

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автоматизация технологических процессов в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепломассообмен**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

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. ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

ИД-3 Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторных работ № 1,2,3,36,18,19 (Лабораторная работа)
2. Расчетное задание по теплопроводности (Расчетно-графическая работа)
3. Теплогидравлический расчет теплообменного аппарата (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Введение в тепломассообмен (Тестирование)
2. Излучение (Контрольная работа)
3. Конвективный теплообмен (Контрольная работа)
4. Основные понятия конвективного теплообмена (Тестирование)
5. Теплообмен при фазовых переходах (Контрольная работа)
6. Теплообменники. Массообмен (Контрольная работа)
7. Типовые задачи теплопроводности (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ № 7,9,10,13,17,32,37,26 (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

4 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	7	11	15	16
Введение в тепломассообмен						
Способы переноса теплоты	+					
Основные определения, терминология	+					

Теплопроводность					
Математическое описание процесса теплопроводности		+			
Стационарная теплопроводность		+		+	+
Нестационарная теплопроводность		+		+	+
Теплообмен излучением					
Основные понятия и законы теплового излучения			+		
Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой			+		+
Расчет теплообмена излучением в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой			+		
Вес КМ:	10	20	20	25	25

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11
	Срок КМ:	3	7	11	14	15	16
Конвективный теплообмен							
Введение в конвективный теплообмен	+	+					
Внешняя задача конвективного теплообмена							+
Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах и каналах							+
Свободная конвекция							+
Теплообмен при фазовых превращениях							
Теплообмен при кипении				+			+
Теплообмен при конденсации пара				+			
Теплообменные аппараты							
Общие сведения о теплообменных аппаратах					+		
Расчет теплообменных аппаратов					+	+	+
Основные понятия массообмена							
Основные понятия массообмена					+		
Массообмен в двухкомпонентных средах					+		
Вес КМ:	10	20	20	20	10	20	

\$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
ОПК-4	ИД-Зопк-4 Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем	Знать: закономерности теплообмена при фазовых превращениях терминологию теплообмена, физический смысл и размерности основных величин, используемых в теплообмене перенос теплоты в жидких и газообразных телах, законы сохранения и превращения энергии, законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к процессам передачи и трансформации теплоты основные положения и уравнения теплового расчета теплообменных	Введение в теплообмен (Тестирование) Типовые задачи теплопроводности (Контрольная работа) Излучение (Контрольная работа) Защита лабораторных работ № 1,2,3,36,18,19 (Лабораторная работа) Расчетное задание по теплопроводности (Расчетно-графическая работа) Основные понятия конвективного теплообмена (Тестирование) Конвективный теплообмен (Контрольная работа) Теплообмен при фазовых переходах (Контрольная работа) Теплообменники. Массообмен (Контрольная работа) Теплогидравлический расчет теплообменного аппарата (Расчетно-графическая работа) Защита лабораторных работ № 7,9,10,13,17,32,37,26 (Лабораторная работа)

		аппаратов основные законы теплового излучения, теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой, теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах основные законы массо- и теплообмена в двухфазных средах основные положения теории теплопроводности, теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме Уметь: рассчитывать теплообмен излучением в системе тел, заполненных излучающей и поглощающей средой проводить теплотехнические эксперименты с целью изучения процессов переноса теплоты в энергетических и теплотехнологических установках проводить теплотехнические	
--	--	---	--

		эксперименты с целью изучения калорических и переносных свойства рабочих веществ выполнять теплогидравлический расчёт теплообменных аппаратов рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с использованием справочной литературы по теплофизическим свойствам твердых тел, жидкостей и газов	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

4 семестр

КМ-1. Введение в тепломассообмен

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводятся на практическом занятии, продолжительность работы 1 час. Каждому студенту выдается отдельный вариант теста. В тесте 7 вопросов.

Краткое содержание задания:

В работе проверяется знание терминологии тепломассообмена: определения процессов передачи теплоты и массы, физический смысл и размерности основных величин, используемых в тепломассообмене

Контрольные вопросы/задания:

Знать: терминологию тепломассообмена, физический смысл и размерности основных величин, используемых в тепломассообмене	1.Процесс молекулярного переноса теплоты в неподвижной сплошной среде описывается законом: а) Ньютона-Рихмана; б) Ньютона; в) Фика; г) Стефана-Больцмана; д) Фурье; е) Джоуля-Ленца; е) Томпсона. 2.Закон Ньютона-Рихмана устанавливает связь между: а) вектором плотности теплового потока и градиентом температурного поля; б) температурой тела и температурой жидкости; в) проекцией вектора теплового потока на внешнюю нормаль к поверхности тела и температурным напором; г) температурным напором и тепловым потоком; д) проекцией вектора теплового потока на внешнюю нормаль к поверхности тела и градиентом температурного поля. 3.Тепломассообменом называют: а) Самопроизвольный обратимый перенос теплоты в пространстве с неравномерным полем температуры. б) Самопроизвольный необратимый перенос теплоты в пространстве с неравномерным полем температуры в) Самопроизвольный необратимый перенос вещества в пространстве с неравномерным полем концентрации компонентов вещества. г) Самопроизвольный обратимый перенос теплоты вещества в пространстве с неравномерным полем
--	--

	концентрации компонентов вещества. д) Перенос теплоты и вещества в пространстве с неравномерным полем температуры и концентрации компонентов вещества. е) Нет правильного ответ
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-2. Типовые задачи теплопроводности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка правильности решения задач. Проводятся на практическом занятии, продолжительность работы 1,5 часа. Каждому студенту выдается две задачи по теме стационарная теплопроводность и одна задача по теме "Нестационарная теплопроводность".

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на выявления навыков решения типовых задач теплопроводности

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные положения теории теплопроводности, теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме	1. Стенка неэкранированной топочной камеры парового котла выполнена из слоя хромитового кирпича толщиной 140 мм и слоя красного кирпича толщиной 500 мм. Слои плотно прилегают друг к другу. Температура на внутренней поверхности топочной камеры 1200 °С, на наружной поверхности 40 °С. Коэффициент теплопроводности хромитового кирпича $\lambda = 0,28 + 0,00023t$ Вт/(м·°С), красного кирпича 0,7 Вт/(м·°С). Вычислить тепловые потери через 1 м² стенки топочной камеры и температуру в плоскости соприкосновения слоев. Задачу иллюстрировать графиком изменения температуры в слоях материалов
--	--

	2. По стальному паропроводу внутренним диаметром 250 мм и толщиной стенки 8 мм протекает пар с температурой 450°C. Паропровод покрыт слоем изоляции толщиной 150 мм, коэффициент теплопроводности которой 0,1 Вт/(м·К). Коэффициенты теплоотдачи со стороны пара и окружающего воздуха соответственно равны 200 Вт/(м²·К) и 16 Вт/(м²·К). Определить потери тепла на 1 пог. м паропровода и температуру наружной поверхности изоляции. Коэффициент теплопроводности стали принять равным 35 Вт/(м·К). Температура окружающего воздуха 20°C. 3. Длинный стальной вал диаметром 120 мм, который имел температуру 20 °С, был помещен в печь с температурой 820° С. Определить время, необходимое для нагрева вала, если нагрев считается законченным, когда температура на оси вала 800 °С. Определить также температуру на поверхности вала в конце нагрева. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности стали равны соответственно 21 Вт/(м·К); 6,11·10⁻⁶ м²/с. Коэффициент теплоотдачи к поверхности вала 140 Вт/(м²·К).
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-3. Излучение

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводятся на практическом занятии, продолжительность работы 1,5 часа. Каждому студенту выдается индивидуальный вариант задания, включающий 15 тестовых вопросов и 6 задач

Краткое содержание задания:

В работе проверяется знание процессов и физическая природа теплового излучения; лучистый теплообмен в замкнутой системе серых тел; лучистый теплообмен в системе тел, заполненных лучепоглощающей средой

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные законы теплового излучения, теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой, теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах	1. Что называется результирующим потоком излучения? 1. Разность между поглощённым и собственным потоком излучения. 2. Разность между поглощённым и отражённым потоком излучения. 3. Сумма собственного и отражённого потока излучения. 4. Сумма падающего и эффективного потока 2. Что такое эффективный поток излучения? 1. Разность падающего и пропущенного излучений. 2. Сумма собственного и поглощённого излучений. 3. Разность падающего и отражённого излучений. 4. Сумма собственного и отражённого излучений. 5. Разность поглощённого и собственного излучений 3. Какой закон устанавливает зависимость энергии интегрального излучения абсолютного чёрного тела и температуры? 1. Планка 2. Кирхгофа 3. Ламберта 4. Вина 5. Стефана-Больцмана
Уметь: рассчитывать теплообмен излучением в системе тел, заполненных излучающей и поглощающей средой	1. Пучок из большого числа длинных труб наружным диаметром 32 мм омывается продуктами сгорания, содержащими $\text{CO}_2 = 10,8\%$ и $\text{H}_2\text{O} = 12\%$. Температура продуктов сгорания на входе в пучок 815°C, на выходе из пучка 435°C. Трубы расположены в коридорном порядке с продольным и поперечным шагами, равными $s_1 = s_2 = 2d$. Вычислить собственное излучение продуктов сгорания, приходящееся на 1 м^2 поверхности трубы

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-4. Расчетное задание по теплопроводности

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающая три задачи: две по стационарной теплопроводности, и одну задачу по нестационарной теплопроводности. Задание выполняется самостоятельно в домашних условиях. Задание выполняется с применением математического пакета SMath Studio. Выполненное задание студент присылает преподавателю в электронном виде посредством ОСЭП МЭИ. При наличии ошибок работа возвращается на исправление. Правильно выполненная работа защищается в устной форме на практическом занятии. На защиту работы отводится не более 10 минут.

Краткое содержание задания:

1. По трем стальным трубам, расположенным на открытом воздухе горячая вода, подогретая в теплообменнике, транспортируется к потребителю со скоростью **0,25 м/с** в каждой.

