сеток			+	+
Физические модели и их настройка				
Физические модели и их настройка			+	+
Настройка солвера и проведение расчетов				
Настройка солвера и проведение расчетов			+	+

Анализ результатов			
Анализ результатов		+	+
Оптимизационные и параметрические расчеты			
Оптимизационные и параметрические расчеты			+
Вес КМ:	25	25	50

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2ПК-1 Владеет навыками расчета теплогидравлических процессов в элементах энергетического оборудования, навыки постобработки результатов расчетов и компьютерного моделирования процессов этих	Знать: методы конечно-объемной аппроксимации уравнений движения механики сплошной среды на неструктурированных сетках возможности использования новейших информационных технологий при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок и систем Уметь: использовать программные комплексы для численных расчетов характеристик гидродинамических течений, параметров теплообменных устройств различных геометрий и параметров	Построение геометрии (Контрольная работа) Построение сетки (Контрольная работа) Проведение расчетов (Контрольная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Построение геометрии

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение задания, время на подготовку, ответ

#### Краткое содержание задания:

Построение геометрии по заданному эскизу

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: возможности использования новейших информационных технологий при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок и систем	1. Роль моделирования в современном машиностроении. История коммерческого CFD. Основные этапы работы с проектом. 2. Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели.
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### КМ-2. Построение сетки

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение задания, время на подготовку, ответ

#### Краткое содержание задания:

Построение сетки в сеточном генераторе

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы конечно-объемной аппроксимации уравнений движения механики сплошной среды на неструктурированных сетках	1. Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели. 2. Общие сведения о расчетных сетках. Программа построения сеток ANSYS Fluent Meshing. Мастера построения геометрии. Работа с мастером Watertight
---	--

	<p>Geometry Workflow.</p> <p>3.Интерфейс программы ANSYS Fluent. Домены, сеточные зоны и граничные условия. Материалы и их свойства. База свойств материалов. Физические модели: турбулентность, теплообмен, излучение, модель газовых смесей, учет силы тяжести.</p> <p>4.Настройки методов расчета. Методы решений системы уравнений Навье-Стокса. Алгоритмы решения в ANSYS Fluent. Параметры релаксации. Контроль сходимости решения. Мониторы.</p> <p>5.Средства обработки результатов. Постпроцессор ANSYS Fluent, постпроцессор CFD-Post. Получение количественных оценок при постобработке. Шаблоны настроек.</p> <p>6.Параметризация геометрии в SpaceClime. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-3. Проведение расчетов**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Получение задания, время на подготовку, ответ

**Краткое содержание задания:**

Проведение расчетов на сонвоани ранее построенной сеточной модели

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: использовать программные комплексы для численных расчетов характеристик гидродинамических течений, параметров теплообменных устройств различных геометрий и параметров</p>	<p>1.Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClime. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели.</p> <p>2.Общие сведения о расчетных сетках. Программа построения сеток ANSYS Fluent Meshing. Мастера построения геометрии. Работа с мастером Watertight Geometry Workflow.</p> <p>3.Интерфейс программы ANSYS Fluent. Домены, сеточные зоны и граничные условия. Материалы и их свойства. База свойств материалов. Физические модели: турбулентность, теплообмен, излучение, модель газовых смесей, учет силы тяжести.</p>
--	--

	<p>4. Настройки методов расчета. Методы решений системы уравнений Навье-Стокса. Алгоритмы решения в ANSYS Fluent. Параметры релаксации. Контроль сходимости решения. Мониторы.</p> <p>5. Средства обработки результатов. Постпроцессор ANSYS Fluent, постпроцессор CFD-Post. Получение количественных оценок при постобработке. Шаблоны настроек.</p> <p>6. Параметризация геометрии в SpaceClaim. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Роль моделирования в современном машиностроении. История коммерческого CFD. Основные этапы работы с проектом.
2. Параметризация геометрии в SpaceClaim. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация.

