

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: Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.03.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	8 семестр - 8 часов;
Практические занятия	8 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	8 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крутских В.В.
	Идентификатор	R49539849-KrutskikhVV-f1575360

В.В. Крутских

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хомченко Н.В.
	Идентификатор	Rfd1b9495-KhomchenkoNV-644530

Н.В. Хомченко

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. Гаряев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение метрологии и электроизмерительной техники для последующего применения в практической деятельности

Задачи дисциплины

- изучение основ метрологии, методов оценки погрешностей измерений;
- знакомство с наиболее используемыми средствами измерений, их сравнительную оценку, достоинства и недостатки;
- освоение средств измерений с оптимальными метрологическими характеристиками при решении конкретных технических задач;
- формирование у обучающихся представления об основных принципах и закономерностях межкультурного общения на иностранном языке, развитие готовности к восприятию культурологической информации с последующей ее интерпретацией в русле профессиональных задач (когнитивный аспект).

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-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 _{ОПК-6} Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	знать: - общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых и цифровых электроизмерительных устройств; - методы и особенности измерения электрических и неэлектрических физических величин. уметь: - эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками; - производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Электротехнику и электроснабжение
- знать Физику
- знать Теорию вероятностей и математическую статистику

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	Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений	36.80	8	2	-	1.0	-	0.50	-	0.30	-	33	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчёт погрешностей прямых измерений методом наихудшего случая (МНС). Расчёт погрешностей косвенных измерений методом наихудшего случая (МНС)</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение лекционных материалов. Изучение дополнительных методических материалов</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 8-41 [3], стр. 12-15 [4], стр. 20-139</p>	
1.1	Общие понятия метрологии. Термины и определения	16.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	15	-		
1.2	Погрешности измерений	19.90		1	-	0.5	-	0.25	-	0.15	-	18	-		
2	Измерения электрических физических величин	22.8		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	19	-		<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Выполнение индивидуальной или бригадной работы по изучению назначенной группы СИ</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение лекционных материалов. Изучение дополнительных методических материалов</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 123-139 [2], стр. 29-42 [4], стр. 140-193</p>
2.1	Измерения электрических физических величин	22.8		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	19	-		
3	Методы измерений неэлектрических величин, часть 1	24.3		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	20.5	-		

3.1	Методы измерений неэлектрических величин	24.3		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	20.5	-	области методов измерений <u>Подготовка доклада, выступления:</u> Подготовка доклада по индивидуальным темам <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 150-162
4	Измерение неэлектрических физических величин, часть 2	24.1		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	20.3	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительных материалов в области средств измерений
4.1	Методы измерений неэлектрических физических величин	24.1		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	20.3	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение лекционных материалов <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 25-29 [4], стр. 300-321
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	144.00		8	-	4.0	-	2.00	-	1.20	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.00		8	-	4.0	2.00	1.20	0.3	128.5				

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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 понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений

1.1. Общие понятия метрологии. Термины и определения

Информационно-измерительная техника как одна из ветвей информационной техники. Метрология – научная основа информационно-измерительной техники. Физическая величина. Единица физической величины. Значение физической величины. Измерение. Истинное и действительное значения физической величины. Точность измерения. Абсолютная и относительная погрешности измерения. Результат измерения. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Достоверность измерений. Возникновение и развитие единиц физических величин. Системы единиц. Система СИ. Дольные и кратные единицы физических величин. Относительные и логарифмические величины и единицы.

1.2. Погрешности измерений

Виды измерений: прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения. Методы измерений. Примеры методов измерений: нулевой метод, дифференциальный метод, метод замещения. Виды средств измерений: мера, измерительный преобразователь, измерительный прибор, измерительная установка, измерительная система. Классификация погрешностей по форме выражения: абсолютная и относительная погрешности. Классификация погрешностей по характеру проявления: систематическая, случайная (во времени или на множестве) и грубая погрешности. Примеры. Классификация погрешностей по причине возникновения: погрешность метода, погрешность взаимодействия, инструментальная погрешность, погрешность отсчитывания. Примеры. Классификация погрешностей меры, измерительного преобразователя и измерительного прибора по форме выражения: абсолютная, относительная и приведённая погрешности. Погрешности измерительного преобразователя по входу и по выходу. Примеры. Классификация погрешностей средств измерений по условиям эксплуатации: основная и дополнительные погрешности. Примеры. Классификация погрешностей средств измерений по виду зависимости от значения измеряемой величины: аддитивная погрешность, мультипликативная погрешность, погрешность линейности. Примеры. Классификация погрешностей средств измерений по виду зависимости от скорости изменения измеряемой величины: статическая и динамическая погрешности. Примеры. Характеристики погрешности как непрерывной случайной величины. Функция распределения. Функция плотности вероятности. Математическое ожидание. Дисперсия. Среднеквадратическое отклонение. Примеры законов распределения случайных погрешностей: закон равномерной плотности, закон Симпсона, закон Гаусса. Использование закона распределения случайной погрешности для определения доверительных интервалов и доверительных вероятностей. Суммирование независимых случайных величин. Понятие о центральной предельной теореме теории вероятностей. Назначение метрологических характеристик средств измерений. Классификация нормируемых метрологических характеристик. Метрологические характеристики для определения значения измеряемой величины: номинальное значение меры, номинальная функция преобразования измерительного преобразователя, цена деления или ступень квантования измерительного прибора. Примеры.

2. Измерения электрических физических величин

2.1. Измерения электрических физических величин

Отличительный признак аналоговых измерительных устройств. Классификация измерительных преобразователей. Классификация измерительных приборов. Измерительные преобразователи для электрических измерений: токовые шунты, делители напряжения, измерительные трансформаторы, усилители напряжения, преобразователи тока в

напряжение на основе операционных усилителей, преобразователи переменного напряжения в постоянное на основе операционных усилителей, выпрямительные преобразователи, амплитудные детекторы, измерительные механизмы, аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей. Структурные схемы аналоговых и цифровых электроизмерительных приборов. Приборы для измерения постоянного напряжения: аналоговые (магнитоэлектрические и электронные) и цифровые. Приборы для измерения переменного тока: аналоговые (выпрямительные, электромагнитные, электродинамические) и цифровые (в том числе с токовыми клещами). Измерение параметров цепей переменного тока. Последовательные и параллельные эквивалентные схемы объектов измерения. Использование мостов переменного тока и цифровых RLC-измерителей. Измерение активной и реактивной мощности и энергии. Исследование формы сигналов. Осциллографы.

3. Методы измерений неэлектрических величин, часть 1

3.1. Методы измерений неэлектрических величин

Измерительные преобразователи (ИП) неэлектрических величин. Преобразователи перемещения в сопротивление. Реостатные ИП, принцип действия и устройство. Емкостные ИП, принцип действия и устройство. Характеристики и измерительные цепи. Дифференциальные емкостные ИП, принцип действия и устройство, преобразователи емкости в напряжение, фазочувствительные выпрямители. Индуктивные ИП, принцип действия и устройство. Дифференциальные индуктивные ИП, принцип действия и устройство. Характеристики и измерительные цепи. Магнитоупругие ИП, принцип действия и устройство. Трансформаторные ИП, дифференциально-трансформаторные ИП, принцип действия и устройство. Характеристики и измерительные цепи. Индукционные ИП, принцип действия и устройство. Индукционные датчики расхода. Тензорезисторные ИП, принцип действия, устройство.

4. Измерение неэлектрических физических величин, часть 2

4.1. Методы измерений неэлектрических физических величин

Характеристики, измерительные цепи, тарировка. Мостовые схемы, расположение на объекте и включение, линейность и чувствительность. Измерители веса, давления, силы. Пьезоэлектрические и пьезорезонансные ИП, принцип действия и устройство. Характеристики, измерительные цепи, вторичные преобразователи. Измерители вибраций и акселерометры. Терморезистивные ИП, принцип действия и устройство. Характеристики и измерительные цепи. Двухпроводные усилители. Термоэлектрические ИП, принцип действия и устройство. Характеристики и измерительные цепи. Компенсация холодных концов, нормирование параметров. Измерения расхода, скорости и уровня жидкости. Тахометрические, электромагнитные, ультразвуковые и вихревые расходомеры.

3.3. Темы практических занятий

1. Основы метрологических расчетов. ч. 1 ;
2. Основы метрологических расчетов. ч. 2 ;
3. Оценивание погрешностей косвенных измерений. ч. 1 ;
4. Оценивание погрешностей прямых измерений. ;
5. Случайные погрешности измерений. ч. 2 ;
6. Случайные погрешности измерений. ч. 1 ;
7. Оценивание погрешностей косвенных измерений. ч. 2 .

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Повторение материала по основам метрологии
2. Повторение решения задач в рамках методов измерений
3. Рассмотрение сложных вопросов в рамках основ и методов измерений
4. Повторение материала в области средств измерений

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	
Знать:						
методы и особенности измерения электрических и неэлектрических физических величин	ИД-1 _{ОПК-6}		+			Тестирование/Измерения электрических физических величин
общую характеристику, принцип действия, конструкцию аналоговых и цифровых электроизмерительных устройств	ИД-1 _{ОПК-6}	+				Тестирование/Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений
Уметь:						
производить выбор средств измерений в зависимости от характеристик исследуемых величин	ИД-1 _{ОПК-6}			+		Контрольная работа/Типовое задание к теме прямые измерения
эксплуатировать средства измерений в соответствии с их назначением и техническими характеристиками	ИД-1 _{ОПК-6}				+	Контрольная работа/Типовое задание к теме косвенные измерения

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Измерения электрических физических величин (Тестирование)
2. Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Типовое задание к теме косвенные измерения (Контрольная работа)
2. Типовое задание к теме прямые измерения (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем : В 2 кн. Кн.1. : пер. с фр. / Ж. Аш . – М. : Мир, 1992 . – 480 с. - ISBN 5-03-001641-4 .;
2. Диденко, В. И. Основы метрологии: [в 2 ч.] : учебное пособие по курсу "Метрология, стандартизация и сертификация" по направлениям: 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника", 12.03.01 "Приборостроение", 27.03.04 "Управление в технических системах", 13.03.02 "Электроэнергетика и электроника" / В. И. Диденко, И. Н. Желбаков, Д. А. Чумаченко ; ред. В. И. Диденко ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . - ISBN 978-5-7046-2187-4 . Ч. 1 : Основные понятия метрологии / В. И. Диденко . – 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2190-4 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10876>;
3. Мазин В. Д.- "Датчики автоматических систем. Сборник задач", Издательство: "СПбГПУ", Санкт-Петербург, 2017 - (36 с.)
<https://e.lanbook.com/book/105481>;
4. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки в области техники и технологии / К. К. Ким, [и др.] . – СПб. : Питер, 2010 . – 368 с. – (Учебное пособие) . - ISBN 978-5-469-01090-6 ..

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).

5.3 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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
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	Ж-2006,	стол, стул, компьютер персональный,

консультирования	Конференц-зал ИДДО	кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология и информационно-измерительная техника

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений (Тестирование)
- КМ-2 Измерения электрических физических величин (Тестирование)
- КМ-3 Типовое задание к теме прямые измерения (Контрольная работа)
- КМ-4 Типовое задание к теме косвенные измерения (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений					
1.1	Общие понятия метрологии. Термины и определения		+			
1.2	Погрешности измерений		+			
2	Измерения электрических физических величин					
2.1	Измерения электрических физических величин			+		
3	Методы измерений неэлектрических величин, часть 1					
3.1	Методы измерений неэлектрических величин				+	
4	Измерение неэлектрических физических величин, часть 2					
4.1	Методы измерений неэлектрических физических величин					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25