

**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: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ИНЖЕНЕРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 2;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	72 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 39,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет</b>	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Скворцов В.С.
	Идентификатор	Rc47a0b19-SkvortsovVS-16c8cf74

(подпись)

В.С. Скворцов

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение научных представлений и сведений о современных методах экспериментальных исследований, обеспечивающих наиболее эффективное решение широкого круга прикладных научно-исследовательских задач.

### Задачи дисциплины

- ознакомление с теорией подобия физических процессов и основами физического моделирования;;
- овладение методами математического моделирования в экспериментальных исследованиях и планирования эксперимента;;
- изучение средств и методов измерений и экспериментальных исследованиях;;
- изучение метода планирования эксперимента при поиске оптимальных условий.

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
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Формулирует цели и задачи исследования	знать: - основы статистической оценки погрешности математических моделей.  уметь: - использовать метод анализа размерностей в экспериментальных исследованиях.
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Определяет последовательность решения задач	знать: - принципы создания физических и математических моделей.  уметь: - выполнять регрессионный анализ при постановке многофакторных экспериментов.
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Формулирует критерии принятия решения	знать: - методы планирования эксперимента при поиске оптимальных условий.  уметь: - применять на практике математический аппарат для расчетного анализа показателей математических моделей.
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Выбирает необходимый метод исследования для решения поставленной задачи	знать: - основы математического моделирования, общие принципы и методики регрессионного анализа.  уметь: - применять на практике научные основы физического моделирования.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Проводит анализ полученных результатов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы математического анализа для разработки алгоритмов обработки экспериментальных данных.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать погрешность и неопределенность измерений.</li> </ul>
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Представляет результаты выполненной работы	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории вероятностей для анализа достоверности получаемых результатов эксперимента.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять на практике статистическую оценку погрешности при анализе результатов расчета математической модели.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Понятие подобия физических процессов	8	2	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 11-24
1.1	Теория подобия физических процессов и основы физического моделирования	8		1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
2	Понятие теории размерностей	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 24-30
2.1	Метод анализа размерностей	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3	Средства измерений в экспериментальных исследованиях	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 35-56
3.1	Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
4	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	8		1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 63-111
4.1	Статистическая обработка результатов эксперимента	8		1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
5	Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 119-180

5.1	Основные принципы математического моделирования эксперимента	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6	Основы планирования эксперимента	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 117 - 160
6.1	Особенности планирования и обработки результатов эксперимента при моделировании процессов теплообмена	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7	Методы выделения существенных факторов	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
7.1	Дисперсионный анализ и область его применения	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
8	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий	15.7	4	-	4	-	-	-	-	-	7.7	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 220-243
8.1	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий	15.7	4	-	4	-	-	-	-	-	7.7	-	
	Зачет	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	72.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	39.7	-	
	Итого за семестр	72.0	16	-	16	-	-	-	-	0.3	39.7	-	

**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. Понятие подобия физических процессов

#### 1.1. Теория подобия физических процессов и основы физического моделирования

Принципы создания физических и математических моделей. Метод аналогий, Формализация объектов исследования. Основные понятия теории подобия физических явлений. Критерии подобия в теплотехнике для обобщенного описания сложных процессов теплообмена. Научные основы физического моделирования..

### 2. Понятие теории размерностей

#### 2.1. Метод анализа размерностей

Понятие о безразмерных величинах. Понятие о зависимых и независимых размерностях. Образование безразмерных комплексов методом анализа размерностей. Практическое использование метода анализа размерностей в экспериментальных исследованиях..

### 3. Средства измерений в экспериментальных исследованиях

#### 3.1. Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях

Метрологические характеристики средств измерений. Погрешности средств измерений и их нормирование. Основы планирования точности измерений при подготовке эксперимента. Сложение погрешностей. Оценка погрешности косвенных измерений..

### 4. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики

#### 4.1. Статистическая обработка результатов эксперимента

Понятие о случайном характере погрешности результата измерений. Случайные величины, интегральные и дифференциальные функции распределения вероятностей. Законы распределения случайных функций, используемых при статистической обработке результатов эксперимента. Методы определения числовых характеристик случайных величин..

### 5. Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях

#### 5.1. Основные принципы математического моделирования эксперимента

Общие принципы и методика регрессионного анализа. Регрессионный анализ и ортогональное планирование первого порядка при постановке многофакторных экспериментов. Типы математических моделей. Использование метода ортогонального планирования первого порядка при аппроксимировании нелинейными функциями..

### 6. Основы планирования эксперимента

#### 6.1. Особенности планирования и обработки результатов эксперимента при моделировании процессов теплообмена

Статистическая оценка погрешности математических моделей. Общие требования к плану эксперимента. Критерии оптимальности планов. Оптимальные планы дробно-факторного эксперимента..

