

**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: Цифровое информационное моделирование инженерных систем зданий и сооружений

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 39,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Интервью</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>3 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**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	Маскинская А.Ю.
	Идентификатор	R4ac5cf7e-MaskinskyaAY-056d228

А.Ю.  
Маскинская

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 эксплуатационный испытаний инженерных систем зданий и сооружений.

### Задачи дисциплины

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

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-1 Способен разрабатывать проектную и рабочую документацию инженерных систем объектов капитального строительства в соответствии с техническим заданием, с использованием современных программных средств, действующими нормативно-техническими документами, создавать, использовать и сопровождать информационные модели объектов капитального строительства и их инженерных сетей на всех этапах их жизненного цикла, а также координировать действия соисполнителей и определять область применения результатов научно-исследовательских работ	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Разрабатывает проектную и рабочую документацию инженерных систем объектов капитального строительства в соответствии с техническим заданием, с использованием современных программных средств, действующими нормативно-техническими документами и стандартами и бизнес-процессами организации	знать: - основные методы проведения теплотехнических исследований для инженерных систем; - теорию оценки погрешности эксперимента.  уметь: - корректно поставить эксперимент и оценить достоверность данных для инженерных систем; - прогнозировать результаты экспериментов; - применять теоретические знания инженерных систем при обработке результатов экспериментов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровое информационное моделирование инженерных систем зданий и сооружений (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 теплообменного 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 (MathCad, AutoCad, PHOENICS)

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 2 зачетных единицы, 72 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	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Решение задач на энергетические балансы экспериментальных систем</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 33-54</p>		
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;	8		-	2	3	-	-	-	-	-	-	3		-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], 23-46</p>
2.1	Оценка точности проведенного исследования, методы повышения точности эксперимента. Расчет погрешностей;	8		-	2	3	-	-	-	-	-	-	3		-	
3	Обработка результатов эксперимента. Методы определения	9		-	3	2	-	-	-	-	-	-	4		-	

	основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах												[1], 76-89
3.1	Обработка результатов эксперимента. Методы определение основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах	9	-	3	2	-	-	-	-	-	4	-	
4	Измерение рабочих параметров системы отопления здания	10	-	3	3	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Измерение рабочих параметров системы отопления здания	10	-	3	3	-	-	-	-	-	4	-	[2], 112-125
5	Измерение рабочих параметров систем вентиляции и центрального кондиционирования здания	10	-	3	3	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
5.1	Измерение рабочих параметров систем вентиляции и центрального кондиционирования здания	10	-	3	3	-	-	-	-	-	4	-	[2], 56-65
6	Измерение рабочих параметров инженерных систем	10	-	3	3	-	-	-	-	-	4	-	<u>Проведение эксперимента:</u> Исследование работы насосного оборудования <u>Изучение материалов литературных</u>

	зданий												<i><b>источников:</b></i>
6.1	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий	10	-	3	3	-	-	-	-	-	4	-	[2], 77-87
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>	-	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>22</b>	<b>17.7</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>	-	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>39.7</b>			

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

3.1. 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..

#### 4. Измерение рабочих параметров системы отопления здания

4.1. Измерение рабочих параметров системы отопления здания

Основные схемы систем отопления зданий. Измерение рабочих параметров и расчет характеристик по измеренным данным для различных схем. Алгоритм работы систем отопления и теплоснабжения..

#### 5. Измерение рабочих параметров систем вентиляции и центрального кондиционирования здания

5.1. Измерение рабочих параметров систем вентиляции и центрального кондиционирования здания

Основные схемы систем вентиляции. Измерение рабочих параметров и расчет характеристик по измеренным данным для различных схем. Алгоритм работы систем вентиляции и кондиционирования..

#### 6. Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий

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

### **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**

### **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	
<b>Знать:</b>								
теорию оценки погрешности эксперимента	ИД-1ПК-1		+	+				Интервью/КМ-1 Интервью/КМ-2
основные методы проведения теплотехнических исследований для инженерных систем	ИД-1ПК-1	+			+	+	+	Интервью/КМ-3
<b>Уметь:</b>								
применять теоретические знания инженерных систем при обработке результатов экспериментов	ИД-1ПК-1					+	+	Интервью/КМ-3
прогнозировать результаты экспериментов	ИД-1ПК-1		+	+				Интервью/КМ-1 Интервью/КМ-2
корректно поставить эксперимент и оценить достоверность данных для инженерных систем	ИД-1ПК-1	+			+			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**

*Зачет с оценкой (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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
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](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 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-407, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	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****Эксплуатационные испытания инженерных систем**

(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 – Зачет с оценкой.**

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	Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах				
3.1	Обработка результатов эксперимента. Методы определения основных характеристик теплообменного оборудования по косвенным показателям на примерах		+	+	
4	Измерение рабочих параметров системы отопления здания				
4.1	Измерение рабочих параметров системы отопления здания		+		+
5	Измерение рабочих параметров систем вентиляции и центрального кондиционирования здания				
5.1	Измерение рабочих параметров систем вентиляции и центрального кондиционирования здания				+
6	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий				
6.1	Измерение рабочих параметров инженерных систем зданий				+
Вес КМ, %:			33	33	34