С какой температурой будет получать воду потребитель, если первая труба покрыта слоем изоляции, вторая – слоем бетона, а третья труба не изолирована.

Коэффициент теплоотдачи от горячей воды к внутренней поверхности труб принять **400 Вт/(м²×К)**, а с внешней поверхности каждой из трех труб к окружающему воздуху – одинаковым **12,8 Вт/(м²×К)**.

Построить графики $t_{ж1}(x)$, $t_{ж2}(x)$, $q_L(x)$ Рассчитать тепловой поток Q потерь трубопроводов в окружающую среду.

2. Масло марки МК, протекая через бак с расходом **0,115 кг/с**, нагревается в нём от температуры **31 оС** до температуры **50 оС**. Греющим теплоносителем является сухой насыщенный водяной пар, конденсирующийся в горизонтальных змеевиках при давлении **1,2 бар**, смонтированных внутри бака. Для снижения тепловых потерь бак покрыт слоем тепловой изоляции. Требуется определить величину поверхности змеевиков F_1 , m_2 , и расход греющего пара G_1 , кг/с.

3. Цилиндрическую заготовку диаметром **200 мм** и длиной **230 мм**, с начальной температурой **400 °С** поместили в охладительный бассейн с температурой жидкости **15 °С**, в котором она начала охлаждаться при постоянном коэффициенте теплоотдачи **130 Вт/(м² К)**. Рассчитать температурное поле в цилиндре как функцию радиуса r и линейной координаты x в момент времени **2,8 мин** от начала охлаждения, результаты вычислений свести в таблицу, построить графики $t(x, 0, \tau_1)$, $t(x, r_0, \tau_1)$, $t(0, r, \tau_1)$, $t(L/2, r, \tau_1)$.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок	1. Рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь
--	---

с использованием справочной литературы по теплофизическим свойствам твердых тел, жидкостей и газов	теплоты с использованием справочной литературы по теплофизическим свойствам твердых тел, жидкостей и газов 2.Определение конечной температуры и тепловых потерь теплоносителя, движущегося в длинном теплоизолированном трубопроводе и охлаждающегося в процессе стационарной теплопередачи. Вывод расчётной формулы, выбор оптимальной теплоизоляции. 3.Определение теплового потока и тепловых потерь простейшего теплообменного аппарата. Сравнение результатов расчета с учётом и без учёта переменной теплопроводности теплоизоляции от температуры. 4.Нестационарное охлаждение (нагревание) трёхмерного тела простой геометрии от начальной температуры в течение заданного промежутка времени. Расчёт температурного поля, моделирование регулярного режима охлаждения (нагревания), определение количества теплоты, отведённой от (подведённой к) тела за заданный временной промежуток
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-5. Защита лабораторных работ № 1,2,3,36,18,19

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Лабораторный практикум включает четыре лабораторные работы: одну из работ 1-3 и лабораторные работы 36,18,19. На каждую лабораторную работу выделяется четыре академических часа. Лабораторные работы выполняются на лабораторных занятиях (2 академических часа). Студенты выполняют эксперимент в бригаде из 3-4 человек, в домашних условиях обрабатывают экспериментальные данные и оформляют индивидуальный отчет по лабораторной работе.

Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса каждого студента (2 академических часа). Каждая из четырех работ выполняется и защищается отдельно. Оценка за лабораторный практикум выставляется как среднеарифметическая оценок за четыре лабораторные работы.

Краткое содержание задания:

В рамках лабораторных работ рассматриваются вопросы связанные с определением коэффициентов теплопроводности при стационарной (л.р.№1) и нестационарной теплопроводности (л.р.№2); определение интегральной степени черноты твердых тел калориметрическим методом (л.р.№18); определение углового коэффициента излучения методом светового моделирования (л.р. №19).

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить теплотехнические эксперименты с целью изучения калорических и переносных свойства рабочих веществ	1.Какие стационарные методы положены в основу опытного определения теплопроводности? 2.Какие методики компьютерной обработки экспериментальных данных использованы в лабораторной работе? 3.Какой метод экспериментального определения степени черноты твердых тел использованы в лабораторной работе? 4.Какова суть метода двух точек, используемого при определении теплофизических свойств тела? 5.Какова сущность метода светового моделирования, применяемого при определении углового коэффициента?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

5 семестр

КМ-6. Основные понятия конвективного теплообмена

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование проводится на практическом занятии. Каждому студенту выдается индивидуальное тестовое задание, включающее 10 вопросов с несколькими вариантами ответов. Правильный вариант только один. Время на выполнение задания 20 мин.

Краткое содержание задания:

В работе проверяется знание терминологии конвективного теплообмена: определения процессов передачи теплоты за счет конвекции, физический смысл и размерности основных величин, используемых в конвективном теплообмене

Контрольные вопросы/задания:

Знать: перенос теплоты в жидких и газообразных телах, законы сохранения и превращения энергии, законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к процессам передачи и трансформации теплоты	1. Число Грасгофа определяется выражением 1. $\frac{w \cdot l}{\nu}$ 2. $\frac{w \cdot l}{a}$ 3. $(g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3) / \nu^2$ 4. $(\mu \cdot c_p) / \lambda$ 5. $(\alpha \cdot l) / \lambda$ 6. $\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu \cdot a}$ 2. Число Нуссельта определяется выражением 1. $\frac{w \cdot l}{\nu}$ 2. $\frac{w \cdot l}{a}$ 3. $(g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3) / \nu^2$ 4. $(\mu \cdot c_p) / \lambda$ 5. $(\alpha \cdot l) / \lambda$ 6. $\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu \cdot a}$ 3. Какие из чисел подобия являются гидромеханической характеристикой среды? а) число Рейнольдса б) число Нуссельта в) число Прандтля г) число Грасгофа д) число Фурье е) число Био 4. В каком случае толщина теплового пограничного слоя превышает толщину динамического пограничного слоя? а) $Pr < 1$ б) $Pr > 1$ в) $Pr > 10$ г) $Pr > 0$ д) $Pr < 100$
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-7. Конвективный теплообмен

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа выполняется на практическом занятии. Каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающее три задачи. Время на выполнение контрольной работы 1,5 часа.

Краткое содержание задания:

Каждому студенту дается задание, включающее по задачи по темам “Свободная конвекция”, “Вынужденная конвекция при наружном обтекании поверхности”, “Вынужденная конвекция при движении теплоносителя внутри канала”.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: перенос теплоты в жидких и газообразных телах, законы сохранения и превращения энергии, законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к процессам передачи и трансформации теплоты	1. Рассчитать локальный коэффициент теплоотдачи в сечении $x=0,4$ м при свободной конвекции воды у вертикальной пластины, имеющей температуру $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давление $0,101$ МПа. Найти средний коэффициент теплоотдачи при высоте пластины $1,5$ м, если температура воды на удалении от пластины $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 2. Определить коэффициент теплоотдачи и тепловой поток при движении воздуха в трубе диаметром 10 мм длиной 400 мм, если расход воды составляет 116 л/ч, средняя температура воды $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а средняя температура стенки трубы $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. 3. Плоская стенка длиной $1,5$ м и шириной 1 м омывается продольным потоком воздуха, скорость и температура набегающего потока соответственно равны 4 м/с и $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура поверхности пластины $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи и тепловой поток, переданный пластиной воздуху
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-8. Теплообмен при фазовых переходах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится на практическом занятии, продолжительность работы 1 час. Каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающее 5 вопросов и две задачи

Краткое содержание задания:

Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности; расчет теплоотдачи при развитом пузырьковом и пленочном кипении в большом объеме

Контрольные вопросы/задания:

Знать: закономерности теплообмена при фазовых превращениях	1. Выберите правильные предложения: 1. Условием конденсации является перегрев пара относительно температуры насыщения при давлении конденсации; 2. Условием конденсации является наличие центров конденсации в объеме пара или на поверхности конденсации, 3. Туман является примером объёмной конденсации, 4. Конденсация невозможна, если жидкость не смачивает поверхность конденсации, 5. Переохлаждение пара относительно температуры насыщения при давлении паровой фазы является условием конденсации, 6. Диффузионное сопротивление связано с наличием в паровой фазе молекул неконденсирующихся газов 2. Воспроизведение всей кривой кипения в эксперименте возможно 1. только в условиях регулирования плотности теплового потока 2. только в условиях регулирования температуры поверхности теплообмена, 3. Всегда, так как её воспроизведение не зависит от граничных условий на поверхности. 4. Кривая кипения не может быть получена в эксперименте и рассчитывается только теоретически 3. Выберите ошибочные определения:
--	--

	1. Для закипания воды её температура всегда должна быть равна 100 градусам по Цельсию. 2. Кипением называют процесс интенсивного парообразования с образованием поверхностей раздела фаз в объеме жидкости и/или на поверхности нагрева. 3. Для процесса кипения необходимо наличие центров парообразования. 4. Если жидкость не смачивает поверхность теплообмена, мы наблюдаем плёночную конденсацию. 5. Противоточная схема движения теплоносителей в рекуперативном теплообменнике является наиболее эффективной. 6. При образовании парового пузырька происходит преобразование теплоты в механическую энергию
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-9. Теплообменники. Массообмен

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводятся на практическом занятии, продолжительность работы 1 час. Каждому студенту выдается индивидуальное задание, включающее три вопроса и три задачи

Краткое содержание задания:

В работе проверяются знание классификации теплообменных аппаратов, уравнения теплового баланса и теплопередачи, среднелогарифмического температурного напора; схем движения теплоносителей, определение плотности потока массы при испарении жидкости с поверхности.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные законы массо- и	1.Найти среднюю плотность потока массы при
---------------------------------	--

теплообмена в двухфазных средах	продольном обтекании влажной пластины (длина 0,2 м), температура которой 30 С, сухим воздухом температурой 10 С, давлением 0,101 МПа. Скорость набегающего потока воздуха 0,6 м/с, коэффициент диффузии $0,216 \cdot 10^{-4}$ м ² /с. Массовая концентрация водяного пара на стенке 0,013 кг/кг
Знать: основные положения и уравнения теплового расчета тепломассообменных аппаратов	1. Определить конечную температуру греющей воды на выходе из водо-водяного теплообменника, если ее расход 2 кг/с, а начальная температура равна 110 °С. Расход холодной воды 1,5 кг/с, начальные и конечные температуры холодной воды соответственно равны 15 °С; 85 °С 2. Определить тепловую мощность рекуперативного газоздушного теплообменника при прямоточной схеме движения теплоносителей, если поверхность теплообмена равна 35 м², если средний коэффициент теплопередачи от продуктов сгорания к воздуху 20 Вт/(м²*К), начальные и конечные температуры воздуха соответственно равны 10 °С; 290 °С; начальные и конечные температуры продуктов сгорания соответственно равны 590 °С; 380 °С

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-10. Теплогидравлический расчет теплообменного аппарата

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту выдается индивидуальное задание. Задание выполняется самостоятельно в домашних условиях. Задание выполняется с применением математического пакета SMath Studio. Выполненное задание студент присылает преподавателю в электронном виде посредством ОСЭП МЭИ. При наличии ошибок работа возвращается на исправление. Правильно выполненная работа защищается в устной форме на практическом занятии. На защиту работы отводится не более 10 мин

Краткое содержание задания:

Упрощённый тепловой конструкторский и гидравлический расчёты рекуперативного теплообменного аппарата с определением поверхности нагрева и гидравлического сопротивления по трактам теплоносителей. Также необходимо определить оптимальную скорость одного из теплоносителей

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять теплогидравлический расчёт теплообменных аппаратов	1.Выполнить теплогидравлический расчет змеевикового экономайзера, предназначенного для подогрева воды в количестве 210 кг/с от температуры на входе 100 °С до температуры на выходе 200 °С. Массовый расход дымовых газов 600 кг/с. Температура газов перед экономайзером 370 °С. Вода движется внутри труб со скоростью, лежащей в пределах 0,3 ÷ 0,8 м/с. Газы движутся поперечным потоком снаружи труб. Скорость в узком сечении трубного пучка при средней температуре газа должна лежать в пределах 8 ÷ 14 м/с (выбрать любое значение). Поверхность нагрева экономайзера состоит из стальных труб диаметром 51'44 мм, расположенных в шахматном порядке с относительным поперечным шагом 2,1 и относительным продольным шагом 1,6. Определить поверхность нагрева экономайзера, его основные размеры и конструктивные характеристики (длину и число трубок, число петель, ширину, глубину и высоту газохода, в котором расположен экономайзер). Определить гидравлическое сопротивление экономайзера со стороны воды и дымовых газов. Определить оптимальную скорость дымовых газов. Дать схематический чертеж аппарата. 2.Выполнить теплогидравлический расчет вертикального трубчатого пароводяного подогревателя, предназначенного для нагрева воды расходом 80 кг/с, начальная температура воды 14 °С, конечная температуры воды 125 °С. Греющий пар имеет давление 32 бар. Влажность пара на выходе из теплообменника 0,1. Вода движется внутри труб со скоростью, лежащей в пределах 0,5 ÷ 1,5 м/с. Пар конденсируется снаружи труб. Поверхность нагрева теплообменника состоит из латунных труб диаметром 22'18 мм, расположенных с относительным шагом 1,5. Определить поверхность нагрева теплообменника, его основные размеры и конструктивные характеристики (длину и число трубок, число ходов, диаметр корпуса). Определить гидравлическое сопротивление аппарата со стороны воды и мощность, затрачиваемую на движение воды через аппарат. Определить оптимальную скорость воды. Дать схематический чертеж аппарата.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-11. Защита лабораторных работ № 7,9,10,13,17,32,37,26

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Лабораторный практикум включает четыре лабораторные работы: одну из работ 7,9,10, одну из лабораторных работ 13,32,37 и лабораторные работы 17 и 26. На каждую лабораторную работу выделяется четыре академических часа. Лабораторные работы выполняются на лабораторных занятиях (2 академических часа). Студенты выполняют эксперимент в бригаде из 3-4 человек, в домашних условиях обрабатывают экспериментальные данные и оформляют индивидуальный отчет по лабораторной работе. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса каждого студента (2 академических часа). Каждая из четырех работ выполняется и защищается отдельно. Оценка за лабораторный практикум выставляется как среднеарифметическая оценок за четыре лабораторные работы.

Краткое содержание задания:

Выполнение лабораторных работ: № 26 «Испытание рекуперативного теплообменника» (4 часа), № 7,9,10 «Теплоотдача при свободной конвекции жидкости» (4 часа), № 13,32,37 «Теплоотдача при вынужденной конвекции» (4 часа). Лабораторная работа № 17 «Теплоотдача при кипении жидкостей в большом объеме» (4 часа).

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить теплотехнические эксперименты с целью изучения процессов переноса теплоты в энергетических и теплотехнологических установках	1. Каково устройство экспериментальной установки? 2. Какую часть кривой кипения возможно построить по результатам эксперимента в лабораторной работе? 3. Каким образом получены эмпирические коэффициенты критериальных уравнений? 4. Каковы методы определения локального и среднего коэффициентов теплоотдачи? 5. Поясните характер изменения толщины гидродинамического и теплового пограничных слоев.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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: 70

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: 55

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

Оценка: 2

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Стационарная теплопроводность в плоском слое при граничных условиях первого рода и при нелинейной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.
2. Система алгебраических уравнений лучистого теплообмена в замкнутой системе N тел, разделенных поглощающей средой: «серое» приближение.
3. Задача.

Цилиндрический латунный стержень (пруток) диаметром 8 мм и длиной 100 мм "зажат" с торцов между двумя стенками, имеющими одинаковую температуру, равную 20°C . В зазоре, образованном стенками, движется теплоноситель, имеющий температуру 100°C и омывающий стержень с коэффициентом теплоотдачи, равным $10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Рассчитать изменение температуры по длине стержня. Теплопроводность латуни принять равной 100 Вт/мК .

Процедура проведения

Экзамен сдается в устной форме в соответствии с Правилами проведения промежуточной аттестации в НИУ "МЭИ"

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-З_{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

Вопросы, задания

1. Решение задачи об охлаждении (нагревании) безграничной пластины в среде с постоянной температурой: Метод Фурье. Собственные числа и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля. Основные их свойства
2. Стационарная теплопроводность в плоском слое при граничных условиях первого рода и при нелинейной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.
3. Распространение теплоты вдоль ребра (стержня) постоянного поперечного сечения. Вывод дифференциального уравнения и его решение для бесконечно длинного ребра
4. Стационарная теплопроводность в однослойной и многослойной цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода, постоянной теплопроводности и отсутствии внутренних источников теплоты. Вывод формул для температурного поля и теплового потока.
5. Получение дискретного аналога для одномерного стационарного уравнения теплопроводности с внутренним источником теплоты методом контрольного объема.
6. Вычисление количества теплоты, отданного телом за время τ от начала охлаждения.
7. Стационарная теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях первого рода и $\lambda = f(t)$
8. Охлаждение (нагревание) безграничной пластины в среде с постоянной температурой. Математическая формулировка задачи
9. Метод контрольного объема. Дискретный аналог одномерного стационарного уравнения теплопроводности.

10. Стационарная теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников теплоты. Определение профиля температуры и плотности теплового потока при граничных условиях первого и третьего рода.
11. Угловые коэффициенты излучения: дифференциальный, локальный, средний. Основные свойства угловых коэффициентов излучения
12. Закон Бугера. Поглощательная и пропускательная способности, степень черноты газового слоя
13. Определение теплового потока, отдаваемого прямоугольным ребром в стационарном процессе охлаждения
14. Расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе двух «серых» плоскостей, разделенных «серым» газом.
15. Расчет лучистого теплообмена в системе «не серый газ в черной оболочке»
16. Классификация потоков излучения. Формула Поляка
17. Спектральные и интегральные характеристики излучения тел: поглощательная, отражательная, пропускательная способности, степень черноты
18. Природа излучения. Тепловое излучение. Спектры излучения твердых тел, жидкостей и газов
19. Система алгебраических уравнений лучистого теплообмена в замкнутой системе N тел, разделенных поглощающей средой: «серое» приближение
20. Основные законы излучения абсолютно черного тела: закон Планка, смещения Вина, Стефана-Больцмана

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Процесс молекулярного переноса теплоты в неподвижной сплошной среде описывается законом:
 Ответы:
 а) Ньютона-Рихмана; б) Ньютона; в) Фика; г) Стефана-Больцмана; д) Фурье; е) Джоуля-Ленца; е) Томпсона.
 Верный ответ: д)
2. Предел отношения изменения температуры к расстоянию между изотермическими поверхностями, измеренному по нормали, называется:
 Ответы:
 а) скоростью изменения температуры б) градиентом поля температуры в) коэффициентом изменения температуры г) температурным полем д) плотностью теплового потока
 Верный ответ: б)
3. Вектор градиента температурного поля направлен:
 Ответы:
 а) совпадает с направлением теплового потока б) в сторону уменьшения температуры в) в сторону увеличения температуры г) надо знать краевые условия задачи д) правильного ответа нет
 Верный ответ: в)
4. Закон Стефана-Больцмана определяет:
 Ответы:
 а) Поток теплоты, уходящий от горячего источника к холодному; б) Конвективный поток теплоты между телом и жидкостью; в) Максимальную плотность потока излучения с поверхности тела; г) Плотность потока излучения абсолютно черного тела; д) Плотность молекулярного потока теплоты.
 Верный ответ: г)
5. Величина с размерностью Вт/м²/К может называться:
 Ответы:

а) коэффициентом теплоотдачи; б) плотностью теплового потока; в) коэффициентом теплопередачи; г) тепловым потоком; д) удельной теплоёмкостью.

Верный ответ: а), в)

6. Отметьте правильные определения:

Ответы:

а) изотермические поверхности не пересекаются; б) вектор плотности теплового потока сонаправлен с вектором градиента температурного поля; в) коэффициент теплоотдачи численно равен количеству теплоты, проходящему через единичную поверхность в единицу времени при разности значений температуры поверхности и жидкости в один кельвин. г) при теплопередаче отсутствуют конвекция и теплопроводность; д) тепловой поток измеряется в джоулях; е) градиент температурного поля равен сумме произведений частных производных от температуры по направлениям осей системы координат на орты осей.

Верный ответ: а), в), е)

7. Количество теплоты, проходящее через единицу площади в единицу времени, называется:

Ответы:

а) тепловым потоком б) плотностью теплового потока в) коэффициентом эффективности поверхности г) градиентом поля температуры

Верный ответ: б)

8. Термическое сопротивление теплопередачи есть:

Ответы:

а) сумма термических сопротивлений теплоотдачи и теплопроводности; б) сумма термических сопротивлений теплоотдачи; в) сумма термических сопротивлений теплоотдачи минус термическое сопротивление теплопроводности; г) сумма термических сопротивлений теплопроводности; д) обратная величина суммы термических проводимостей слоёв.

Верный ответ: а)

9. Безразмерная температура Θ в параллелепипеде с размерами $b \times c \times d$ рассчитывается как:

Ответы:

а) температура бесконечного цилиндра радиуса $\sqrt{cd}$; б) среднее арифметическое безразмерных температур пластин толщиной b , c и d ; в) безразмерная температура куба равного объёма; г) правильного ответа нет; д) произведение безразмерных температур пластин, пересечением которых он образован; е) среднее арифметическое безразмерных температур пластин толщиной $b/2$, $c/2$ и $d/2$.

Верный ответ: д)

10. Регулярным режимом охлаждения называют:

Ответы:

а) режим, наступающий, когда безразмерное время охлаждения становится большим 0,3; б) скорость изменения безразмерной температуры в центре тела становится постоянной; в) режим, наступающий, когда темп охлаждения тела становится константой; г) режим теплового равновесия с охлаждающей средой; д) величину, определяющую длительность охлаждения тела во времени; е) режим, при котором скорость изменения безразмерной температуры в точках тела, поделённая на безразмерную температуру тела в этих точках не зависит от координат точек и времени.

Верный ответ: а), в), е)

11. Коэффициент температуропроводности a характеризует:

Ответы:

а) скорость распространения тепла в теле б) скорость изменения теплового потока в) скорость изменения плотности теплового потока г) это величина, эквивалентная градиенту температуры д) скорость изменения температуры в теле

Верный ответ: д)

12. Функция $E(\lambda, T)$ называется

Ответы:

а) плотность теплового потока б) интегральная плотность потока излучения в) спектральная плотность потока излучения г) поток излучения е) мощность потока излучения

Верный ответ: в)

13. Распределение спектральной плотности потока излучения по длинам волн в зависимости от температуры устанавливает:

Ответы:

а) закон Планка б) закон Стефана-Больцмана в) закон Ламберта г) закон Кирхгофа д) закон Бугера

Верный ответ: а)

14. Лучистый поток, испускаемый с единицы поверхности реального тела в единицу времени называется:

Ответы:

а) плотность теплового потока собственного излучения; б) плотностью потока эффективного излучения; в) потоком отраженного излучения; г) мощность потока результирующего излучения

Верный ответ: б)

15. Все реальные тела обмениваются энергией излучения в форме:

Ответы:

а) результирующих потоков излучения; б) эффективных потоков излучения; в) отраженных потоков излучения; г) потоков пропущенного излучения; д) потоков поглощенного излучения;

Верный ответ: б)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.)

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.

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Режимы течения парожидкостной смеси в вертикальной парогенерирующей трубе.
2. Порядок проектного теплового расчёта Т/А на базе средне-логарифмического температурного напора. Введение поправки к расчетной поверхности теплообмена при схеме движения теплоносителей, отличной от противотока.
3. Задача. Теплоносителем с температурой на входе 320°C и на выходе 200°C нагревается нефть от 20°C до 175°C. Определить средние арифметический и логарифмический напоры для схем прямотока и противотока.

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме в соответствии с Положением о проведении промежуточной аттестации в НИУ "МЭИ"

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-З_{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

Вопросы, задания

1. Режимы течения парожидкостной смеси в вертикальной парогенерирующей трубе
2. Приведенная высота поверхности конденсации, ее связь с числом Рейнольдса пленки. Безразмерные формулы теплообмена при конденсации
3. Пленочная и капельная конденсация. Термические сопротивления при конденсации
4. Пленочная и капельная конденсация. Термические сопротивления при конденсации
5. Расчет теплоотдачи при турбулентном течении плёнки конденсата
6. Критические тепловые нагрузки при кипении в большом объёме
7. Расчет теплоотдачи при кипении жидкости, движущейся в трубе, в зоне перегрева пара
8. Расчет коэффициента запаса до кризиса кипения воды, текущей в трубе, при заданной тепловой нагрузке $q_{\text{ст}} = \text{const}$.
9. Тепломеханические условия существования парового пузырька. Критический радиус пузырька
10. Интенсификация теплоотдачи при пленочной конденсации
11. Условия однозначности в задачах конвективного теплообмена. Уравнение теплоотдачи

12. Особенности расчета теплоотдачи при свободной конвекции в узких вертикальных и горизонтальных зазорах (щелях).
13. Классификация теплообменных аппаратов
14. Тепловой расчет теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи
15. Сравнение прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей с точки зрения тепловой эффективности
16. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Понятие массовой расходной теплоёмкости, температурного напора (локального, среднего, располагаемого)
17. Порядок проектного теплового расчёта Т/А на базе средне-логарифмического температурного напора. Введение поправки к расчетной поверхности теплообмена при схеме движения теплоносителей, отличной от противотока
18. Свободная конвекция жидкости у вертикальной стенки. Изменение коэффициента теплоотдачи по высоте
19. Ламинарный и турбулентный режимы движения в пограничном слое
20. Теплообмен при ламинарном обтекании плоской пластины. Местный и средний коэффициент теплоотдачи.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. При каких числах Рейнольдса имеет место ламинарный режим течения в круглой трубе?
 Ответы:
 а) $Re > 3900$ б) $Re > 2300$ в) $Re = 3900$ г) $Re < 2300$
 Верный ответ: г)
2. Критерий, определяющий отношение инерционных сил потока к силам вязкости?
 Ответы:
 а) Nu б) Pr в) Pe г) Re д) Bi
 Верный ответ: г) Re
3. Определяющими безразмерными критериями в условиях теплообмена при свободной конвекции являются числа?
 Ответы:
 1) Gr и Pr 2) Gr и Re 3) Re и Pr 4) Pe и Gr 5) Pe и Re
 Верный ответ: 1)
4. Условие существования пузырька определяется уравнением:
 Ответы:
 а) Навье-Стокса б) Лапласа в) Рейнольдса г) Клапейрона-Клаузиуса д) Блазиуса
 Верный ответ: б)
5. Пристенный слой жидкости, в котором происходит девяносто девяти процентное изменение температурного напора жидкость-поверхность
 Ответы:
 а) ламинарный б) турбулентный в) динамический пограничный г) тепловой пограничный д) вязкий подслой
 Верный ответ: г)
6. Процесс теплообмена при вынужденной конвекции описывается уравнением:
 Ответы:
 а) $Nu = f(Re, Pr)$ б) $Nu = f(Pe, Fo)$ в) $Nu = f(Re, Gr)$ г) $Nu = f(Re, Pr, Gr)$ д) $Nu = f(Gr, Pr)$
 Верный ответ: а)
7. Какое из перечисленных чисел подобия является определяемым числом конвективного теплообмена?

Ответы:

а) Nu б) Re в) Gr г) Fo д) Pr

Верный ответ: а)

8. В каком из перечисленных режимов кипения коэффициент теплоотдачи будет наибольшим?

Ответы:

а) пленочное кипение б) пузырьковое кипение в) поверхностное кипение г) одинаков на всех стадиях кипения д) зависит от шероховатости поверхности нагрева

Верный ответ: б)

9. Почему при переходе к пленочному кипению в условиях регулирования температурного напора с изменением q происходит резкое увеличение температуры стенки?

Ответы:

а) причина неизвестна б) резко увеличивается коэффициент теплоотдачи в) резко уменьшается коэффициент теплоотдачи г) увеличивается коэффициент теплопроводности д) возрастает температурный напор

Верный ответ: в)

10. При каком виде конденсации интенсивность теплообмена выше?

Ответы:

а) поверхностная б) капельная в) пленочная г) не зависит от вида конденсации д) зависит от температуры конденсации

Верный ответ: б)

11. Какие режимы отсутствуют на кривой кипения при регулируемой плотности теплового потока на стенке?

Ответы:

а) развитое пузырьковое кипение б) режим свободной конвекции в) пленочное кипение г) переходная зона д) режим одиночных пузырей

Верный ответ: г)

12. Какое из чисел подобия характеризует интенсивность конвективного теплообмена?

Ответы:

а) число Рейнольдса б) число Нуссельта в) число Прандтля г) число Грасгофа д) число Фурье

Верный ответ: б)

13. Пристенный слой жидкости, в котором происходит девятая девяти процентное изменение скорости жидкости

Ответы:

а) ламинарный б) турбулентный в) динамический пограничный г) тепловой пограничный д) вязкий подслой

Верный ответ: в)

14. Какое из чисел подобия является теплофизической характеристикой среды?

Ответы:

а) число Рейнольдса б) число Нуссельта в) число Прандтля г) число Грасгофа д) число Фурье

Верный ответ: в)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

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.