

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

<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.09.06</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 77,5 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>Лабораторная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b> <b>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	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	Пурдин М.С.
	Идентификатор	R73e8cc57-PurdinMS-97ce3ae5

М.С. Пурдин

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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов и средств инженерных исследований процессов в теплообменных установках.

### Задачи дисциплины

- освоение навыков обработки результаты проведенных инженерных исследований, оценивать точность и достоверность имеющихся прямых и косвенных измерений;
- освоение математических приёмов анализа и обработки результатов исследований;
- изучение техники измерения физических величин, приборов и оборудования для проведения физических измерений;
- освоение навыков планирования экспериментальных исследований, навыков подбора и расчета оборудования для проведения исследований.

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-3 Способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в системах энергообеспечения промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы с оценкой их энергетической, экономической и экологической эффективности	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Принимает участие в составление энергетических паспортов и разработке программ энергосбережения объектов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- терминологию в области методов проведения экспериментальных исследований и методы обработки данных, полученных в результате исследований, понятие о методах и видах аналогий, используемых при постановке и проведении теплофизических экспериментов;</li><li>- подходы и средства для постановки теплотехнических экспериментов, основные виды математического планирования экспериментов, технические параметры оборудования, технику измерений, виды, методы и средства измерений, нормативную документацию в области проведения теплотехнических экспериментов;</li><li>- математические приёмы анализа результатов эксперимента.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- планировать проведение исследований, определять наиболее выгодные условия проведения исследований, определять погрешности экспериментальных результатов, обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты.</li></ul>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать метрологии и теплотехнических измерений
- знать законы теплообмена
- знать источники и системы теплоснабжения
- знать основы трансформации тепла и процессов охлаждения
- знать аппараты и процессы отопления, вентиляции и кондиционирования

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	Приемы анализа результатов исследования	72	7	20	-	20	-	-	-	-	-	32	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Обработка результатов лабораторной работы «Электротепловая аналогия»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 6–8, 9–23, 24–27, 28–52, 53–69 [2], 17–19, 20–34, 51–86, 158–165, 218–245</p>
1.1	Методы теплотехнических исследований	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Определение погрешностей результатов экспериментов	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.3	Применение методов аналогий	18		4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	
1.4	Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.5	Фурье анализ	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
2	Приемы постановки исследования	36	7	12	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Приемы постановки исследования и подготовка к контрольной работе Тест №1 «Методы инженерных исследований»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 1 - 392 [4], 7 - 15</p>
2.1	Математическое планирование экспериментов	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Технические измерительные средства	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Нормативная документация	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	

	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	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. Приемы анализа результатов исследования

#### 1.1. Методы теплотехнических исследований

Методы теплотехнических исследований. Цель работы в области техники. Выявление объективных закономерностей, определяющих протекание процессов в аппаратах, изучение физических и физико-химических явлений, из которых состоят эти процессы, эффективно использовать полученные результаты для создания разрабатываемой конструкции, оптимальной с точки зрения экономичности, металлоёмкости, ресурса эксплуатации, или какого-либо другого важного качества..

#### 1.2. Определение погрешностей результатов экспериментов

Общие сведения о погрешностях эксперимента. Показатели точности и формы представления результатов эксперимента. Оценка погрешности прямых измерений. Оценка погрешности определения величин-функций. Определение наивыгоднейших условий эксперимента..

#### 1.3. Применение методов аналогий

Понятие о методе и виды аналогий, используемых в научных исследованиях. Применение методов аналогий в постановке экспериментов. Электротепловая аналогия. Электрогидравлическая аналогия..

#### 1.4. Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента

Критерии оценки результатов экспериментов. Математическая обработка результатов эксперимента. Графический анализ. Статистические гипотезы и их проверка. Дисперсионный и регрессионный анализы..

#### 1.5. Фурье анализ

Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Следствие из теоремы Котельникова. Комплексный вид гармонического ряда. Оконное преобразование Фурье..

