

**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
Методы исследования двухфазных потоков**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

Ю.Ю.
Пузина

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-3 Способен проводить комплексный анализ низкотемпературного оборудования как части энергетической системы

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы экспериментальных исследований двухфазных течений (Контрольная работа)
2. Теплопередача в двухфазном потоке (Контрольная работа)
3. Теплопередача в двухфазном потоке при течении многокомпонентного хладагента (Контрольная работа)
4. Уравнение движения в расслоенном двухфазном потоке (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Уравнение движения в расслоенном двухфазном потоке (Контрольная работа)
КМ-2 Методы экспериментальных исследований двухфазных течений (Контрольная работа)
КМ-3 Теплопередача в двухфазном потоке (Контрольная работа)
КМ-4 Теплопередача в двухфазном потоке при течении многокомпонентного хладагента (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16

Количественные характеристики двухфазных потоков				
Количественные характеристики двухфазных потоков				+
Теплопередача в двухфазных потоках				
Теплопередача в двухфазных потоках			+	
Экспериментальное исследование гидродинамической неустойчивости кипящего в канале вынужденного потока азота				
Экспериментальное исследование гидродинамической неустойчивости кипящего в канале вынужденного потока азота	+			
Теплообмен при вынужденном течении в канале многокомпонентных рабочих тел, используемых в низкотемпературных установках Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного				
Теплообмен при вынужденном течении в канале многокомпонентных рабочих тел, используемых в низкотемпературных установках Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного		+		
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 количественные характеристики, используемые при расчете двухфазного потока Уметь: самостоятельно разбираться в существующих методиках расчета процессов в криогенных емкостях и применять их для решения поставленной задачи	КМ-2 Методы экспериментальных исследований двухфазных течений (Контрольная работа) КМ-3 Теплопередача в двухфазном потоке (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-3 _{ПК-3} Способен проводить комплексный анализ низкотемпературного оборудования как части энергетической системы	Знать: основные количественные характеристики, используемые при расчете двухфазного потока Уметь: основные количественные характеристики, используемые при расчете двухфазного потока	КМ-1 Уравнение движения в расслоенном двухфазном потоке (Контрольная работа) КМ-4 Теплопередача в двухфазном потоке при течении многокомпонентного хладагента (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Уравнение движения в расслоенном двухфазном потоке

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Слепой выбор варианта, время на подготовку ответа, ответ.

Краткое содержание задания:

Написать уравнение движения в расслоенном двухфазном потоке

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные количественные характеристики, используемые при расчете двухфазного потока	1.Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. 2. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. 3.Карты режимов течения. 4.Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. 5.Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. 6.Смена режимов течения в парогенерирующем канале.

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. Методы экспериментальных исследований двухфазных течений

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Слепой выбор варианта, время на подготовку ответа, ответ.

Краткое содержание задания:

Указать известные методы экспериментальных исследований двухфазных течений, дать качественное описание методов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные количественные характеристики, используемые при расчете двухфазного потока	1. Экспериментальное исследование гидродинамической неустойчивости кипящего в канале вынужденного потока азота. 2. Экспериментальная установка. Методика проведения опытов. 3. Результаты экспериментального исследования гидродинамической неустойчивости течения в канале кипящего азота. Влияние режимных параметров. 4. Результаты экспериментального исследования теплоотдачи при кипении вынужденного потока азота в канале. 5. Результаты экспериментального исследования кризиса кипения вынужденного потока азота в канале. 6. Расчетное определение границы гидродинамической неустойчивости (термические колебания) течения в канале кипящего азота с использованием полученных опытных данных.

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. Теплопередача в двухфазном потоке

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Слепой выбор варианта, время на подготовку ответа, ответ.

Краткое содержание задания:

Рассчитать коэффициенты теплоотдачи при конденсации и кипении в двухфазном потоке, критические тепловые потоки

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: самостоятельно разбираться в существующих методиках расчета процессов в криогенных емкостях и применять их для решения поставленной задачи	1. Теплообмен при конденсации пара, движущегося внутри труб. 2. Конденсация пара в промышленных аппаратах и методы ее интенсификации.

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3.Теплообмен при кипении жидкости в условиях вынужденного движения. 4.Кризис теплообмена при кипении жидкостей в каналах. 5.Колебательная неустойчивость.

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-4. Теплопередача в двухфазном потоке при течении многокомпонентного хладагента

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Слепой выбор варианта, время на подготовку ответа, ответ.

Краткое содержание задания:

Используя существующие методики расчета процессов в криогенных емкостях решить задачу о теплопередаче в двухфазном потоке при течении многокомпонентного хладагента.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: основные количественные характеристики, используемые при расчете двухфазного потока	1.Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. 2.Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. 3.Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. 4.Сравнение экспериментальных и расчетных данных

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

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.
2. Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Процедура проведения

Слепой выбор билета, время на подготовку ответа, 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. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.
2. Теплообмен при конденсации пара, движущегося внутри труб. Конденсация пара в промышленных аппаратах и методы ее интенсификации. Теплообмен при кипении жидкости в условиях вынужденного движения. Кризис теплообмена при кипении жидкостей в каналах. Колебательная неустойчивость.
- 2.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.
1. 2. Экспериментальная установка. Методика проведения опытов. Результаты экспериментального исследования гидродинамической неустойчивости течения в канале кипящего азота. Влияние режимных параметров. Результаты экспериментального исследования теплоотдачи при кипении вынужденного потока азота в канале. Результаты экспериментального исследования кризиса кипения вынужденного потока азота в канале. Расчетное определение границы гидродинамической неустойчивости (термические колебания) течения в канале кипящего азота с использованием полученных опытных данных.

