

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: Цифровые двойники технических систем

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
МЕТРОЛОГИЯ, ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.23
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 14 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	6 семестр - 28 часа;
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 99,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецова А.В.
	Идентификатор	R6026d2de-KuznetsovaAV-f8fd309

А.В. Кузнецова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О. Киндра

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных понятий метрологии, принципов, методов и технических средств измерения основных теплотехнических величин

Задачи дисциплины

- освоение базовых понятий метрологии, методик оценки погрешности результатов измерений;
- освоение базовых методов и средств измерения теплотехнических величин;
- приобретение навыков анализа конкретных технических решений при последующем процессе проектирования, наладки и эксплуатации информационно-измерительных систем, обеспечивающих процессы управления теплотехническим оборудованием.

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: - принципы действия, устройство типовых измерительных приборов для измерения электрических и неэлектрических величин; - теоретические основы метрологии, основы обеспечения единства измерений; - методики расчета погрешностей средств измерений (СИ) и способы их устранения. уметь: - уметь определять параметры, влияющие на точность измерений; - осуществлять выбор методов и средств измерений для контроля состояния теплотехнического оборудования; - определять метрологические характеристики СИ, оценивать погрешности измерений; - измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Высшая математика, Информационные технологии, Химия, Физика, Электротехника и электроника, Гидрогазодинамика, Техническая термодинамика, Тепломассообмен

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	Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений	6	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений". Проработать лекции лекции по данной теме. Подготовиться к тесту по данному заданию</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 21 - 61</p>	
1.1	Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
2	Элементы теории погрешностей	16		2	4	-	-	-	-	-	-	10	-		<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Повторение материала по разделу "Элементы теории погрешностей". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 17 - 33 [4], 8-24</p>
2.1	Элементы теории погрешностей	16		2	4	-	-	-	-	-	-	10	-		
3	Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразовател	38		4	12	-	-	-	-	-	-	22	-		<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а</p>

														разделе "Измерение состава и свойств веществ" материалу. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 37 _47
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		14	28	-	-	2	-	-	0.5	66	33.5	
	Итого за семестр	144.0		14	28	-		2	-		0.5		99.5	

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. Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений

1.1. Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений

Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений. Физическая величина. Прямые, косвенные, совокупные, совместные измерения. Эталоны и рабочие средства измерений. Классификация средств измерения по их технической структуре: измерительные приборы и преобразователи, измерительные комплекты, измерительные системы и измерительные каналы.

2. Элементы теории погрешностей

2.1. Элементы теории погрешностей

Элементы теории погрешностей. Количественная оценка погрешностей. Разновидности погрешностей: систематические и случайные, аддитивные и мультипликативные. Метрологические характеристики средств измерения. Оценка погрешностей при прямых и косвенных технических.

3. Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразователи сопротивления. Термоэлектрические преобразователи

3.1. Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразователи сопротивления. Термоэлектрические преобразователи

Общие сведения о методах измерения температуры. Температурные шкалы. Контактные СИ температуры: стеклянные и манометрические термометры. Термопреобразователи сопротивления (ТПС), градуировочные характеристики, конструктивное исполнение. Вторичные приборы для измерения температуры, назначение и принцип действия. Способы установки СИ Термопары (ТП). Элементы теории термопар, введение поправки на температуру свободных концов, удлиняющие провода, стандартные градуировочные характеристики, конструктивное исполнение. Аналоговые и цифровые вторичные приборы типа КС, РМТ, Технограф. Способы установки СИ, влияющие факторы, расчет погрешностей.

4. Общие сведения об измерении давления, разности давлений, измерение уровня

4.1. Общие сведения об измерении давления, разности давлений, измерение уровня

Общие сведения об измерении давления и разности давлений. Жидкостные и деформационные манометры и дифманометры, грузопоршневые манометры. Электрические преобразователи давления и разности давлений типа «Метран», «Элемер» с тензопреобразователями. Методики измерения давления различных сред. Методы и средства измерения уровня. Измерение уровня в барабане котла.

5. Общие сведения об измерении расхода и теплоты

5.1. Общие сведения об измерении расхода и теплоты

Общие сведения об измерении расхода и количества вещества. Измерение расхода по перепаду давления на сужающем устройстве (СУ). Расходомеры постоянного перепада. Электромагнитные расходомеры. Теплосчетчики для открытых и закрытых систем теплоснабжения. Расчет погрешностей измерения расхода и уровня.

6. Измерение состава и свойств веществ

6.1. Измерение состава и свойств веществ

Методы анализа жидкостей. Кондуктометрический метод анализа растворов. Электродные и безэлектродные кондуктометры. Потенциометрический метод анализа растворов. Рабочие и вспомогательные электроды рН-метров, измерительные преобразователи.

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1 «Градуировка и поверка термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей»;;
2. Лабораторная работа №7 «Поверка нормирующих преобразователей»;;
3. Лабораторная работа №12 «Изучение и поверка средств измерения давления»;;
4. Лабораторная работа №13 «Изучение электродных кондуктометров»;;
5. Лабораторная работа №18 «Изучение рН-метров»;;
6. Лабораторная работа №20 «Испытание теплосчетчика»;;
7. Лабораторная работа №13 «Испытание расходомеров переменного перепада давления»;

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Элементы теории погрешностей"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразователи сопротивления"

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	
Знать:								
методики расчета погрешностей средств измерений (СИ) и способы их устранения	ИД-1 _{ОПК-6}		+					Контрольная работа/Контрольная работа "Элементы теории погрешностей"
теоретические основы метрологии, основы обеспечения единства измерений	ИД-1 _{ОПК-6}	+						Тестирование/Тест "Измерения , основные понятия и определения "
принципы действия, устройство типовых измерительных приборов для измерения электрических и неэлектрических величин	ИД-1 _{ОПК-6}			+	+	+	+	Лабораторная работа/Лабораторная работа "Изучение методов и средств измерения температуры" Лабораторная работа/Лабораторная работа "Манометры и преобразователи давления" Лабораторная работа/Лабораторная работа "рН-метры" Лабораторная работа/Лабораторная работа "Теплосчетчики"
Уметь:								
измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов	ИД-1 _{ОПК-6}			+	+	+	+	Лабораторная работа/Лабораторная работа "Изучение методов и средств измерения температуры" Лабораторная работа/Лабораторная работа "Манометры и преобразователи давления" Лабораторная работа/Лабораторная работа "рН-метры" Лабораторная работа/Лабораторная работа "Теплосчетчики"
определять метрологические характеристики СИ,	ИД-1 _{ОПК-6}		+					Контрольная работа/Контрольная работа

оценивать погрешности измерений								"Элементы теории погрешностей"
осуществлять выбор методов и средств измерений для контроля состояния теплотехнического оборудования	ИД-1ОПК-6	+						Тестирование/Тест "Измерения , основные понятия и определения "
уметь определять параметры, влияющие на точность измерений	ИД-1ОПК-6		+					Контрольная работа/Контрольная работа "Элементы теории погрешностей"

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Лабораторная работа "Изучение методов и средств измерения температуры" (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа "Манометры и преобразователи давления" (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа "рН-метры" (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа "Теплосчетчики" (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест "Измерения, основные понятия и определения" (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Элементы теории погрешностей" (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

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 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Иванова, Г. М. Теплотехнические измерения и приборы : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 460 с. - ISBN 5-7046-1046-3 .;
2. Долбикова, Н. С. Метрология и теплотехнические измерения : лабораторный практикум по курсу "Метрология, теплотехнические измерения" по направлениям 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" и 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" / Н. С. Долбикова, А. В. Кузнецова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 88 с. - ISBN 978-5-7046-2301-4 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11382>;
3. Долбикова, Н. С. Метрология и теплотехнические измерения : учебное издание для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" / Н. С. Долбикова, Л. М. Захарова, А. В. Кузнецова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 292 с. - Книга-победитель конкурса рукописей учебной, научно-

технической и справочной литературы по энергетике, посвященного 90-летию МЭИ и 100-летию плана ГОЭЛРО . - ISBN 978-5-7046-2431-8 .

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11613>;

4. Аксенова Е. Н., Калашников Н. П. - "Методы оценки погрешностей при измерениях физических величин", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (40 с.)

<https://e.lanbook.com/book/113371>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

8. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>

9. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» -

<https://uisrussia.msu.ru>

11. 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-400, Учебная аудитория	парта, скамья, стол преподавателя, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-210/2а, Лаборатория теплотехнических измерений и приборов	стол, стул, тумба, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-407, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
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-210/7в, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, стол для совещаний, экран, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-207, Кабинет сотрудников каф. "АСУТП"	стол, стул, компьютер персональный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология, теплотехнические измерения

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест "Измерения , основные понятия и определения " (Тестирование)
 КМ-2 Контрольная работа "Элементы теории погрешностей" (Контрольная работа)
 КМ-3 Лабораторная работа "Изучение методов и средств измерения температуры"
 (Лабораторная работа)
 КМ-4 Лабораторная работа "Манометры и преобразователи давления" (Лабораторная работа)
 КМ-5 Лабораторная работа "Теплосчетчики" (Лабораторная работа)
 КМ-6 Лабораторная работа "рН-метры" (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	16
1	Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений							
1.1	Введение. Метрология. Измерения, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений		+					
2	Элементы теории погрешностей							
2.1	Элементы теории погрешностей			+				
3	Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразователи сопротивления. Термоэлектрические преобразователи							
3.1	Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразователи сопротивления. Термоэлектрические преобразователи				+	+	+	+
4	Общие сведения об измерении давления , разности давлений, измерение уровня							
4.1	Общие сведения об измерении давления , разности давлений, измерение уровня				+	+	+	+
5	Общие сведения об измерении расхода и теплоты							
5.1	Общие сведения об измерении расхода и теплоты				+	+	+	+
6	Измерение состава и свойств веществ							

6.1	Измерение состава и свойств веществ			+	+	+	+
	Вес КМ, %:	20	20	15	15	15	15