### Процедура проведения

Слепой выбор задания, время на подготовку, ответ

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Владеет навыками расчета теплогидравлических процессов в элементах энергетического оборудования, навыки постобработки результатов расчетов и компьютерного моделирования этих процессов

### Вопросы, задания

- 1.1. Роль моделирования в современном машиностроении. История коммерческого CFD. Основные этапы работы с проектом.
2. Параметризация геометрии в SpaceClaim. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация.
  - 2.1. Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели.
  2. Средства обработки результатов. Постпроцессор ANSYS Fluent, постпроцессор CFD-Post. Получение количественных оценок при постобработке. Шаблоны настроек.
  - 3.1. Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели.
  2. Настройки методов расчета. Методы решений системы уравнений Навье-Стокса. Алгоритмы решения в ANSYS Fluent. Параметры релаксации. Контроль сходимости решения. Мониторы.
  - 4.1. Интерфейс программы ANSYS Fluent. Домены, сеточные зоны и граничные условия. Материалы и их свойства. База свойств материалов. Физические модели: турбулентность, теплообмен, излучение, модель газовых смесей, учет силы тяжести.
  2. Параметризация геометрии в SpaceClaim. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация.
  - 5.1. Настройки методов расчета. Методы решений системы уравнений Навье-Стокса. Алгоритмы решения в ANSYS Fluent. Параметры релаксации. Контроль сходимости решения. Мониторы.
  2. Роль моделирования в современном машиностроении. История коммерческого CFD. Основные этапы работы с проектом.
  - 6.1. Роль моделирования в современном машиностроении. История коммерческого CFD. Основные этапы работы с проектом.

2. Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели.
- 7.1. Общие сведения о программах создания геометрии. Прямой редактор геометрии ANSYS SpaceClaim. Интерфейс. Режимы работы: создание и редактирование геометрии. Параметры модели.
2. Общие сведения о расчетных сетках. Программа построения сеток ANSYS Fluent Meshing. Мастера построения геометрии. Работа с мастером Watertight Geometry Workflow.
- 8.1. Общие сведения о расчетных сетках. Программа построения сеток ANSYS Fluent Meshing. Мастера построения геометрии. Работа с мастером Watertight Geometry Workflow.
2. Интерфейс программы ANSYS Fluent. Домены, сеточные зоны и граничные условия. Материалы и их свойства. База свойств материалов. Физические модели: турбулентность, теплообмен, излучение, модель газовых смесей, учет силы тяжести.
- 9.1. Интерфейс программы ANSYS Fluent. Домены, сеточные зоны и граничные условия. Материалы и их свойства. База свойств материалов. Физические модели: турбулентность, теплообмен, излучение, модель газовых смесей, учет силы тяжести.
2. Настройки методов расчета. Методы решений системы уравнений Навье-Стокса. Алгоритмы решения в ANSYS Fluent. Параметры релаксации. Контроль сходимости решения. Мониторы.
- 10.1. Средства обработки результатов. Постпроцессор ANSYS Fluent, постпроцессор CFD-Post. Получение количественных оценок при постобработке. Шаблоны настроек.
2. Параметризация геометрии в SpaceClaim. Параметризация проектов ANSYS Fluent. Расчетная платформа ANSYS Workbench. Варианты расчета. Оптимизация.

## **Материалы для проверки остаточных знаний**

### *1. Метод конечных объемов*

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Метод конечных объемов – численный метод, построенный на решении определенной системы уравнений (в зависимости от применения) в каждой ячейке расчетной сетки, т.е. в элементарном объеме.

### *2. Расчетная сетка*

Ответы:

Устный ответ

### *3. CFD (Computer Fluid Dynamics)*

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: CFD (Computer Fluid Dynamics) – общее название технологии и совокупности методов конечных объемов для расчета гидро- газо- аэродинамики и теплообмена.

### *4. Метод конечных элементов*

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Метод конечных элементов – численный метод, построенный на решении определенной системы уравнений (в зависимости от применения) в каждой ячейке поверхностной сетки.

### *5. Пакет*

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Пакет – программное обеспечение, позволяющее использовать конкретные методы для решения определенного круга задач, в том числе и междисциплинарных.

6.Решатель (солвер, solver)

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Решатель (солвер, solver) – графическая оболочка пакета, позволяющая настроить математическую модель: выбрать тип решателя (однокомпонентный, многокомпонентный) выбрать модели турбулентности, подключить уравнения энергии, задать рабочие жидкости, задать граничные и начальные условия и т.д.

7.Для чего применяется метод VOF

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Для чего применяется метод VOF – для моделирования многофазных потоков в односкоростной и однотемпературной постановках.

8.Основные типы граничных условий в пакете Ansys Fluent

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Основные типы граничных условий в пакете Ansys Fluent. Inlet/outlet: pressure, velocity, mass-flow, и т.д

9.Основные типы граничных условий в пакете Ansys Fluent. Inlet/outlet: pressure, velocity, mass-flow, и т.д

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Какого типа бывают солверы? Стационарные и нестационарные, pressure-based, density-based.

10.Какие бывают сеточные элементы?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Гексакогнальные, тетраэдрические, полиэдрические и пр.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**