

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	5 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 43,7 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>Контрольная работа</b> <b>Отчет</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	5 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Устюжанин Е.Е.
	Идентификатор	R19c063b5-UstiuzhaninYY-41c1a74

(подпись)

Е.Е. Устюжанин

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение методов экспериментального исследования основных теплофизических свойств веществ.

### Задачи дисциплины

- изучение обучающимися физических и методологических основ измерений;  
формирование системы знаний: а) о методах экспериментального исследования основных теплофизических свойств, б) об оценке неопределенности экспериментальных данных;  
освоение известных экспериментальных методов для получения необходимой информации о базовых свойствах (температура, давление, теплопроводность и пр.) веществ..

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 проводить базовыми методами экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-1ПК-1 Владеет современными экспериментальными методами определения основных теплофизических величин	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- научные основы методов измерения ряда теплофизических свойств веществ (термоэлектрические явления, теория излучения абсолютно черного тела, введение поправок и методы их расчета);</li><li>- правила описания случайной погрешности экспериментальных данных на примере нормального распределения случайной величины;</li><li>- правила оценки неопределенности результата прямого измерения физической величины;</li><li>- правила оценки неопределенности результата косвенного измерения с учетом коррелятивных связей между параметрами;;</li><li>- правила описания приборной погрешности на основе равномерного распределения случайной величины;</li><li>- основы проектирования вакуумных систем.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- проводить измерение температуры в условиях быстроменяющихся параметров, оценивать влияние запаздывания сигнала термодатчика на показания прибора;</li><li>- измерять расход жидкости и газа с использованием различных расходомеров;</li><li>- пользоваться нормативными документами, ГОСТами, рекомендациями;</li><li>- измерять температуру с помощью</li></ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		заданных термодатчиков, в том числе: термopара, терморезистор, цифровой термометр; выполнять градуировку термоэлектрических термометров; - измерять давление с помощью различных датчиков (грузопоршневой манометр, пружинный манометр, манометр МИДА); выполнять поверку пружинного манометра и манометра МИДА с помощью грузопоршневого манометра.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Выполнение лабораторных работ и практических занятий по ЭМ И	30	5	4	-	16	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"</p> <p><b><u>Проведение исследований:</u></b> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для</p>	
1.1	КМ-1. Контрольная работа №1. Равномерное распределение случайной величины.	5		-	-	3	-	-	-	-	-	-	2		-
1.2	КМ-2. Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной величины.	5		-	-	3	-	-	-	-	-	-	2		-
1.3	КМ-3. Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения.	8		2	-	4	-	-	-	-	-	-	2		-
1.4	КМ-4. Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности	8		2	-	4	-	-	-	-	-	-	2		-
1.5	Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами.	4		-	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-



														<p>по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 15-38 [4], стр. 50-74 [5], стр. 5-45</p>
2	Лабораторные работы и практические занятия и по курсу ЭМИ	44	20	16	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Защита лабораторной работы №4</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Защита лабораторной работы №3</p>	
2.1	Защита лабораторной работы №1	10	4	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Защита лабораторной работы №2</p>	
2.2	Защита лабораторной	14	8	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b></p>	





### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Выполнение лабораторных работ и практических занятий по ЭМИ

1.1. КМ-1. Контрольная работа №1. Равномерное распределение случайной величины. Обзор формулировок, связанных с методом измерения физического свойства.

1.2. КМ-2. Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной величины. Анализ теплофизические свойств веществ применительно к теплотехнике..

1.3. КМ-3. Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения. Многократные измерения.

1.4. КМ-4. Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности Косвенные измерения.

1.5. Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами.  
Неопределенности косвенного измерения.

#### 2. Лабораторные работы и практические занятия и по курсу ЭМИ

2.1. Защита лабораторной работы №2.

Термоэлектрический эффект при компоновке контура с несколькими электродами. Методы измерения термо-ЭДС..

2.2. Защита лабораторной работы №1

Методы измерения расхода жидкости и газа.

2.3. Защита лабораторной работы №3

Методы измерения давления.

2.4. Защита лабораторной работы №4

Методы измерения температуры в нестационарных условиях.

#### 3. Расчетное задание по ЭМИ

3.1. Защита расчетного задания. Часть 1.

Примеры средств измерения. Способы создания условий со средним и высоким давлениями. Блоки, входящие в систему высокого давления (пьезометры, мультипликаторы, термокомпрессоры, разделительные устройства)..

3.2. Защита расчетного задания. Часть 2.

Примеры средств измерения применительно к условиям вакуума в рабочем объеме..

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

1. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами.;
2. Косвенные измерения. Оценка Погрешности.;
3. Прямые многократные измерения.;

4. нормальное распределение случайной величины;
5. равномерное распределение случайной величины.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. методы измерения расхода;
2. методы измерения давления;
3. методы измерения температуры в нестационарных условиях;
4. методы измерения температуры.