3.1. Теплообмен при конденсации пара, движущегося внутри труб. Конденсация пара в промышленных аппаратах и методы ее интенсификации. Теплообмен при кипении жидкости в условиях вынужденного движения. Кризис теплообмена при кипении жидкостей в каналах. Колебательная неустойчивость.

2. Экспериментальная установка. Методика проведения опытов. Результаты экспериментального исследования гидродинамической неустойчивости течения в канале кипящего азота. Влияние режимных параметров. Результаты экспериментального исследования теплоотдачи при кипении вынужденного потока азота в канале. Результаты экспериментального исследования кризиса кипения вынужденного потока азота в канале. Расчетное определение границы гидродинамической неустойчивости (термические колебания) течения в канале кипящего азота с использованием полученных опытных данных.

4.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.

2. Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. Сравнение экспериментальных и расчетных данных

5.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.

2. Теплообмен при конденсации пара, движущегося внутри труб. Конденсация пара в промышленных аппаратах и методы ее интенсификации. Теплообмен при кипении жидкости в условиях вынужденного движения. Кризис теплообмена при кипении жидкостей в каналах. Колебательная неустойчивость.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое конденсация

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Процесс фазового перехода из газообразного в жидкое состояние

2. Что такое Число Кнудсена

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Один из критериев подобия движения разреженных газов

3. Один из критериев подобия движения разреженных газов

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: это среднее расстояние, которое пролетает частица за время между двумя последовательными столкновениями

4. Кризис кипения

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Кризис теплоотдачи при кипении (кризис кипения) является частным случаем теплообмена при изменении агрегатного состояния вещества и имеет важнейшее значение в условиях охлаждения высокотемпературных, форсированных

теплоотдающих поверхностей. ... Это связано с тем, что фазовый переход жидкость-пар при температуре насыщения, соответствующей давлению в системе, происходит лишь при наличии протяженных обеих фаз

5. Колебательная неустойчивость

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Колебательная неустойчивость вынужденного двухфазного потока является следствием как дискретной структуры потока в области кипения, процессов парообразования на участке начала кипения, носящих явно выраженный периодический характер, так и неравномерности гидродинамических характеристик вдоль оси парогенерирующего канала

2. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-3 Способен проводить комплексный анализ низкотемпературного оборудования как части энергетической системы

Вопросы, задания

- 1.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.
2. Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. Сравнение экспериментальных и расчетных данных
- 2.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.
1. 2. Экспериментальная установка. Методика проведения опытов. Результаты экспериментального исследования гидродинамической неустойчивости течения в канале кипящего азота. Влияние режимных параметров. Результаты экспериментального исследования теплоотдачи при кипении вынужденного потока азота в канале. Результаты экспериментального исследования кризиса кипения вынужденного потока азота в канале. Расчетное определение границы гидродинамической неустойчивости (термические колебания) течения в канале кипящего азота с использованием полученных опытных данных.
- 3.1. Теплообмен при конденсации пара, движущегося внутри труб. Конденсация пара в промышленных аппаратах и методы ее интенсификации. Теплообмен при кипении жидкости в условиях вынужденного движения. Кризис теплообмена при кипении жидкостей в каналах. Колебательная неустойчивость.
2. Экспериментальная установка. Методика проведения опытов. Результаты экспериментального исследования гидродинамической неустойчивости течения в канале кипящего азота. Влияние режимных параметров. Результаты экспериментального исследования теплоотдачи при кипении вынужденного потока азота в канале. Результаты экспериментального исследования кризиса кипения вынужденного потока азота в канале. Расчетное определение границы гидродинамической неустойчивости (термические колебания) течения в канале кипящего азота с использованием полученных опытных данных.
- 4.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков. Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты

режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.

2. Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. Сравнение экспериментальных и расчетных данных

5.1. Классификация и количественные характеристики двухфазных потоков.

Структура двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах. Карты режимов течения. Уравнение сохранения энергии парожидкостного потока. Влияние теплообмена на гидравлическое сопротивление. Смена режимов течения в парогенерирующем канале.

2. Особенности теплопередачи в двухфазном потоке многокомпонентного рабочего тела. Экспериментальный стенд для исследования теплообмена при кипении многокомпонентных рабочих тел. Экспериментальные данные по теплообмену при кипении многокомпонентных рабочих тел. Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое испарение

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Процесс фазового перехода из жидкого в газообразное состояние

2. Уравнение сохранения энергии

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Закон сохранения энергии. Полная механическая энергия замкнутой системы остается постоянной. Полная механическая энергия — это сумма кинетической и потенциальной энергий

3. Температура кипения азота

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Около 77 К

4. Кавитация

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Кавитация — физический процесс образования пузырьков (каверн, или пустот) в жидких средах, с последующим их схлопыванием и высвобождением большого количества энергии

5. Сонолюминесценция

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Сонолюминесценция — явление возникновения вспышки света при схлопывании кавитационных пузырьков, рожденных в жидкости мощной ультразвуковой волной.

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. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу