

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепломассоперенос в элементах теплотехнического оборудования**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пурдин М.С.
	Идентификатор	R73e8cc57-PurdinMS-97ce3ae5

М.С. Пурдин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Горелов М.В.
	Идентификатор	Re923e979-GorelovMV-5a218dd2

М.В. Горелов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А.
Щербатов

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-3 Способен использовать научные методы и современное программное обеспечение при расчете, проектировании и оптимизации оборудования систем энергообеспечения, обеспечения жизнедеятельности и технологических систем при проектировании и выборе оптимальных режимов работы

ИД-2 Применяет методы математического моделирования и современные компьютерные программы при расчете и выборе конструкций и режимов работы оборудования

2. ПК-4 Способен рассчитывать и проектировать системы обеспечения тепловых режимов работы оборудования и приборов для обеспечения их эффективной, надежной и безопасной работы

ИД-2 Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Вычисление поправки к теплоотдаче и сопротивлению с учетом массообмена при движении в пограничном слое на поверхности (Контрольная работа)
2. Вычисление физических свойств газов и газовых смесей (Контрольная работа)
3. Задачи одномерной диффузии (Тестирование)
4. Конвективный тепломассообмен (Тестирование)
5. Подход к описанию процессов переноса тепла и массы в движущихся средах. Основные понятия и законы, используемые при описании диффузии в смесях (Тестирование)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Подход к описанию процессов переноса тепла и массы в движущихся средах. Основные понятия и законы, используемые при описании диффузии в смесях (Тестирование)
- КМ-2 Вычисление физических свойств газов и газовых смесей (Контрольная работа)
- КМ-3 Конвективный тепломассообмен (Тестирование)
- КМ-4 Задачи одномерной диффузии (Тестирование)
- КМ-5 Вычисление поправки к теплоотдаче и сопротивлению с учетом массообмена при движении в пограничном слое на поверхности (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4	КМ- 5
	Срок КМ:	4	6	8	12	15
Подход к описанию процессов переноса тепла и массы в движущихся сплошных средах						
Подход к описанию процессов переноса тепла и массы в движущихся сплошных средах	+	+				
Основные понятия и законы, используемые при описании диффузии в смесях						
Основные понятия и законы, используемые при описании диффузии в смесях	+					
Задачи одномерной диффузии						
Задачи одномерной диффузии				+	+	+
Совместный конвективный перенос тепла и массы						
Совместный конвективный перенос тепла и массы		+	+	+	+	+
Вес КМ:		20	20	20	20	20

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-3	ИД-2 _{ПК-3} Применяет методы математического моделирования и современные компьютерные программы при расчете и выборе конструкций и режимов работы оборудования	Знать: современные и перспективные пути оптимизации и усовершенствования теплотехнических процессов и аппаратов Уметь: определять оптимальные производственно-технологические режимы работы тепломассообменных аппаратов	КМ-1 Подход к описанию процессов переноса тепла и массы в движущихся средах. Основные понятия и законы, используемые при описании диффузии в смесях (Тестирование) КМ-2 Вычисление физических свойств газов и газовых смесей (Контрольная работа)
ПК-4	ИД-2 _{ПК-4} Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования	Знать: уравнения, описывающие процессы тепломассообмена, протекающие в элементах теплотехнического оборудования Уметь: планировать и проводить теоретические и экспериментальные	КМ-3 Конвективный тепломассообмен (Тестирование) КМ-4 Задачи одномерной диффузии (Тестирование) КМ-5 Вычисление поправки к теплоотдаче и сопротивлению с учетом массообмена при движении в пограничном слое на поверхности (Контрольная работа)

		научные исследования, направленные на совершенствование теплообменного оборудования	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Подход к описанию процессов переноса тепла и массы в движущихся средах. Основные понятия и законы, используемые при описании диффузии в смесях

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту раздается бланк с вопросами и вариантами ответов на него. На один вопрос возможны один или несколько ответов. Также присутствуют вопросы, на которые студент должен дать развернутый ответ.

