

**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  
2023**

## 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 этих процессов | Знать:<br>возможности использования новейших информационных технологий при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок и систем<br>методы конечно-объемной аппроксимации уравнений движения механики сплошной среды на неструктурированных сетках<br>Уметь:<br>использовать программные комплексы для численных расчетов характеристик гидродинамических течений, параметров теплообменных устройств различных геометрий и параметров | Построение геометрии (Контрольная работа)<br>Построение сетки (Контрольная работа)<br>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.<br>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.<br>2.Общие сведения о расчетных сетках. Программа построения сеток ANSYS Fluent Meshing. Мастер 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