

**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: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Алгоритмы моделирования низкотемпературных процессов**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергунов И.М.
Идентификатор	Rffffe7f67-DergunovIM-a272426c	

И.М.
Дергунов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed	

А.П.
Крюков

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

Ю.Ю.
Пузина

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

2. ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития низкотемпературной техники

ИД-2 Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках

3. РПК-2 Способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-1 Способен применять современную экспериментальную технику и методы в теплофизических исследованиях

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Моделирование жидкости в сосуде Дьюара (Контрольная работа)
2. Моделирование заполнения и откачки сосудов (Индивидуальный проект)
3. Моделирование кипения в канале (Индивидуальный проект)
4. Моделирование течения в обогреваемом канале (Индивидуальный проект)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Моделирование заполнения и откачки сосудов (Индивидуальный проект)
КМ-2 Моделирование течения в обогреваемом канале (Индивидуальный проект)
КМ-3 Моделирование кипения в канале (Индивидуальный проект)
КМ-4 Моделирование жидкости в сосуде Дьюара (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	Срок КМ:	10	12	14	16
Введение в предмет курса					
Введение в предмет курса		+	+	+	
Моделирование теплообмена					
Моделирование теплообмена				+	
Моделирование нестационарных процессов					
Моделирование нестационарных процессов				+	
Моделирование многофазных течений					
Моделирование многофазных течений				+	
Моделирование заполнения и откачки сосудов					
Моделирование заполнения и откачки сосудов					+
Течение в обогреваемых каналах					
Течение в обогреваемых каналах		+	+		+
Моделирование кипения криогенной жидкости в канале					
Моделирование кипения криогенной жидкости в канале					+
Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара					
Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара					+
	Вес КМ:	25	25	25	25

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-2 _{ПК-1} Владеет навыками расчета теплогидравлических процессов в элементах энергетического оборудования, навыки постобработки результатов расчетов и компьютерного моделирования этих процессов	Знать: основные источники научно-технической информации по проведению численного эксперимента основные источники научно-технической информации по технике проведения численного моделирования	КМ-1 Моделирование заполнения и откачки сосудов (Индивидуальный проект) КМ-2 Моделирование течения в обогреваемом канале (Индивидуальный проект)
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках	Уметь: анализировать информацию о новых методах проведения численного моделирования.	КМ-4 Моделирование жидкости в сосуде Дьюара (Контрольная работа)
РПК-2	ИД-1 _{РПК-2} Способен применять современную экспериментальную технику и методы в теплофизических исследованиях	Уметь: использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач проектирования разнообразных аппаратов в	КМ-3 Моделирование кипения в канале (Индивидуальный проект)

		низкотемпературных установках и системах	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Моделирование заполнения и откачки сосудов

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Индивидуальный проект

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, время на выполнение, затем защита.

Краткое содержание задания:

Провести двумерное моделирование заполнения и откачки сосуда

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической информации по технике проведения численного моделирования	1. Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-2. Моделирование течения в обогреваемом канале

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Индивидуальный проект

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, время на выполнение, затем защита.

Краткое содержание задания:

Провести моделирование течения в обогреваемом канале

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической информации по проведению численного эксперимента	1. Модель кипения жидкости с недогревом Boiling RPI

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-3. Моделирование кипения в канале

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Индивидуальный проект

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, время на выполнение, затем защита.

Краткое содержание задания:

Провести моделирование кипения в канале

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач проектирования разнообразных аппаратов в низкотемпературных установках и системах	<ol style="list-style-type: none">1. Моделирование основных механизмов передачи тепла: теплопроводность, вынужденная и естественная конвекция, излучение. Моделирование сложного теплообмена.2. Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке.3. Определение многофазных течений. Подходы к математическому описанию многофазных течений. Основные физические модели: Volume-of-fluid, эйлеровская, модель смеси. Постановка задач и обработка результатов в ANSYS Fluent.4. Постановка задачи откачки сосуда. Использование Fluent Expression Language для задания граничных условий. Управление сходимостью задач.5. Пример задачи течения в обогреваемой трубе. Профили скорости и параметров турбулентности. Определение времени заполнения трубы жидкостью.6. Модель кипения жидкости с недогревом Boiling RPI. Пример задачи о кипении жидкости в обогреваемой трубе.7. Пример задачи о хранении криогенной жидкости в сосуде Дьюара с учетом внешнего теплопритока и многофазности.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-4. Моделирование жидкости в сосуде Дьюара

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, время на выполнение, затем защита.