### **3.5 Консультации**

#### *Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)*

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Методы измерения температуры"

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

1. Консультации проводятся по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы измерения температуры"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы измерения температуры"

### **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	
<b>Знать:</b>					
основы проектирования вакуумных систем	ИД-1ПК-1		+		Отчет/КМ-9. Защита лабораторной работы № 4.
правила описания приборной погрешности на основе равномерного распределения случайной величины	ИД-1ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1. Равномерное распределение случайной величины
правила оценки неопределенности результата косвенного измерения с учетом коррелятивных связей между параметрами;	ИД-1ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения
правила оценки неопределенности результата прямого измерения физической величины	ИД-1ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности
правила описания случайной погрешности экспериментальных данных на примере нормального распределения случайной величины	ИД-1ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной величины
научные основы методов измерения ряда теплофизических свойств веществ (термоэлектрические явления, теория излучения абсолютно черного тела, введение поправок и методы их расчета)	ИД-1ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами
<b>Уметь:</b>					
измерять давление с помощью различных датчиков (грузопоршневой манометр, пружинный манометр, манометр МИДА); выполнять поверку пружинного манометра и манометра МИДА с помощью грузопоршневого манометра	ИД-1ПК-1		+		Отчет/КМ-8. Защита лабораторной работы № 3.
измерять температуру с помощью заданных термодатчиков, в том числе: термопара, терморезистор, цифровой термометр;	ИД-1ПК-1		+		Отчет/КМ-7. Защита лабораторной работы № 2

выполнять градуировку термоэлектрических термометров					
пользоваться нормативными документами, ГОСТами, рекомендациями	ИД-1ПК-1			+	Отчет/КМ-10. Защита расчетного задания. Часть 1.
измерять расход жидкости и газа с использованием различных расходомеров	ИД-1ПК-1			+	Отчет/КМ-11. Защита расчетного задания. Часть 2.
проводить измерение температуры в условиях быстроменяющихся параметров, оценивать влияние запаздывания сигнала термодатчика на показания прибора	ИД-1ПК-1		+		Отчет/Защита лабораторной работы №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**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной величины (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения (Контрольная работа)

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-11. Защита расчетного задания. Часть 2. (Отчет)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Отчет)
2. КМ-10. Защита расчетного задания. Часть 1. (Отчет)
3. КМ-8. Защита лабораторной работы № 3. (Отчет)
4. КМ-9. Защита лабораторной работы № 4. (Отчет)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-7. Защита лабораторной работы № 2 (Отчет)
2. Контрольная работа №1. Равномерное распределение случайной величины (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

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

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

1. Крылова, Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии : Учебник для вузов / Г. Д. Крылова . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юнити, 1999 . – 711 с. - ISBN 5-238-00106-1 : 143.00 .;
2. Приборы для измерения температуры контактным способом : Справочник / общ. ред. Р. В. Бычковский . – Львов : Вища школа, 1979 . – 208 с.;
3. Мулев, Ю. В. Манометры / Ю. В. Мулев . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 280 с. - ISBN 5-7046-0934-1 .;

4. Преображенский, В. П. Теплотехнические измерения и приборы : Учебник для специальности "Автоматизация теплоэнергетических процессов" / В. П. Преображенский, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 3-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1978 . – 704 с.;
5. Стриженов Е. М., Шакуров А. В., Кротов А. С., Пушкарев А. В. - "Практические основы термометрии", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2020 - (76 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/205694>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Acrobat Reader;
2. SmathStudio.

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

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-410, Учебно-научная лаборатория техники теплофизического эксперимента	стол преподавателя, стол учебный, стул, оборудование учебное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	А-110, Вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	Т-207а, Кабинет сотрудников	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Экспериментальные методы исследования

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Контрольная работа №1. Равномерное распределение случайной величины (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной величины (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №1 (Отчет)
- КМ-7 КМ-7. Защита лабораторной работы № 2 (Отчет)
- КМ-8 КМ-8. Защита лабораторной работы № 3. (Отчет)
- КМ-9 КМ-9. Защита лабораторной работы № 4. (Отчет)
- КМ-10 КМ-10. Защита расчетного задания. Часть 1. (Отчет)
- КМ-11 КМ-11. Защита расчетного задания. Часть 2. (Отчет)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс с КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10	КМ -11
		Неделя КМ:	3	5	9	11	13	14	14	14	14	16	16
1	Выполнение лабораторных работ и практических занятий по ЭМ И												
1.1	КМ-1. Контрольная работа №1. Равномерное распределение случайной величины.		+										
1.2	КМ-2. Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной			+									



	величины.											
1.3	КМ-3. Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения.			+								
1.4	КМ-4. Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности				+							
1.5	Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами.					+						
2	Лабораторные работы и практические занятия и по курсу ЭМИ											
2.1	Защита лабораторной работы №1						+					
2.2	Защита лабораторной работы №2.							+				
2.3	Защита лабораторной работы №3								+			
2.4	Защита лабораторной работы №4									+		
3	Расчетное задание по ЭМИ											
3.1	Защита расчетного задания. Часть 1.										+	
3.2	Защита расчетного задания. Часть 2.											+
Вес КМ, %:		5	5	5	5	10	10	10	10	10	15	15