

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Техника и физика низких температур

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Механика двухфазных систем**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	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)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

А.П. Крюков

(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 проводить базовыми методами экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-2 Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

2. ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей низкотемпературных процессов

ИД-2 Владеет методами и подходами описания теплофизических процессов при низких температурах в установках специального назначения

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Гидродинамика вертикального газожидкостного потока (Лабораторная работа)
2. Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом капиллярных волн (Лабораторная работа)
3. Определение истинного объемного паросодержания двухфазного потока в барботажном процессе (Лабораторная работа)
4. Определение размеров капель, испаряющихся в парогазовую среду (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы анализа и математического описания двухфазных систем (Домашнее задание)
2. Основы гидростатики газожидкостных систем (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Граничные условия на межфазной поверхности (Коллоквиум)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	4	8	12	16	16	16	16
Механика двухфазных систем								
Общая формулировка законов сохранения в интегральной и дифференциальной формах.	+					+		

Условия совместности на границе раздела фаз.							
Основы гидростатики газожидкостных систем		+		+			
Математическое описание волнового движения жидкости. Устойчивость границы раздела фаз		+		+			
Гидродинамика жидких пленок			+				
Движение дискретной частицы, газовых пузырей в жидкости, и жидких капель в газовых потоках.			+		+		
Неустановившееся движение газовой полости в жидкости. Уравнение Рэлея.			+		+		
Классификация, количественные характеристики и структура двухфазных течений						+	+
Двухфазные течения в условиях теплообмена						+	+
Вес КМ:	15	25	20	10	10	10	10

\$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 Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании	<p>Знать:</p> <p>основы механики простых двухфазных систем методы анализа и математического описания двухфазных систем; общую формулировку законов сохранения в интегральной и дифференциальной формах, формулировку универсальных и специальных условий совместности на межфазных границах</p> <p>Уметь:</p> <p>анализировать постановку задач в двухфазных системах с движущейся границей раздела фаз, выбирать метод анализа и способ решения выполнять математическое описание процессов, протекающих в</p>	<p>Методы анализа и математического описания двухфазных систем (Домашнее задание)</p> <p>Основы гидростатики газожидкостных систем (Контрольная работа)</p> <p>Граничные условия на межфазной поверхности (Коллоквиум)</p> <p>Определение размеров капель, испаряющихся в парогазовую среду (Лабораторная работа)</p>

		двухфазных системах на основе методов механики сплошных сред, условий совместности на границе раздела фаз	
ПК-3	ИД-2ПК-3 Владеет методами и подходами описания теплофизических процессов при низких температурах в установках специального назначения	Знать: классификацию, количественные характеристики и структуру двухфазных течений в каналах, основы расчета динамики и теплопереноса в двухфазных течениях основные характерные задачи с движением границы раздела фаз и методы их описания Уметь: проводить гидравлический и тепловой анализ двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах	Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом капиллярных волн (Лабораторная работа) Гидродинамика вертикального газожидкостного потока (Лабораторная работа) Определение истинного объемного паросодержания двухфазного потока в барботажном процессе (Лабораторная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Методы анализа и математического описания двухфазных систем

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельное решение задач, используя индивидуальные исходные данные

Краткое содержание задания:

Математическое описание двухфазных систем

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы анализа и математического описания двухфазных систем; общую формулировку законов сохранения в интегральной и дифференциальной формах, формулировку универсальных и специальных условий совместности на межфазных границах</p>	<p>1. Постановка задачи 1: В горизонтальном щелевом канале высотой d текут две несмешивающиеся несжимаемые жидкости. Объёмный расход жидкости, движущейся в верхней части канала $V1$ (на единицу ширины щели), её динамическая вязкость $m1$; жидкости, движущейся в нижней части канала, – $V2$, $m2$. На участке канала длиной L измеренный перепад давлений DP.</p> <p>Считая течение установившимся, определить расстояние от нижней стенки канала до границы раздела жидкостей a (представить все корни уравнения и зависимость функции $a(x)$ в интервале от 0 до d) и расход $V1$. Построить график профиля скорости по сечению канала.</p> <p>2. Постановка задачи 2: В щелевом канале высотой d течёт жидкость с постоянными физическими свойствами. Температуры стенок канала поддерживаются постоянными и равными $T1$ и $T2$ ($DT=T1-T2$). Нижняя стенка канала неподвижна и теплоизолирована ($q_{ст}=0$). Верхняя стенка перемещается со скоростью V параллельно оси канала вверх. Давление в сечениях канала, расположенных на расстоянии L равны $P1$ и $P2$. Угол наклона канала к горизонту – α. Течение стационарное, термически и гидродинамически стабилизированное.</p> <p>Определить давление $P2$ и максимальную скорость жидкости в канале $imax$. Построить график профиля скорости по сечению канала.</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-2. Основы гидростатики газожидкостных систем