### 7. Методы выделения существенных факторов

#### 7.1. Дисперсионный анализ и область его применения

Особенности многофакторного дисперсионного анализа. Метод случайного баланса..

### 8. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий

8.1. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий

Особенности экстремального эксперимента. Градиентные методы движения к оптимуму..

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

1. Теория подобия физических процессов и основы физического моделирования;
2. Методы анализа размерностей;
3. Средства измерений в экспериментальных исследованиях;
4. Статистическая обработка результатов эксперимента;
5. Основные принципы математического моделирования эксперимента;
6. Особенности планирования и обработки результатов эксперимента при моделировании процессов теплообмена;
7. Дисперсионный анализ и область его применения;
8. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Понятие подобия физических процессов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Понятие теории размерностей"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Средства измерений в экспериментальных исследованиях"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия теории вероятностей и математической статистики"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы планирования эксперимента"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы выделения существенных факторов"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий"

### **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		
<b>Знать:</b>											
основы статистической оценки погрешности математических моделей	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>	+									Тестирование/Тест «Основы теории подобия физических процессов»
принципы создания физических и математических моделей	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>	+									Тестирование/Тест «Основы теории подобия физических процессов»
методы планирования эксперимента при поиске оптимальных условий	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub>									+	Тестирование/Тест "Общие требования к плану эксперимента"
основы математического моделирования, общие принципы и методики регрессионного анализа	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>						+				Тестирование/Тест "Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях"
основы математического анализа для разработки алгоритмов обработки экспериментальных данных	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>								+	+	Тестирование/Тест "Общие требования к плану эксперимента"
основы теории вероятностей для анализа достоверности получаемых результатов эксперимента	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub>					+					Тестирование/Тест "Основы понятия теории вероятностей и математической статистики"
<b>Уметь:</b>											
использовать метод анализа размерностей в экспериментальных исследованиях	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>		+								Тестирование/Тест "Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях"
выполнять регрессионный анализ при постановке многофакторных экспериментов	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>									+	Тестирование/Тест "Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях"
применять на практике математический аппарат для расчетного анализа показателей математических моделей	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub>									+	Тестирование/Тест "Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях"
применять на практике научные основы физического моделирования	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+							+		Тестирование/Тест "Общие требования к плану эксперимента"

оценивать погрешность и неопределенность измерений	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>			+					Тестирование/Тест "Общие требования к плану эксперимента"
применять на практике статистическую оценку погрешности при анализе результатов расчета математической модели	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub>				+				Тестирование/Тест "Основы понятия теории вероятностей и математической статистики"

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест "Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях" (Тестирование)
2. Тест "Общие требования к плану эксперимента" (Тестирование)
3. Тест "Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях" (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест "Основы понятия теории вероятностей и математической статистики" (Тестирование)
2. Тест «Основы теории подобия физических процессов» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет (Семестр №2)*

Для проставления итоговой оценки используются только результаты промежуточной аттестации

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

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

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

1. Теория и техника теплофизического эксперимента : учебное пособие для инженерно-физич. и энергомашиностроительных специальностей / Ю. Ф. Гортышов, [и др.] ; ред. В. К. Щукин . – М. : Энергоатомиздат, 1985 . – 360 с.;
2. Семенов Б. А.- "Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях", (2-е изд., доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (400 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/211124>.

### **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.

### 5.3 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. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
8. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opensdata>
9. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
10. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
11. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	З-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
	С-102/2, Лаборатория кафедры ПТС	рабочее место сотрудника, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Г-408, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-405, 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-204, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стеллаж, стол преподавателя, стол для оргтехники, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-206, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стул, шкаф для документов, стол письменный, кондиционер, дипломные и курсовые работы студентов

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Теория и практика инженерного исследования**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Тест «Основы теории подобия физических процессов» (Тестирование)  
 КМ-2 Тест "Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях" (Тестирование)  
 КМ-3 Тест "Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях"  
 (Тестирование)  
 КМ-4 Тест "Общие требования к плану эксперимента" (Тестирование)  
 КМ-5 Тест "Основы понятия теории вероятностей и математической статистики" (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14
1	Понятие подобия физических процессов						
1.1	Теория подобия физических процессов и основы физического моделирования		+			+	
2	Понятие теории размерностей						
2.1	Метод анализа размерностей			+			
3	Средства измерений в экспериментальных исследованиях						
3.1	Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях					+	
4	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики						
4.1	Статистическая обработка результатов эксперимента						+
5	Математическое моделирование в экспериментальных исследованиях						
5.1	Основные принципы математического моделирования эксперимента				+		
6	Основы планирования эксперимента						
6.1	Особенности планирования и обработки результатов эксперимента при моделировании процессов теплообмена					+	
7	Методы выделения существенных факторов						

7.1	Дисперсионный анализ и область его применения			+	+	
8	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий					
8.1	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий			+	+	
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20