### 2. Приемы постановки исследования

#### 2.1. Математическое планирование экспериментов

Основные понятия и виды планов. Рациональное планирование. Планирование первого порядка. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Планирование второго порядка. Планирование экстремальных экспериментов. Метод крутой восхождения..

#### 2.2. Технические измерительные средства

Измерение давления и вакуума. Измерение температур. Особенности измерения температуры высокоскоростного газового потока. Особенности измерения быстроменяющейся температуры. Измерение скорости и расхода жидкости и газа. Измерение скорости потока термоанемометром..

#### 2.3. Нормативная документация

Обзор современной нормативной документации, регламентирующей постановку и проведение экспериментов, точность приборов..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Нормативная документация;
2. Технические измерительные средства;
3. Математическое планирование экспериментов;
4. Фурье анализ;
5. Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента;
6. Применение методов аналогий;
7. Определение погрешностей результатов экспериментов;
8. Методы теплотехнических исследований.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по темам раздела "Приемы анализа результатов исследования"
2. Обсуждение материалов по темам раздела "Приемы постановки исследования"

### **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	
<b>Знать:</b>				
математические приёмы анализа результатов эксперимента	ИД-3ПК-3	+		Расчетно-графическая работа/РГР, часть 2, «Анализ результатов экспериментов»
подходы и средства для постановки теплотехнических экспериментов, основные виды математического планирования экспериментов, технические параметры оборудования, технику измерений, виды, методы и средства измерений, нормативную документацию в области проведения теплотехнических экспериментов	ИД-3ПК-3		+	Тестирование/Тест №1 «Методы инженерных исследований»
терминологию в области методов проведения экспериментальных исследований и методы обработки данных, полученных в результате исследований, понятие о методах и видах аналогий, используемых при постановке и проведении теплофизических экспериментов	ИД-3ПК-3	+		Расчетно-графическая работа/РГР, часть 1, «Обработка результатов экспериментов»
<b>Уметь:</b>				
планировать проведение исследований, определять наивыгоднейшие условия проведения исследований, определять погрешности экспериментальных результатов, обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты	ИД-3ПК-3	+		Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 «Электротепловая аналогия»

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест №1 «Методы инженерных исследований» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Лабораторная работа №1 «Электротепловая аналогия» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. РГР, часть 1, «Обработка результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)
2. РГР, часть 2, «Анализ результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Обработка и обобщение экспериментальных данных : учебное пособие по курсу "Методы инженерных исследований" направления 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / М. Ю. Юркина, М. С. Пурдин, И. В. Сынков, О. Е. Прун, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. М. Ю. Юркина . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 72 с. - Авторы указаны на обороте тит. л. - ISBN 978-5-7046-2166-9 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10910>;

2. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Б. А. Семенов . – 2-е изд., доп. – СПб. : Лань-Пресс, 2013 . – 400 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1392-8 .;

3. Чистяков, С. Ф. Теплотехнические измерения и приборы : Учебное пособие для теплоэнергетических специальностей вузов / С. Ф. Чистяков, Д. В. Радун . – М. : Высшая школа, 1972 . – 392 с.;

4. А. А. Попов- "Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2013 - (296 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436033>.

## 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-406, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
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 промежуточной аттестации	Г-406, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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

## Методы инженерных исследований

(название дисциплины)

## 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Лабораторная работа №1 «Электротепловая аналогия» (Лабораторная работа)  
 КМ-2 РГР, часть 1, «Обработка результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-3 РГР, часть 2, «Анализ результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-4 Тест №1 «Методы инженерных исследований» (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Приемы анализа результатов исследования					
1.1	Методы теплотехнических исследований		+	+		
1.2	Определение погрешностей результатов экспериментов		+	+		
1.3	Применение методов аналогий		+	+		
1.4	Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента				+	
1.5	Фурье анализ				+	
2	Приемы постановки исследования					
2.1	Математическое планирование экспериментов					+
2.2	Технические измерительные средства					+
2.3	Нормативная документация					+
Вес КМ, %:			20	25	25	30