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменное решение задач, индивидуальные задания

Краткое содержание задания:

Основы гидростатики газожидкостных систем: решение задач

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основы механики простых двухфазных систем</p>	<p>1.1. В стакан с гидрофобными стенками диаметром 150 мм налита вода. Определить максимальное отклонение мениска от зеркала жидкости.</p> <p>2. В перевернутом сосуде на поверхность жидкого азота наложена сетка. Определить размер ячейки этой сетки, если жидкость не вытекает, а скорость движения воздуха в помещении 1 м/с.</p> <p>2.1. В стакан диаметром 120 мм налит азот. Определить высоту поднятия жидкости вблизи стенки, если краевой угол смачивания 10°.</p> <p>2. Определить минимальную фазовую скорость на поверхности жидкого азота. Какая при этом будет длина волны?</p> <p>3.1. Цилиндрический открытый капилляр диаметром 100 мкм опущен одним концом в жидкий азот. Определить высоту поднятия жидкости, если краевой угол смачивания 10°</p> <p>2. На поверхности раздела фаз азота распространяются волны со скоростью 0,5 м/с. Найти длину волны.</p> <p>4.1. На горизонтальной поверхности лежит капля воды. Диаметр мокрого контактного пятна 10,8 мм, краевой угол смачивания 90°. Определить объем капли.</p> <p>2. В перевернутом сосуде на поверхность жидкого азота наложена сетка. Определить размер ячейки этой сетки, если жидкость не вытекает.</p> <p>5.1. На горизонтальной поверхности лежит капля воды. Диаметр мокрого контактного пятна 10,8 мм, краевой угол смачивания 90°. Определить объем капли.</p> <p>2. Определить толщину пленки жидкого азота и среднюю скорость при свободно-гравитационном течении по вертикальной плоской стенке. $Re=20$.</p> <p>6.1. На горизонтальной поверхности лежит капля воды. Диаметр мокрого контактного пятна 13,5 мм, краевой угол смачивания 47°. Определить высоту</p>
---	--

	<p>капли.</p> <p>2. По наклонной плоскости стекает пленка азота. Определить угол наклона поверхности, если число Рейнольдса соответствует нарушению ламинарного режима, а толщина пленки 100 мкм</p> <p>7.1. На плоской крышке полностью заполненного сосуда с жидким азотом образовался пузырь с диаметром сухого пятна 4,2 мм. Определить объем пузыря, если контактный угол смачивания 15°.</p> <p>2. Определить расчетным путем скорость всплытия в азоте одиночного пузыря радиусом 0,1 мм.</p> <p>8.1. На плоской крышке полностью заполненного сосуда с жидким азотом образовался пузырь с диаметром сухого контактного пятна 2,1 мм. Определить максимально возможную высоту пузыря. Какой при этом будет краевой угол смачивания?</p> <p>2. Определить расчетным путем размер пузыря азота, при котором он теряет свою сферическую форму.</p> <p>9.1. Какой максимальный вертикальный размер равновесного пузыря возможен на плоском дне сосуда, заполненного водой? Какова должна быть поверхность – гидрофобная или гидрофильная?</p> <p>2. Определить расчетным путем размер пузыря азота, при котором его форма становится сферическим сегментом.</p> <p>10.1. Определить высоту водяной капли свисающей с горизонтальной плоской поверхности, если диаметр мокрого контактного пятна 5,4 мм, а краевой угол смачивания 97°.</p> <p>2. Определить размер капли аргона, при котором происходит ее дробление.</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-3. Граничные условия на межфазной поверхности

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме

Краткое содержание задания:

Сформулировать условие совместности на границе раздела фаз

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять математическое описание процессов, протекающих в двухфазных системах на основе методов механики сплошных сред, условий совместности на границе раздела фаз	1.Сформулировать граничные условия на межфазной поверхности Не-II - пар при пленочном кипении 2.Сформулировать граничные условия при движении двухфазного теплоносителя в канале теплообменника. 3.Сформулировать граничные условия при испарении капли на структурированной подложке.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-4. Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом капиллярных волн

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение экспериментально-расчетного задания

Краткое содержание задания:

Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом капиллярных волн

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные характерные задачи с движением границы раздела фаз и методы их описания	1.Основные характерные задачи с движением границы раздела фаз и методы их описания
---	--

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-5. Определение размеров капель, испаряющихся в парогазовую среду

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение экспериментально-расчетного задания

Краткое содержание задания:

Определение размеров капель, испаряющихся в парогазовую среду

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: анализировать постановку задач в двухфазных системах с движущейся границей раздела фаз, выбирать метод анализа и способ решения	1.Выполнить анализ постановки задачи в двухфазных системах с движущейся границей раздела фаз 2.Выбрать метод анализа и способ решения
--	--

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-6. Гидродинамика вертикального газожидкостного потока

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение экспериментально-расчетного задания

Краткое содержание задания:

Исследование гидродинамики вертикального газожидкостного потока

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить гидравлический и тепловой анализ двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах	1.Выполнить гидравлический и тепловой анализ двухфазных течений в вертикальных и горизонтальных каналах
--	---

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-7. Определение истинного объемного паросодержания двухфазного потока в барботажном процессе

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение экспериментально-расчетного задания

Краткое содержание задания:

Определение истинного объемного паросодержания двухфазного потока в барботажном процессе

Контрольные вопросы/задания:

Знать: классификацию, количественные характеристики и структуру двухфазных течений в каналах, основы расчета динамики и теплопереноса в двухфазных течениях	<ol style="list-style-type: none">1.Классификация двухфазных течений2.Количественные характеристики и структура двухфазных течений в каналах.3.Принципы расчета динамики и теплопереноса в двухфазных течениях
---	--

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

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Общая формулировка законов сохранения в механике сплошных сред. Закон сохранения массы.
2. Режимы течения, структуры потоков, карта режимов течения, модели описания двухфазных потоков.
Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 5$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 50$ г/с, $b = 0,95$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 5$ кг/м³; $h' = 2 \times 10^{-4}$ Па×с; $h'' = 4 \times 10^{-5}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 0.3$ м (по гомогенной модели).

Процедура проведения

Устные ответы на вопросы билета, письменное решение задачи

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

Вопросы, задания

1. Билет 1

1. Общая формулировка законов сохранения в механике сплошных сред. Закон сохранения массы.
2. Режимы течения, структуры потоков, карта режимов течения, модели описания двухфазных потоков.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 5$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 50$ г/с, $b = 0,95$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 5$ кг/м³; $h' = 2 \times 10^{-4}$ Па×с; $h'' = 4 \times 10^{-5}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 0.3$ м (по гомогенной модели).

2. Билет 2

1. Фазовая скорость гравитационных и капиллярных волн. Неустойчивость Тейлора.
2. Высота подъема жидкости в сосудах и капиллярах.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 6$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 80$ г/с, $b = 0,80$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 1000$ кг/м³; $\rho'' = 3$ кг/м³; $h' = 5 \times 10^{-4}$ Па×с; $h'' = 5 \times 10^{-5}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 1$ м (по гомогенной модели).

3. Билет 3

1. Вывод уравнения Рэлея (динамическая форма).
2. Расчет истинного паросодержания восходящего двухфазного потока.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 5$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание

смеси $G = 50$ г/с, $b = 0,95$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 5$ кг/м³; $h' = 2 \times 10^{-4}$ Па×с; $h'' = 4 \times 10^{-5}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 0,3$ м (по модели отдельных цилиндров).

4.Билет 4

1. Специальные условия совместности для малоинтенсивных процессов на проницаемой для потока массы межфазной границе.

2. Теплообмен при течении двухфазного потока в обогреваемом канале.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 8$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 100$ г/с, $b = 0,92$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 3$ кг/м³; $h' = 10^{-3}$ Па×с; $h'' = 5 \times 10^{-5}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 0,8$ м (по гомогенной модели).

5.Билет 5

1. Вывод формулы Лапласа для скачка давлений на межфазной поверхности

2. Расчет истинного паросодержания двухфазного потока по модели, учитывающей локальное скольжение фаз.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 30$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 80$ г/с, $b = 0,97$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 700$ кг/м³; $\rho'' = 2$ кг/м³; $h' = 10^{-4}$ Па×с; $h'' = 5 \times 10^{-6}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 10$ м (по гомогенной модели).

6.Билет 6

1. Уравнение гидростатического равновесия межфазной поверхности в размерной и безразмерной форме.

2. Кризис теплообмена при кипении жидкости в каналах.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 10$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 10$ г/с, $b = 0,98$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 5$ кг/м³; $h' = 1,5 \times 10^{-4}$ Па×с; $h'' = 5 \times 10^{-6}$ Па×с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 3$ м (по гомогенной модели).

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какая схема наиболее часто используется для описания роста парового пузыря в объеме перегретой жидкости?

Ответы:

- 1) динамическая вязкая
- 2) энергетическая молекулярно-кинетическая
- 3) энергетическая тепловая

Верный ответ: энергетическая тепловая

2.Какая схема движения теплоносителей является наиболее эффективной?

Ответы:

- 1) Прямоток
- 2) Противоток
- 3) Перекрестный ток

Верный ответ: Противоток

3.Почему нельзя использовать формулу Фритца для оценки отрывного диаметра пузырька при кипении?

Ответы:

- 1) формула получена в условиях гидростатики при отсутствии теплообмена и движения
- 2) формула получена только для гидрофобных поверхностей
- 3) формулу можно использовать только при $Re \ll 1$

Верный ответ: формула получена в условиях гидростатики при отсутствии теплообмена и движения

4. Дайте определение массовому расходному паросодержанию двухфазного потока?

Ответы:

- 1) отношение массового расхода пара к теплоте фазового перехода $x = G''/h_{LG}$
- 2) отношение массового расхода пара к массовому расходу жидкости $x = G''/G'$
- 3) отношение массового расхода пара к массовому расходу смеси $x = G''/G$

Верный ответ: отношение массового расхода пара к массовому расходу смеси $x = G''/G$

5. В каком случае истинное объемное паросодержание совпадает с объемным расходным паросодержанием?

Ответы:

- 1) скорость скольжения равна нулю
- 2) приведенная скорость пара равна нулю
- 3) скорость циркуляции равна нулю

Верный ответ: скорость скольжения равна нулю

6. Как изменится гидравлическое сопротивление горизонтального двухфазного потока при конденсации по сравнению с адиабатным двухфазным потоком?

Ответы:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Верный ответ: уменьшится

7. Как записывается специальное условие совместности в квазиравновесной схеме для фазовых переходов в однокомпонентной системе?

Ответы:

- 1) $V_n'' = V_n' = C$
- 2) $q'' = q'$
- 3) $T'' = T' = T_s(P)$

Верный ответ: $T'' = T' = T_s(P)$

8. Каким уравнением описывается закон концентрационной диффузии?

Ответы:

- 1) Закон Фика
- 2) Закон Фурье
- 3) Закон Фарадея

Верный ответ: Закон Фика

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Владеет методами и подходами описания теплофизических процессов при низких температурах в установках специального назначения

Вопросы, задания

1. Билет 7

1. Уравнение Рэлея в энергетической форме. Радиус, соответствующий экстремуму давления в жидкости, окружающей расширяющуюся сферу.

2. Анализ численных решений уравнения гидростатического равновесия межфазных поверхностей типа I.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 40$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 500$ г/с, $b = 0,85$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 1000$ кг/м³; $\rho'' = 5$ кг/м³; $h' = 10^{-3}$ Па·с; $h'' = 3 \times 10^{-5}$ Па·с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 20$ м (по гомогенной модели).

2. Билет 8

1. Анализ опытных данных по всплыванию одиночных газовых пузырей в жидкости. Расчетные соотношения при $Re \ll 1$.

2. Общая формулировка законов сохранения в механике сплошных сред. Тензор плотности потока импульса.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 20$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 500$ г/с, $b = 0,95$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 1000$ кг/м³; $\rho'' = 10$ кг/м³; $h' = 10^{-3}$ Па·с; $h'' = 10^{-4}$ Па·с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 1,5$ м (по модели отдельных цилиндров).

3. Билет 9

1. Анализ опытных данных по всплыванию одиночных газовых пузырей в жидкости. Расчетные соотношения для 4 и 5 зон.

