

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


Рабочая программа дисциплины
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛООБМЕНА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.11.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Интервью	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	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	Гаряев А.Б.
	Идентификатор	R75984319-GariayevAB-a6831ea7

А.Б. Горяев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Ознакомление студентов с основными методами экспериментальных исследований теплообменного оборудования, а также обучение методам обработки результатов экспериментов. Связывание теории тепло-массообмена и практической работы разработчика тепло-массообменного оборудования.

Задачи дисциплины

- Знание правил постановки экспериментов;
- Умение поставить эксперимент, обработать данные эксперимента и оценить достоверность полученных результатов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способен рассчитывать и проектировать системы обеспечения тепловых режимов работы оборудования и приборов для обеспечения их эффективной, надежной и безопасной работы	ИД-1ПК-4 Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы	знать: - основные уравнения тепло и массообмена; - теорию оценки погрешности эксперимента; - основные методы проведения теплотехнических исследований. уметь: - корректно поставить эксперимент и оценить достоверность полученных данных; - применять теорию тепломассообмена при обработке результатов экспериментов; - прогнозировать результаты экспериментов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы термодинамики влажного воздуха
- знать методы конструктивного (проектного) и поверочного теплового расчета тепломассообменного оборудования, применяемого в теплотехнологических системах различного назначения
- знать методы составления тепловых и материальных балансов систем, в которых обеспечивается микроклимат
- знать современные методы проектирования инженерных сетей здания
- знать основы математического моделирования
- знать физику процессов фазовых переходов
- уметь выполнять расчеты параметров влажного воздуха

- уметь выполнять конструктивные (проектные) и поверочные тепловые расчеты теплообменного оборудования, применяемого в теплотехнологических системах различного назначения

- уметь составлять тепловые и материальные балансы объектов, в которых обеспечивается микроклимат

- уметь составлять базовые математические модели теплофизических процессов

- уметь применять современные методы проектирования инженерных сетей здания

- уметь использовать современные программные средства для выполнения расчетов и чертежей

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы	7	3	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	Подготовка расчетных заданий: Решение задач на энергетические балансы экспериментальных систем
1.1	Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
2	Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	Подготовка расчетных заданий: Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей
2.1	Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
3	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод	7		4	-	-	-	-	-	-	-	3	-	

	основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных												конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 151-163 [2], 256-270
3.1	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных	7	4	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
4	Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах
4.1	Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах	7	2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
5	Исследование	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Проведение эксперимента:</u> Исследование

	характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора											характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора
5.1	Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-
6	Исследование характеристик воздушной тепловой завесы	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-
6.1	Исследование характеристик воздушной тепловой завесы	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-
7	Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-
7.1	Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-
8	Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-
												<p><u>Проведение эксперимента:</u> Исследование характеристик воздушной тепловой завесы</p> <p><u>Проведение эксперимента:</u> Исследование характеристик солнечного коллектора <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 427-429</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей.</p>

	примерах													
8.1	Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на примерах	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
9	Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований"	
9.1	Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
10	Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-		<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Электро-тепловая аналогия <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 187-194
10.1	Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-		
11	Экспериментальные	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение</u>	

	исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена												<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена"
11.1	Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
12	Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах"
12.1	Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
13	Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов	12	6	-	4	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов"
13.1	Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования.	12	6	-	4	-	-	-	-	-	2	-	

	Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов												
14	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<i>Проведение эксперимента:</i> Исследование работы насосного оборудования
14.1	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий	6	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	16	16	2	-	-	0.5	77.5			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы

1.1. Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы

Описание базовых принципов постановки теплофизических экспериментов. Разбор энергетического баланса систем на примерах. Примеры реальных экспериментов проводимых при оценки работоспособности теплотехнического оборудования, особенности их постановки и оценки точности. Обзор нормативной литературы (ГОСТы описывающие способы испытаний теплотехнического оборудования).

2. Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей

2.1. Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей

Основные уравнения для расчета точности данных полученных экспериментом. Оценка погрешности эксперимента. Практические методы повышения точности проводимых экспериментов. Разбор основных ошибок при постановке теплофизического эксперимента.

3. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных

3.1. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных

Описание вывода основных уравнений теплообмена. Теплообмен в стенке, в ребре. Уравнения конвективного и лучистого теплообмена. Естественная и принудительная конвекция. Переход от теоретических уравнений к их практическому применению при обработке экспериментальных данных.

4. Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах

4.1. Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах

Примеры проведенных экспериментов с подробным описанием выходных полученных данных и примеров их обработки. Эксперименты по определению тепловой мощности для различных типов теплообменников при различных выходных данных. Эксперимент по определению тепловых потерь здания. Эксперимент по определению степени черноты поверхности. Эксперимент по определению тепло-передающей способности радиатора.

5. Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора

5.1. Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора

Подробный разбор принципа работы воздухо-воздушного утилизатора с анализом физики теплообмена и режимов работы. Алгоритм регулировки параметров теплового утилизатора при работе. Фиксирование исследуемых параметров. Расчет показателей теплового утилизатора при различных измеряемых характеристиках. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных. Оценка погрешностей исследования.

6. Исследование характеристик воздушной тепловой завесы

6.1. Исследование характеристик воздушной тепловой завесы

Подробный разбор принципа работы воздушно-тепловой завесы с анализом физики теплообмена и режимов работы. Алгоритм регулировки параметров воздушно-тепловой завесы при работе. Фиксирование исследуемых параметров. Расчет показателей тепловой завесы при различных измеряемых характеристиках. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных. Оценка погрешностей исследования.

7. Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора

7.1. Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора

Подробный разбор принципа работы солнечного коллектора с анализом физики теплообмена и режимов работы. Алгоритм регулировки параметров солнечного коллектора при работе. Фиксирование исследуемых параметров. Расчет параметров солнечного коллектора при различных измеряемых характеристиках. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных. Оценка погрешностей исследования.

8. Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на примерах

8.1. Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей.

Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на примерах

Понятие численного эксперимента. Описание конечно-разностного метода. Переход от дифференциальных уравнений к уравнениям конечно-разностного метода. Оценка точности численного эксперимента для различного типа исследований. Применимость численного эксперимента в реальных условиях.

9. Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований

9.1. Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований

Способы повышения точности численного эксперимента путем задания разных граничных условий. Прогнозирование результатов численного эксперимента. Примеры численных экспериментов и сопоставление с натурными измерениями.

10. Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии

10.1. Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии

Понятие электро-тепловой аналогии. Применение для оценки различных процессов в тепло-энергетике. Основные уравнения при обработке результатов исследований методом электро-тепловой аналогии.

11. Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена

11.1. Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена

Основные уравнения массо-обмена. Связь процессов тепло- и массо-обмена. Методы теоретической оценки материального баланса системы и проверка в лабораторных условиях.

12. Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах

12.1. Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах

Уравнения фазового перехода для различных сред. Оценка изменений условий теплообмена при фазовом переходе. Постановка эксперимента при фазовом переходе, особенности оценки теплового и материального баланса системы.

13. Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов

13.1. Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов

Основы конструирования тепло-массообменного оборудования. Экспериментальное исследование процессов теплообмена предполагаемых для конструирования оборудования. Масштабирование эксперимента, экстраполяция и интерполяция результатов. Применяемое оборудование при изготовлении теплообменников и климатического оборудования в целом. Основные производственные процессы. Методы контроля качества изготовления климатического оборудования различных типов. Разработка системы контроля качества в производственных условиях. Прогнозирование результатов.

14. Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий

14.1. Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий

Описание основных тепловых инженерных систем зданий в виде схмотехнических решений. Точки измерения параметров инженерных систем. Оценка работоспособности по косвенным параметрам. Основные алгоритмы регулирования параметров для различных инженерных систем.

3.3. Темы практических занятий

1. Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий;
2. Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования;
3. Электро-тепловая аналогия.;
4. Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей.;
5. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах;
6. Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей;
7. Энергетический баланс системы.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование работы насосного оборудования;
2. Исследование характеристик солнечного коллектора;

3. Исследование характеристик воздушной тепловой завесы;
4. Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора.

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Исследование характеристик воздушной тепловой завесы"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на примерах"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований"
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии"
11. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена"
12. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах"
13. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов"

14. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)														Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Знать:																	
основные методы проведения теплотехнических исследований	ИД-1ПК-4	+	+	+	+												Интервью/КМ-1
теорию оценки погрешности эксперимента	ИД-1ПК-4											+	+	+	+	+	Интервью/КМ-3
основные уравнения тепло и массообмена	ИД-1ПК-4					+	+	+	+	+							Интервью/КМ-2
Уметь:																	
прогнозировать результаты экспериментов	ИД-1ПК-4														+	+	Интервью/КМ-3
применять теорию теплообмена при обработке результатов экспериментов	ИД-1ПК-4									+						+	Интервью/КМ-2
корректно поставить эксперимент и оценить достоверность полученных данных	ИД-1ПК-4				+					+							Интервью/КМ-1

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Проверка задания

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

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 непринципиальные 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.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Алабовский, А. Н. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие для технологических специальностей вузов / А. Н. Алабовский, И. А. Недужий . – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев : Выща школа, 1990 . – 255 с. - ISBN 5-11-001997-5 .;
2. А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин- "Термодинамика и теплопередача", (Изд. 2-е, перераб. и доп.), Издательство: "Высшая школа", Москва, 1975 - (496 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495491>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-104-7, Учебная лаборатория для исследования процессов в теплотехническом оборудовании каф. "ТМПУ"	стол, стул, многофункциональный центр, техническая аппаратура, компьютер персональный, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-409, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-104-5, Преподавательская каф. "ТМПУ"	стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, документы, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-02, Архив	стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальное исследование процессов теплообмена

(название 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.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	7	12	16
1	Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы				
1.1	Общие принципы постановки теплофизического эксперимента. Энергетический баланс системы		+		
2	Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей				
2.1	Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей		+		
3	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Вывод основных зависимостей применяемых при обработке экспериментальных данных				
3.1	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				
4.1	Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах		+		
5	Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора				
5.1	Исследование характеристик воздухо-воздушного теплового утилизатора			+	
6	Исследование характеристик воздушной тепловой завесы				
6.1	Исследование характеристик воздушной тепловой завесы			+	
7	Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора				

7.1	Теплообмен излучением. Исследование характеристик солнечного коллектора		+	
8	Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на примерах			
8.1	Численный эксперимент. Основные уравнения. Метод конечных разностей. Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов на примерах		+	
9	Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований			
9.1	Методы повышения точности численных экспериментов в т.ч. путем сопоставления с результатами натуральных исследований	+	+	
10	Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии			
10.1	Электро-тепловая аналогия. Метод изучения тепловых процессов путем электро-тепловой аналогии			+
11	Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена			
11.1	Экспериментальные исследования процессов массообмена. Связь процессов тепло и массообмена			+
12	Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах			
12.1	Экспериментальные исследования процессов тепло-массообмена при фазовых переходах			+
13	Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов			
13.1	Экспериментальные исследования при конструировании тепло-массообменного оборудования. Последовательность проверки необходимых характеристик. Прогнозирование результатов			+
14	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий			
14.1	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий		+	+
Вес КМ, %:		33	33	34