Краткое содержание задания:

Необходимо выбрать правильный или правильные ответы на вопросы из предложенных вариантов. При отсутствии вариантов ответов, дать развернутый ответ своими словами

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: современные и перспективные пути оптимизации и усовершенствования теплотехнических процессов и аппаратов	1. В систему уравнений, описывающих конвективный теплообмен, не входит: а). уравнение сохранения импульса; б). уравнение сохранения момента импульса; в). уравнение диффузии 2. Уравнение диффузии выражает закон сохранения: а). массы смеси; б). масс компонента; в). энергии смеси 3. Число уравнений диффузии равно: а). единице; б). количеству компонентов смеси (n); в). n-1 4. Сумма массовых долей компонентов смеси: $\sum_{i=1}^n \omega_i = 0$ Figure 1 A

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ Figure 2 Б $\sum_{i=1}^n \omega_i - \text{не известна}$ Figure 3 В 5. Сумма мольных долей компонентов: $\sum_{i=1}^n X_i = 0$ Figure 4 А $\sum_{i=1}^n X_i = 1$ Figure 5 Б $\sum_{i=1}^n X_i - \text{не известна}$ Figure 6 В 6. Сумма массовых потоков в смеси, привязанных к средней скорости смеси:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	$\sum_{i=1}^n J_i^* = 0$ Figure 7 A $\sum_{i=1}^n J_i^* = 1$ Figure 8 Б $\sum_{i=1}^n J_i^* - \text{не известна}$ Figure 9 B

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Вычисление физических свойств газов и газовых смесей

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту раздается бланк с задачами для самостоятельного решения в аудитории.

Краткое содержание задания:

Решить задачу

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: определять оптимальные производственно-технологические режимы работы теплообменных аппаратов	1. Рассчитать вязкость CO_2 при $P=1$ атм, $t=0$ градусах Цельсия 2. Рассчитать вязкость воздуха при $t=100$ градусах Цельсия и $t=20$ градусах Цельсия, $P=1$ атм ($C=111$) 3. Вычислить коэффициент диффузии смеси CO_2 ($x=0,5$) и N_2 при $P=105$ атм, $t=50$ градусах Цельсия

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-3. Конвективный теплообмен

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту раздается бланк с вопросами и вариантами ответов на него. На один вопрос возможны один или несколько ответов. Также присутствуют вопросы, на которые студент должен дать развернутый ответ.

Краткое содержание задания:

Необходимо выбрать правильный или правильные ответы на вопросы из предложенных вариантов. При отсутствии вариантов ответов, дать развернутый ответ своими словами

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: уравнения, описывающие процессы тепломассообмена, протекающие в элементах теплотехнического оборудования	1. Мольный (массовый) поток компонентов смеси N_A (nA) остается постоянным: а). для стационарной задачи б). для нестационарной задачи в). никогда не постоянен 2. Пренебречь диффузным тепловым потоком в уравнении энергии можно: а). для бесконечно разбавленного раствора б). при близких значениях изобарной теплоемкости компонентов в). нельзя пренебречь 3. Пренебречь тепловым потоком Дюфо можно: а). при низких температурах б). при высоких температурах в). нельзя пренебречь

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-4. Задачи одномерной диффузии

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту раздается бланк с вопросами и вариантами ответов на него. На один вопрос возможны один или несколько ответов. Также присутствуют вопросы, на которые студент должен дать развернутый ответ.

Краткое содержание задания:

Необходимо выбрать правильный или правильные ответы на вопросы из предложенных вариантов. При отсутствии вариантов ответов, дать развернутый ответ своими словами

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: уравнения, описывающие процессы теплообмена, протекающие в элементах теплотехнического оборудования	1. Для расчета концентрации бинарной смеси, образующейся при испарении жидкости из сосуда, используется: а). закон Стокса б). закон Фурье в). закон Фика 2. Мольный поток в неподвижной системе паров жидкости N_A от поверхности к срезу сосуда: а). уменьшается б). увеличивается в). не изменяется 3. Поток Стефана можно не учитывать? а). $X_A = 1$ б). $X_A = 0$ в). Надо учитывать при любых X_A

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-5. Вычисление поправки к теплоотдаче и сопротивлению с учетом массообмена при движении в пограничном слое на поверхности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждому студенту раздается бланк с задачей для самостоятельного решения в аудитории.

Краткое содержание задания:

Решить задачу

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: планировать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, направленные на совершенствование теплообменного оборудования	1. Водная поверхность обтекается воздухом с массовыми долями водных паров у поверхности и вдали от нее $\omega_s=0,1$ и $\omega_\infty=0,001$. Как отличается величина коэффициента сопротивления трения от этой величины при обтекании твердой поверхности. $Sc=0,6$ 2. Водная поверхность с температурой $T_0=293$ К обдувается потоком воздуха с температурой $T_\infty=400$ К, $p=1$ атм. Определить, как повлиял массообмен на коэффициент теплоотдачи 3. Пленка жидкого конденсата на твердой поверхности обтекается воздухом с массовыми долями водяных паров у поверхности и вдали от нее $\omega_s=0,02$ и $\omega_\infty=0,04$. Как повлияет процесс массообмена на теплоотдачу. $Sc=0,8$

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____ 1 _____	Утверждаю: Зав. кафедрой «30» декабря 2019 г.
	Кафедра _____ ТМПУ _____	
	Дисциплина _____ ТМПУ в ЭТТО _____	
	Факультет _____ ИТЭЭФ _____	
1. Перенос тепла в смесях. Составляющие теплового потока. 2. Расчет сопротивления трения, теплоотдачи, массоотдачи по результатам автомодельного решения задачи о пограничном слое на поверхности. 3. Задача.		

Процедура проведения

Студент самостоятельно выбирает экзаменационный билет из предложенных ему экземпляров, содержание билета студент не видит. На подготовку студенту отводится 45 минут. Допускается досрочный ответ

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Применяет методы математического моделирования и современные компьютерные программы при расчете и выборе конструкций и режимов работы оборудования

Вопросы, задания

1. Упрощение уравнений, описывающих конвективный теплообмен
2. Концентрации, скорости смеси, диффузионные потоки
3. Различные виды диффузионных потоков. Вывести соотношения между ними
4. Обобщенный закон Фика для диффузии в многокомпонентной смеси
5. Диффузия через одномерный слой газовой смеси. Расчет распределения концентраций трехкомпонентной смеси при испарении жидкости (использовать уравнения Стефана-Максвелла)

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сумма мольных долей компонентов:

Ответы:

$$\sum_{i=1}^n X_i = 0$$

Figure 10 A

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

Figure 11 Б

$$\sum_{i=1}^n X_i - \text{не известна}$$

Figure 12 B

Верный ответ: Б

2. Сумма массовых потоков в смеси, привязанных к средней скорости смеси:

Ответы:

$$\sum_{i=1}^n J_i^* = 0$$

Figure 13 A

$$\sum_{i=1}^n J_i^* = 1$$

Figure 14 Б

$$\sum_{i=1}^n J_i^* - \text{не известна}$$

Figure 15 B

Верный ответ: А

3. Мольный (массовый) поток компонентов смеси Na (n_A) остается постоянным:

Ответы:

- а). для стационарной задачи
- б). для нестационарной задачи
- в). никогда не постоянен

Верный ответ: в

4. Пренебречь диффузным тепловым потоком в уравнении энергии можно:

Ответы:

- а). для бесконечно разбавленного раствора
- б). при близких значениях изобарной теплоемкости компонентов
- в). нельзя пренебречь

Верный ответ: б

5. Пренебречь тепловым потоком Дюфо можно:

Ответы:

- а). при низких температурах
- б). при высоких температурах
- в). нельзя пренебречь

Верный ответ: б

6. Для расчета концентрации бинарной смеси, образующейся при испарении жидкости из сосуда, используется:

Ответы:

- а). закон Стокса
- б). закон Фурье
- в). закон Фика

Верный ответ: в

7. Мольный поток в неподвижной системе паров жидкости Na от поверхности к срезу сосуда:

Ответы:

- а). уменьшается
- б). увеличивается

в). не изменяется

Верный ответ: а

8. Поток Стефана можно не учитывать?

Ответы:

а). Ха - 1

б). Ха - 0

в). Надо учитывать при любых Ха

Верный ответ: а

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-4} Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования

Вопросы, задания

1. Перенос тепла в смесях. Составляющие теплового потока

2. Расчет сопротивления трения, теплоотдачи, массоотдачи по результатам автомодельного решения задачи о пограничном слое на поверхности

3. Закон Стокса, Фурье, Фика

4. Коэффициент теплопроводности газов

5. Уравнение Стефана-Максвелла

Материалы для проверки остаточных знаний

1. В систему уравнений, описывающих конвективный теплообмен, не входит:

Ответы:

а). уравнение сохранения импульса;

б). уравнение сохранения момента импульса;

в). уравнение диффузии

Верный ответ: в

2. Уравнение диффузии выражает закон сохранения:

Ответы:

а). массы смеси;

б). масс компонента;

в). энергии смеси

Верный ответ: б

3. Число уравнений диффузии равно:

Ответы:

а). единице;

б). количеству компонентов смеси (n);

в). n-1

Верный ответ: в

4. Сумма массовых долей компонентов смеси:

Ответы:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$$

Figure 16 A

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$$

Figure 17 Б

$$\sum_{i=1}^n \omega_i - \text{н\textbf{е} известна}$$

Figure 18 B

Верный ответ: Б

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