

**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
Экспериментальное исследование процессов теплообмена**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Арбатский А.А.
	Идентификатор	Rf2f52fe8-ArbatskyAnA-b72d7cde

А.А.
Арбатский

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

ИД-1 Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 (Интервью)
2. КМ-2 (Интервью)
3. КМ-3 (Интервью)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ-1 (Интервью)
КМ-2 КМ-2 (Интервью)
КМ-3 КМ-3 (Интервью)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	7	12	16
Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы				
Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы		+		
Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей				
Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей		+		

Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных			
Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных	+		
Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах			
Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах	+		
Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора			
Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора		+	
Исследование характеристик воздушной тепловой завесы			
Исследование характеристик воздушной тепловой завесы		+	
Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора			
Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора		+	
Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натурных экспериментов на примерах			
Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натурных экспериментов на примерах		+	
Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натурных исследований			
Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натурных исследований	+	+	
Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии			
Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии			+
Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена			
Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена			+
Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах			
Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах			+
Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов			
Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов			+

Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий			
Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий		+	+
Вес КМ:	33	33	34

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-4	ИД-1ПК-4 Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы	Знать: теорию оценки погрешности эксперимента основные уравнения тепло и массообмена основные методы проведения теплотехнических исследований Уметь: применять теорию тепломассообмена при обработке результатов экспериментов прогнозировать результаты экспериментов корректно поставить эксперимент и оценить достоверность полученных данных	КМ-1 КМ-1 (Интервью) КМ-2 КМ-2 (Интервью) КМ-3 КМ-3 (Интервью)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Интервью

Вес контрольного мероприятия в БРС: 33

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверяются выполненные расчетные задания на момент проведения КМ. Выдаются вопросы для развернутых ответов по пройденному теоретическому и практическому материалам.

Краткое содержание задания:

Проверяются выполненные расчетные задания на момент проведения КМ. Выдаются вопросы для развернутых ответов по пройденному теоретическому и практическому материалам

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные методы проведения теплотехнических исследований	1. Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы 2. Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей 3. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных 4. Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах
Уметь: корректно поставить эксперимент и оценить достоверность полученных данных	1. Исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей 2. Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах

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. КМ-2

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Интервью

Вес контрольного мероприятия в БРС: 33

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверяются выполненные расчетные задания на момент проведения КМ. Выдаются вопросы для развернутых ответов по пройденному теоретическому и практическому материалам.

Краткое содержание задания:

Проверяются выполненные расчетные задания на момент проведения КМ. Выдаются вопросы для развернутых ответов по пройденному теоретическому и практическому материалам

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные уравнения тепло и массообмена	1.Исследование характеристик воздуховоздушного теплового утилизатора 2.Исследование характеристик воздушной тепловой завесы 3.Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора 4.Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натурных экспериментов на примерах 5.Методы повышения точности численных экспериментов путем сопоставления с результатами натурных исследований
Уметь: применять теорию тепломассообмена при обработке результатов экспериментов	1.Методы повышения точности численных экспериментов путем сопоставления с результатами натурных исследований

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. КМ-3

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Интервью

Вес контрольного мероприятия в БРС: 34

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверяются выполненные расчетные задания на момент проведения КМ. Выдаются вопросы для развернутых ответов по пройденному теоретическому и практическому материалам.

Краткое содержание задания:

Проверяются выполненные расчетные задания на момент проведения КМ. Выдаются вопросы для развернутых ответов по пройденному теоретическому и практическому материалам

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теорию оценки погрешности эксперимента	1.Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии 2.Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена 3.Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов 4.Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий 5.Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы
Уметь: прогнозировать результаты экспериментов	1.Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов 2.Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий

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

1. Постановка экспериментов при конструировании центральных кондиционеров и теплообменного оборудования. Методы масштабирования исследований.
2. Теплообмен излучением. Основные уравнения. Описание эксперимента по определению интенсивности излучения и степени черноты системы. Оценка погрешности эксперимента;
3. Виды погрешностей при теплофизическом эксперименте. Методы оценки и прогнозирования погрешностей;
4. Основные станки применяемые при производстве теплообменного оборудования. Методы контроля качества и прогнозирования характеристик оборудования

Процедура проведения

Устное интервью, по результатам которого проверяется насколько хорошо студент ориентируется в пройденных материалах

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-4 Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы

Вопросы, задания

1. Основные принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы
2. Виды погрешностей при теплофизическом эксперименте. Методы оценки и прогнозирования погрешностей
3. Дифференциальные уравнения теплообмена в твердых телах. Граничные условия для расчета параметров распределения температур
4. Дифференциальные уравнения теплообмена в газообразных и жидких средах. Граничные условия для расчета параметров распределения температур
5. Примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Расчет различных параметров систем по измеренным характеристикам (на примерах)
6. Теплообмен излучением. Основные уравнения. Описание эксперимента по определению интенсивности излучения и степени черноты системы. Оценка погрешности эксперимента
7. Численный эксперимент. Понятие численного эксперимента. Оценка точности и прогнозирования результатов
8. Метод конечных разностей. Описание и основные уравнения для твердых тел и для газообразных сред. Переход от дифференциальных уравнений к конечно-разностному методу
9. Примеры экспериментов по изучению теплообмена при фазовых переходах
10. Примеры экспериментов по изучению процессов массообмена. Материальный баланс системы.

11. Электро-тепловая аналогия. Физические принципы и основные уравнения. Применение метода электро-тепловой аналогии для исследования реальных процессов в теплотехническом оборудовании
12. Технологический цикл производства вентиляционных установок и центральных кондиционеров. Методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования
13. Основные станки применяемые при производстве теплообменного оборудования. Методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования
14. Общие принципы организации системы контроля качества при производстве климатического и теплообменного оборудования
15. Измерение рабочих параметров вентиляционных установок и центральных кондиционеров. Оценка достоверности результатов измерений. Оценка погрешности при измерениях
16. Измерение рабочих параметров теплообменного оборудования. Оценка достоверности результатов измерений. Оценка погрешности при измерениях
17. Применение численного эксперимента при разработке климатического оборудования как метода прогнозирования
18. Постановка экспериментов при конструировании центральных кондиционеров и теплообменного оборудования. Методы масштабирования исследований
19. Топологическая схема системы вентиляции. Алгоритм работы вентиляционных установок, центральных кондиционеров и системы вентиляции в целом. Регулирование параметров теплоносителя
20. Топологическая схема системы отопления. Алгоритм работы системы отопления и системы отпуска тепла на ИТП и ЦТП. Регулирование параметров теплоносителя
21. Топологическая схема системы холодоснабжения. Алгоритм работы системы холодоснабжения
22. Основные методы оценки работоспособности систем отопления и вентиляции. Точки измерения параметров. Расчет основных рабочих параметров по измеренным характеристикам

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Основные принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы
Ответы:
Необходимо описать основные принципы постановки теплофизического эксперимента, а также привести примеры энергетических балансов различных экспериментальных систем
Верный ответ: Необходимо описать основные принципы постановки теплофизического эксперимента, а также привести примеры энергетических балансов различных экспериментальных систем
2. Примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Расчет различных параметров систем по измеренным характеристикам (на примерах)
Ответы:
Привести примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Выполнить расчет параметров систем по измеренным характеристикам на определенном примере (решить небольшую задачу)
Верный ответ: Привести примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Выполнить расчет параметров систем по измеренным характеристикам на определенном примере (решить небольшую задачу)

3. Теплообмен излучением. Основные уравнения. Описание эксперимента по определению интенсивности излучения и степени черноты системы. Оценка погрешности эксперимента

Ответы:

Расписать основные уравнения при теплообмене излучением. Сделать подробное описание эксперимента по определению характеристик теплообменного оборудования работающего на принципе излучения. Дать пример оценки погрешности эксперимента.

Верный ответ: Расписать основные уравнения при теплообмене излучением. Сделать подробное описание эксперимента по определению характеристик теплообменного оборудования работающего на принципе излучения. Дать пример оценки погрешности эксперимента.

4. Примеры экспериментов по изучению теплообмена при фазовых переходах.

Ответы:

Привести примеры экспериментов по изучению теплообмена при фазовых переходах

Верный ответ: Привести примеры экспериментов по изучению теплообмена при фазовых переходах

5. Основные станки применяемые при производстве теплообменного оборудования. Методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования

Ответы:

Привести перечень основных станков применяемые при производстве теплообменного оборудования. Описать методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования

Верный ответ: Привести перечень основных станков применяемые при производстве теплообменного оборудования. Описать методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования

6. Постановка экспериментов при конструировании центральных кондиционеров и теплообменного оборудования. Методы масштабирования исследований

Ответы:

Привести пример постановки экспериментов при конструировании центральных кондиционеров и теплообменного оборудования. Рассказать о методах масштабирования исследований

Верный ответ: Привести пример постановки экспериментов при конструировании центральных кондиционеров и теплообменного оборудования. Рассказать о методах масштабирования исследований

7. Дифференциальные уравнения теплообмена в твердых телах. Граничные условия для расчета параметров распределения температур

Ответы:

Написать дифференциальные уравнения теплообмена в твердых телах. Рассказать про граничные условия для расчета параметров распределения температур

Верный ответ: Написать дифференциальные уравнения теплообмена в твердых телах. Рассказать про граничные условия для расчета параметров распределения температур

8. Примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Расчет различных параметров систем по измеренным характеристикам (на примерах)

Ответы:

Привести примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Выполнить небольшой расчет параметров систем по измеренным характеристикам

Верный ответ: Привести примеры экспериментов по изучению процессов естественной и принудительной конвекции. Выполнить небольшой расчет параметров систем по измеренным характеристикам

9. Технологический цикл производства вентиляционных установок и центральных кондиционеров. Методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования

Ответы:

Описать технологический цикл производства вентиляционных установок и центральных кондиционеров. Рассказать про методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования

Верный ответ: Описать технологический цикл производства вентиляционных установок и центральных кондиционеров. Рассказать про методы контроля качества и прогнозирование характеристик оборудования

10. Примеры экспериментов по изучению теплообмена при фазовых переходах

Ответы:

Описать физику фазовых переходов. Привязать методы экспериментальных исследований процессов при фазовых переходах к основным физическим принципам.

Верный ответ: Описать физику фазовых переходов. Привязать методы экспериментальных исследований процессов при фазовых переходах к основным физическим принципам.

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

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач. Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки. Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам. Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета; б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.