2. Основные подходы к расчету гидравлического сопротивления при течении одно- и двухфазной сред в пористых средах.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 5$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 50$ г/с, $b = 0,95$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 5$ кг/м³; $h' = 2 \times 10^{-4}$ Па·с; $h'' = 4 \times 10^{-5}$ Па·с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 0,3$ м (по гомогенной модели).

4. Билет 10

1. Фазовая скорость гравитационных и капиллярных волн. Неустойчивость Тейлора.

2. Высота подъема жидкости в сосудах и капиллярах.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 6$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 80$ г/с, $b = 0,80$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 1000$ кг/м³; $\rho'' = 3$ кг/м³; $h' = 5 \times 10^{-4}$ Па·с; $h'' = 5 \times 10^{-5}$ Па·с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 1$ м (по гомогенной модели).

5. Билет 11

1. Устойчивость ламинарного свободно-гравитационного течения пленки жидкости на вертикальной и наклонной плоскостях.

2. Анализ опытных данных по всплыванию одиночных газовых пузырей в жидкости. Расчетные соотношения при $Re > 1$.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 25$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 60$ г/с, $b = 0,93$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 800$ кг/м³; $\rho'' = 4$ кг/м³; $h' = 2 \times 10^{-4}$ Па·с; $h'' = 6 \times 10^{-6}$ Па·с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 5$ м (по гомогенной модели).

6. Билет 12

1. Анализ волнового движения неограниченной горизонтальной границы раздела неподвижных фаз (математическая постановка задачи).

2. Запись законов сохранения для контрольного объема в окрестности точки на поверхности раздела фаз.

Задача: В горизонтальном канале внутренним диаметром $d = 20$ мм движется в адиабатных условиях двухфазная смесь. Массовый расход и объемное паросодержание смеси $G = 500$ г/с, $b = 0,95$. Физические свойства жидкости и пара постоянны и равны: $\rho' = 1000$ кг/м³; $\rho'' = 10$ кг/м³; $h' = 10^{-3}$ Па·с; $h'' = 10^{-4}$ Па·с. Рассчитать перепад давлений на участке канала длиной $L = 1,5$ м (по гомогенной модели).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. При каком контактном угле смачивания поверхность считается гидрофильной?

Ответы:

- 1) $Q < 90$
- 2) $Q < 120$
- 3) $Q > 90$

Верный ответ: $Q < 90$

2. Определите капиллярную постоянную для воды в земных нормальных условиях

Ответы:

- 1) 100 мкм
- 2) 2,7 мм
- 3) 10 мм

Верный ответ: 2,7 мм

3. Чему равна безразмерная минимальная фазовая скорость?

Ответы:

- 1) $\sqrt{2}$
- 2) 2
- 3) $1/2$

Верный ответ: $\sqrt{2}$

4. Чем отличается неустойчивость Тейлора и неустойчивость Гельмгольца?

Ответы:

- 1) Величиной фазовой скорости
- 2) Неустойчивость Гельмгольца возникает в системах с относительным движением фаз
- 3) Амплитудой колебания

Верный ответ: Неустойчивость Гельмгольца возникает в системах с относительным движением фаз

5. Какое критическое значение числа Рейнольдса при переходе к турбулентному течению в тонких пленках?

Ответы:

- 1) 1600
- 2) 2300
- 3) 20

Верный ответ: 1600

6. Как зависит скорость всплывания газовых пузырей в форме правильных сферических сегментов ($V > 2 \text{ см}^3$) в жидкости от размера?

Ответы:

- 1) пропорционально $R_{\text{экв}}$
- 2) пропорционально $\sqrt{R_{\text{экв}}}$
- 3) обратно пропорционально $R_{\text{экв}}$

Верный ответ: пропорционально $\sqrt{R_{\text{экв}}}$

7. При каких размерах падающей капли происходит ее дробление?

Ответы:

- 1) $(2-3)b$
- 2) $(0,5-0,6)b$
- 3) $(5-6)b$

Верный ответ: $(2-3)b$

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Задача решена правильно. Даны полные ответы на вопросы в билетах. Даны полные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Задача решена правильно. Даны ответы на вопросы в билетах с незначительными ошибками

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Задача решена правильно. Даны неполные ответы на вопросы в билетах.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.