

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: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

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

Е.Е. Устюжанин


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

Г.Г. Яньков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

Д.Н. Герасимов

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
ОПК-5 Владеет современным измерительным оборудованием и метрологическими навыками в области ядерной энергетики и теплофизики	ИД-1 _{ОПК-5} Знает и умеет использовать измерительные методики в области ядерной энергетики и теплофизики	знать: - основы проектирования вакуумных систем; - научные основы методов измерения ряда теплофизических свойств веществ (термоэлектрические явления, теория излучения абсолютно черного тела, введение поправок и методы их расчета); - правила описания приборной погрешности на основе равномерного распределения случайной величины; - правила описания случайной погрешности экспериментальных данных на примере нормального распределения случайной величины; - правила оценки неопределенности результата прямого измерения физической величины; - правила оценки неопределенности результата косвенного измерения с учетом коррелятивных связей между параметрами; уметь: - пользоваться нормативными документами, ГОСТами, рекомендациями.
ОПК-5 Владеет современным измерительным оборудованием и метрологическими навыками в области ядерной энергетики и теплофизики	ИД-2 _{ОПК-5} Владеет современными средствами измерений в области ядерной энергетики и теплофизики	уметь: - измерять расход жидкости и газа с использованием различных расходомеров; - проводить измерение температуры в условиях быстроменяющихся параметров, оценивать влияние запаздывания сигнала термодатчика на показания прибора;

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика (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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> 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><u>Подготовка курсового проекта:</u> 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><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы и средства измерений. Оценка неопределенности экспериментальных данных"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> 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><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Защита лабораторной работы №4</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Защита лабораторной работы №3</p>		
2.1	Защита лабораторной работы №1	10	4	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Защита лабораторной работы №2</p>		
2.2	Защита лабораторной	14	8	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></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. равномерное распределение случайной величины;
2. нормальное распределение случайной величины;
3. Прямые многократные измерения.;
4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности.;

5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами..

3.4. Темы лабораторных работ

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

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	
Знать:					
правила оценки неопределенности результата косвенного измерения с учетом коррелятивных связей между параметрами;	ИД-1опк-5	+			Контрольная работа/Контрольная работа №3. Прямые многократные измерения
правила оценки неопределенности результата прямого измерения физической величины	ИД-1опк-5	+			Контрольная работа/Контрольная работа №4. Косвенные измерения. Оценка Погрешности
правила описания случайной погрешности экспериментальных данных на примере нормального распределения случайной величины	ИД-1опк-5	+			Контрольная работа/Контрольная работа №2. Нормальное распределение случайной величины
правила описания приборной погрешности на основе равномерного распределения случайной величины	ИД-1опк-5	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1. Равномерное 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-1опк-5	+			Контрольная работа/Контрольная работа №5. Оценка неопределенности косвенного измерения с учетом корреляции между параметрами
основы проектирования вакуумных систем	ИД-1опк-5		+		Отчет/КМ-9. Защита лабораторной работы № 4.
Уметь:					
пользоваться нормативными документами, ГОСТами, рекомендациями	ИД-1опк-5			+	Отчет/КМ-10. Защита расчетного задания. Часть 1.
измерять давление с помощью различных датчиков (грузопоршневой манометр, пружинный манометр, манометр МИДА); выполнять поверку пружинного манометра и манометра МИДА с помощью грузопоршневого манометра	ИД-2опк-5		+		Отчет/КМ-8. Защита лабораторной работы № 3.

измерять температуру с помощью заданных термодатчиков, в том числе: термопара, терморезистор, цифровой термометр; выполнять градуировку термоэлектрических термометров	ИД-2 _{ОПК-5}		+		Отчет/КМ-7. Защита лабораторной работы № 2
проводить измерение температуры в условиях быстроменяющихся параметров, оценивать влияние запаздывания сигнала термодатчика на показания прибора	ИД-2 _{ОПК-5}		+		Отчет/Защита лабораторной работы №1
измерять расход жидкости и газа с использованием различных расходомеров	ИД-2 _{ОПК-5}			+	Отчет/КМ-11. Защита расчетного задания. Часть 2.

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. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 671 с. – ISBN 5-238-00524-5.;
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
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	Н-201, Лекционная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, доска меловая, микрофон, мультимедийный проектор, экран, колонки, оборудование специализированное, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
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	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для	Т-205, Учебная	стол преподавателя, стол учебный, стул,

консультирования	аудитория	шкаф, доска маркерная
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	14	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