Краткое содержание задания:

Провести моделирование жидкости в сосуде Дьюара

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: анализировать информацию о новых методах проведения численного моделирования.	1. Моделирование основных механизмов передачи тепла: теплопроводность, вынужденная и естественная конвекция, излучение. Моделирование сложного теплообмена. 2. Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке. 3. Определение многофазных течений. Подходы к математическому описанию многофазных течений. Основные физические модели: Volume-of-fluid, эйлеровская, модель смеси. Постановка задач и обработка результатов в ANSYS Fluent.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Основные физические процессы в низкотемпературных системах. Применяемые физические модели.

Процедура проведения

Слепой выбор билета, время на подготовку, ответ

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

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

Вопросы, задания

- 1.1. Основные физические процессы в низкотемпературных системах. Применяемые физические модели.
2. Пример задачи о хранении криогенной жидкости в сосуде Дьюара с учетом внешнего теплопритока и многофазности.
 - 2.1. Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке.
 2. Определение многофазных течений. Подходы к математическому описанию многофазных течений. Основные физические модели: Volume-of-fluid, эйлеровская, модель смеси. Постановка задач и обработка результатов в ANSYS Fluent.
- 3.1. Определение многофазных течений. Подходы к математическому описанию многофазных течений. Основные физические модели: Volume-of-fluid, эйлеровская, модель смеси. Постановка задач и обработка результатов в ANSYS Fluent.
 2. Пример задачи о хранении криогенной жидкости в сосуде Дьюара с учетом внешнего теплопритока и многофазности.
 - 4.1. Постановка задачи откачки сосуда. Использование Fluent Expression Language для задания граничных условий. Управление сходимостью задач.
 2. Пример задачи о хранении криогенной жидкости в сосуде Дьюара с учетом внешнего теплопритока и многофазности.
 - 5.1. Моделирование основных механизмов передачи тепла: теплопроводность, вынужденная и естественная конвекция, излучение. Моделирование сложного теплообмена.
 2. Основные физические процессы в низкотемпературных системах. Применяемые физические модели.

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

Верный ответ: Расчетная сетка – совокупность элементов, получаемое в результате разбиения тела или поверхности на элементарные элементы или объемы в зависимости от применения. Ячейка – элементарный объем, часть расчетной сетки.

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.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках

Вопросы, задания

1.1. Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке.

2. Пример задачи течения в обогреваемой трубе. Профили скорости и параметров турбулентности. Определение времени заполнения трубы жидкостью.

2.1. Определение многофазных течений. Подходы к математическому описанию многофазных течений. Основные физические модели: Volume-of-fluid, эйлеровская, модель смеси. Постановка задач и обработка результатов в ANSYS Fluent.

2. Постановка задачи откачки сосуда. Использование Fluent Expression Language для задания граничных условий. Управление сходимостью задач.

3.1. Моделирование основных механизмов передачи тепла: теплопроводность, вынужденная и естественная конвекция, излучение. Моделирование сложного теплообмена.

2. Пример задачи о хранении криогенной жидкости в сосуде Дьюара с учетом внешнего теплопритока и многофазности.

4.1. Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке.

2. Модель кипения жидкости с недогревом Boiling RPI. Пример задачи о кипении жидкости в обогреваемой трубе.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. *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.

2. *Пакет*

Ответы:

Устный ответ

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

3.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.

4.Для чего применяется метод VOF

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: для моделирования многофазных потоков в односкоростной и однотемпературной постановках.

5.Основные типы граничных условий в пакете Ansys Fluent

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Inlet/outlet: pressure, velocity, mass-flow, и т.д.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{РПК-2} Способен применять современную экспериментальную технику и методы в теплофизических исследованиях

Вопросы, задания

- 1.1. Моделирование основных механизмов передачи тепла: теплопроводность, вынужденная и естественная конвекция, излучение. Моделирование сложного теплообмена.
2. Модель кипения жидкости с недогревом Boiling RPI. Пример задачи о кипении жидкости в обогреваемой трубе.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какого типа бывают солверы?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Стационарные и нестационарные, pressure-based, density-based.

2.Какие бывают сеточные элементы?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Гексакогнальные, тетраэдрические, полиэдрические и пр.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: даны ответы на оба вопроса

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Дан полный ответ на один вопрос и частичный на второй

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Дан ответ только на один ответ

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Нет цельного ответа ни на один вопрос

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу