

**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: Физико-технические проблемы атомной энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Газодинамика двухфазных сред**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
	Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8

О.И. Мелихов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
	Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8

О.И.
Мелихов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvastovaMS-a4cf11ca

М.С.
Хвостова

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-2 Владеет расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании
- ИД-4 Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных тепло-гидравлических процессов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основные представления о конденсационных гидроударах (Контрольная работа)
2. Основы механики многофазных сред (Контрольная работа)
3. Паровые взрывы (Контрольная работа)
4. Расчетные оценки конденсационных гидроударов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основы механики многофазных сред (Контрольная работа)
КМ-2 Основные представления о конденсационных гидроударах (Контрольная работа)
КМ-3 Расчетные оценки конденсационных гидроударов (Контрольная работа)
КМ-4 Паровые взрывы (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Введение в механику многофазных сред					
Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в многофазных потоках		+	+	+	+
Описание межфазного взаимодействия		+	+	+	+
Конденсационный гидроудар в двух-фазных потоках					

Механизм возникновения конденсационных гидроударов	+	+	+	+
Экспериментальные исследования конденсационных гидроударов	+	+	+	+
Расчетно-теоретические исследования конденсационных гидроударов	+	+	+	+
Паровые взрывы				
Общие сведения	+	+	+	+
Перемешивание расплава с охладителем	+	+	+	+
Термическая детонация в многофазной смеси	+	+	+	+
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-2	ИД-4ПК-2 Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных тепло-гидравлических процессов	Знать: Основы динамики многофазных течений и методов исследований динамических процессов в многофазных системах. Уметь: Выполнять расчетные оценки и экспериментальные исследования быстрых многофазных процессов в энергетическом оборудовании.	КМ-1 Основы механики многофазных сред (Контрольная работа) КМ-2 Основные представления о конденсационных гидроударах (Контрольная работа) КМ-3 Расчетные оценки конденсационных гидроударов (Контрольная работа) КМ-4 Паровые взрывы (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Основы механики многофазных сред

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по билетам. Рассылка билетов по электронным адресам студентов. Время на ответ – двое суток.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основы динамики многофазных течений и методов исследований динамических процессов в многофазных системах.	1. Основные допущения при выводе уравнений механики многофазных сред. 2. Как определяется объемная доля фазы в многофазном потоке? 3. Физический смысл силы присоединенных масс. 4. Физический смысл отдельных членов уравнения импульса многофазного потока. 5. Первый интеграл уравнения массы многофазного потока.
Уметь: Выполнять расчетные оценки и экспериментальные исследования быстрых многофазных процессов в энергетическом оборудовании.	1. Чему равен коэффициент теплоотдачи от межфазной поверхности в воду при стратифицированном противоточном течении в трубе при давлении 1 МПа? Скорость воды равна 1 м/с, скорость пара 2 м/с, объемное паросодержание равно 0,5, диаметр труб 10 мм. 2. Чему равна установившаяся скорость падения капли воды в воздухе? Диаметр капли 1 мм, давление воздуха равно 0,1 МПа, температура воды и воздуха 20 градусов Цельсия. 3. Оценить силу трения между паром и водой при стратифицированном противоточном течении в трубе диаметром 20 мм при давлении 2 МПа. Скорость воды равна 1 м/с, скорость пара 2 м/с, объемное паросодержание равно 0,5. 4. Получить из уравнений масс фаз в многофазном потоке первый интеграл, выражающий сохранение массы всего потока. 5. Чему равна сила трения капель воды о пар в дисперсном потоке при давлении 4 МПа? Размер капель 1 мм, скорость капель 2 м/с, скорость пара 2,5 м/с.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Основные представления о конденсационных гидроударах

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по билетам. Рассылка билетов по электронным адресам студентов. Время на ответ – двое суток.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основы динамики многофазных течений и методов исследований динамических процессов в многофазных системах.	1.Механизм конденсационного гидроудара в горизонтальной трубе. 2.Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца при стратифицированном течении. 3.Область реализации конденсационных гидроударов по экспериментам Бьёржа и Гриффита. 4.Особенности конденсационных гидроударов в условиях холодной стенки трубы. 5.Основные результаты экспериментов ЭНИЦ.
Уметь: Выполнять расчетные оценки и экспериментальные исследования быстрых многофазных процессов в энергетическом оборудовании.	1.Оценить возможность конденсационного гидроудара при противоточном стратифицированном течении пара и воды в горизонтальной трубе диаметром 30 мм при давлении 1 МПа. Относительная скорость 2 м/с, объемное паросодержание 0,4, недогрев воды 80 К. 2.При каком числе Фруда возможен конденсационный гидроудар в горизонтальной трубе для условий экспериментов Бьёржа и Гриффита при недогреве воды 100 К? 3.При какой относительной скорости пара неустойчивость Кельвина-Гельмгольца не

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	развивается? 4. При каком объемном паросодержании в горизонтальной трубе диаметром 30 мм расслоенное течение воды и пара трансформируется в пробковое? Давление в трубе 4 МПа, относительная скорость фаз равна 8 м/с. 5. Определить относительную скорость пара, при которой из расслоенного течения пара и воды в горизонтальной трубе диаметром 60 мм образуется водяная пробка, перекрывающая сечение трубы. Давление в трубе равно 3 МПа, объемное паросодержание равно 0,3.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Расчетные оценки конденсационных гидроударов

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по билетам. Рассылка билетов по электронным адресам студентов. Время на ответ – двое суток.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основы динамики многофазных течений и методов исследований динамических процессов в многофазных системах.	1. Модель Уоллиса образования водяной пробки из стратифицированного течения. 2. Модель Ишии-Мишимы образования водяной пробки из стратифицированного течения. 3. Модель Бьёржа теплоотдачи от межфазной

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	поверхности в воду при стратифицированном течении. 4. Модель конденсационного гидроудара, разработанная для кода WANA. 5. Описание теплоотдачи от межфазной поверхности в воду при стратифицированном течении в коде RELAP5.
Уметь: Выполнять расчетные оценки и экспериментальные исследования быстрых многофазных процессов в энергетическом оборудовании.	1. В горизонтальную трубу длиной 5 метров и внутренним диаметром 70 мм, заполненную насыщенным паром при давлении 2,5 МПа и соединенную одним концом с парогенератором, через другой конец подается вода с температурой 25 градусов Цельсия. Расход воды составляет 3,5 т/ч. Объемное паросодержание в трубе равно 0,7. Возможны ли в такой ситуации конденсационные гидроудары в трубе? 2. Рассматривается стратифицированное течение насыщенного пара и воды с температурой 30 градусов Цельсия в горизонтальной трубе внутренним диаметром 64 мм при давлении 1 МПа. Объемное паросодержание $\phi=0,5$, скорость воды 0,6 м/с, скорость пара 1 м/с. Какие значения коэффициента теплоотдачи в воду в этих условиях вычисляют коды KOPCAP и CATHARE? 3. В горизонтальную трубу длиной 3 метра и внутренним диаметром 70 мм, заполненную насыщенным паром при давлении 1,5 МПа и соединенную одним концом с парогенератором, через другой конец подается вода с температурой 40 градусов Цельсия. Расход воды составляет 3 т/ч. Объемное паросодержание в трубе равно 0,65. Возможны ли в такой ситуации конденсационные гидроудары в трубе? 4. При какой относительной скорости фаз при расчете кодом WANA осуществляется переход от режима горизонтального стратифицированного течения воды и пара к режиму с водяной пробкой? 5. В горизонтальную трубу длиной 2,5 метра и внутренним диаметром 64 мм, заполненную насыщенным паром при давлении 1 МПа и соединенную одним концом с парогенератором, через другой конец подается вода с температурой 60 градусов Цельсия. Расход воды составляет 2 т/ч. Объемное паросодержание в трубе равно 0,7. Возможны ли в такой ситуации конденсационные гидроудары в трубе?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Паровые взрывы

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по билетам. Рассылка билетов по электронным адресам студентов. Время на ответ – двое суток.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы билета.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основы динамики многофазных течений и методов исследований динамических процессов в многофазных системах.	1.Механизм парового взрыва. 2.Концептуальная схема протекания крупномасштабного парового взрыва. 3.Стратифицированный паровой взрыв. 4.Концепция микровзаимодействий в теории парового взрыва. 5.Адиабата Гюгонио для оценки параметров волны термической детонации.
Уметь: Выполнять расчетные оценки и экспериментальные исследования быстрых многофазных процессов в энергетическом оборудовании.	1.Определить длину распада струи расплавленного кориума при её проливе в бассейн с водой. Начальная скорость струи при вхождении в воду 5 м/с, начальный диаметр струи 10 см, системное давление 0,1 МПа. 2.Чему равна скорость волны термической детонации, если давление в плоскости Чепмена-Жуге равно 18 МПа, удельный объем многофазной смеси в плоскости Чепмена-Жуге равен 0,000113 м ³ /кг. Параметры исходной смеси: давление 0,8 МПа, объемная доля и температура расплавленного свинца 0,7 и 700 К, объемное паросодержание 0,7. Пар и вода находятся в состоянии насыщения. 3.Успеет ли струя расплавленного кориума полностью фрагментироваться в слое насыщенной

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	воды при давлении 0,1 МПа, если толщина слоя равна 1 м? Начальная скорость струи при вхождении в воду 8 м/с, начальный диаметр струи 7 см. 4. Оценить время конденсации паровых пузырьков, образующихся на границе раздела расплава с водой, при стратифицированном паровом взрыве. 5. Чему равно давление в плоскости Чепмена-Жуге волны термической детонации, распространяющейся со скоростью 400 м/с, если удельный объем многофазной смеси в этой плоскости равен 0,000114 м³/кг. Исходная смесь, находящаяся при давлении 0,8 МПа, состоит из расплавленного свинца температурой 800 К и объемной долей 0,7 и равновесной пароводяной смеси с объемным паросодержанием 0,6.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Описание межфазного трения в двухфазных средах.
2. В горизонтальную трубу длиной 3 метра и внутренним диаметром 34 мм, заполненную насыщенным паром при давлении 1 МПа и соединенную одним концом с парогенератором, через другой конец подается вода с температурой 50 градусов Цельсия. Расход воды составляет 10 т/ч. Возможны ли в такой ситуации конденсационные гидроудары в трубе?

Процедура проведения

Очно по билетам

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-2 Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных тепло-гидравлических процессов

Вопросы, задания

1. Уравнения масс фаз при описании газодинамики двухфазных сред.
2. При какой разности скоростей пара и воды при их стратифицированном течении в канале будет образовываться водяная пробка согласно эмпирической формуле Уоллиса и Добсона? Толщина слоя пара 16 мм, температура воды 60 градусов Цельсия. Давление в канале 1 МПа, пар – насыщенный
3. Механизмы перемешивания расплава с охладителем при паровом взрыве.
4. Уравнения сохранения на ударной волне в двухфазной среде.
5. В горизонтальную трубу длиной 2,5 метра и внутренним диаметром 64 мм, заполненную насыщенным паром при давлении 1 МПа и соединенную одним концом с парогенератором, через другой конец подается вода с температурой 60 градусов Цельсия. Расход воды составляет 2 т/ч. Объемное паросодержание в трубе равно 0,7. Возможны ли в такой ситуации конденсационные гидроудары в трубе?
6. Физический механизм распространения волны термической детонации.
7. Определить длину распада струи расплавленного кориума при её проливе в бассейн с водой. Начальная скорость струи при вхождении в воду 10 м/с, начальный диаметр струи 15 см, системное давление 0,5 МПа.
8. Основные стадии развития парового взрыва.
9. При какой разности скоростей пара и воды при их стратифицированном течении в канале будет образовываться водяная пробка согласно эмпирической формуле Уоллиса и Добсона? Толщина слоя пара 20 мм, температура воды 15 градусов Цельсия. Давление в канале 0,37 МПа, пар – насыщенный.
10. Критерии Гриффита для реализации конденсационных гидроударов.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Порядок коэффициента теплоотдачи при пленочном кипении
- Ответы:

1 Вт/(м²град)

1000 Вт/(м²град)

105 Вт/(м²град)

Верный ответ: 1000 Вт/(м²град)

2. При каком недогреве воды не произойдет конденсационного гидроудара?

Ответы:

10 градусов Цельсия

30 градусов Цельсия

50 градусов Цельсия

Верный ответ: 10 градусов Цельсия

3. Как влияет сила поверхностного натяжения на развитие неустойчивости при стратифицированном течении пара и воды?

Ответы:

Ускоряет развитие неустойчивости.

Замедляет развитие неустойчивости.

Не влияет на развитие неустойчивости.

Верный ответ: Замедляет развитие неустойчивости.

4. Как влияет относительная скорость фаз на теплоотдачу при расслоенном течении пара и воды в канале?

Ответы:

Интенсифицирует.

Замедляет.

Не влияет.

Верный ответ: Интенсифицирует

5. Как волна термической детонации воздействует на капли расплава?

Ответы:

Дробит.

Способствует их коагуляции.

Не оказывает воздействия.

Верный ответ: Дробит.

6. При какой относительной длине горизонтальной трубы в ней невозможны конденсационные гидроудары?

Ответы:

$L/d=10$

$L/d=30$

$L/d=50$

Верный ответ: $L/d=10$

7. Что выражает первый интеграл уравнений сохранения масс для стационарного одномерного течения многофазного потока?

Ответы:

Постоянство массового расхода каждой фазы вдоль канала.

Постоянство суммарного массового расхода многофазной смеси вдоль канала.

Сохранение массы при фазовом переходе.

Верный ответ: Постоянство суммарного массового расхода многофазной смеси вдоль канала.

8. При каком числе Фруда будут невозможны конденсационные гидроудары в горизонтальной трубе?

Ответы:

$Fr=0,3$

$Fr=0,8$

$Fr=1,3$

Верный ответ: $Fr=1,3$

9. Что происходит с энтропией многофазной смеси в плоскости Чепмена-Жуге волны термической детонации?

Ответы:

Увеличивается по сравнению с энтропией исходной смеси.

Уменьшается по сравнению с энтропией исходной смеси.

Остается равной энтропии исходной смеси.

Верный ответ: Увеличивается по сравнению с энтропией исходной смеси.

10. При каком отклонении оси трубы от горизонта становятся невозможными конденсационные гидроудары?

Ответы:

1 градус

2 градуса

3 градуса

Верный ответ: 3 градуса

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется по итогам выполнения всех контрольных мероприятий.