

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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
МЕТРОЛОГИЯ, СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.22
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 14 часов;
Практические занятия	6 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
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 Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шевченко И.В.
	Идентификатор	RP722806b-ShevchenkoIGV-73cb47

И.В. Шевченко


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

Задачи дисциплины

- освоение базовых понятий метрологии, методик оценки погрешности результатов измерений; методики обработки результатов измерений;
- освоение базовых методов и средств измерения теплотехнических величин.

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: - методики обработки результатов измерений, расчет погрешностей СИ, способы их устранения.; - основные понятия метрологии, системные и несистемные единицы измерения физических величин; виды и методы измерений теплотехнических величин.. уметь: - измерять основные параметры технологического объекта с помощью измерительных приборов общепромышленного назначения.; - оценивать погрешность измерений и определять параметры, влияющие на их точность..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки (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: Физика, Химия, Термодинамика и тепло- и массообмен, Электротехника и электроника

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	Метрология, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений.	17.0	6	2	-	-	-	-	-	-	-	15.0	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Метрология, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 120-123 [3], 5-10	
1.1	Физические свойства и величины.	8.5		1	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-		
1.2	Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров.	8.5		1	-	-	-	-	-	-	-	7.5	-		
2	Элементы теории погрешностей.	19.0		2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Элементы теории погрешностей." материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы теории погрешностей." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 223-229 [3], 23-33
2.1	Систематические и случайные погрешности.	8		1	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	
2.2	Грубые погрешности и методы их исключения.	5.5		0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
2.3	Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.	5.5		0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
3	Температурные	16		2	-	8	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>

сигналы.												дополнительного материала по разделу "Системы измерения." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 201-206		
6.2	Обработка сигналов.	4.5		1	-	-	-	-	-	-	3.5		-	
7	Системы сбора данных.	9.0		2	-	-	-	-	-	-	7.0	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Системы сбора данных." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 109-115	
7.1	Цифровые и аналоговые системы сбора данных.	4.5		1	-	-	-	-	-	-	3.5	-		
7.2	Программное обеспечения для сбора данных.	4.5		1	-	-	-	-	-	-	3.5	-		
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		14.0	-	28	-	2	-	-	0.5	66.0	33.5	
	Итого за семестр	144.0		14.0	-	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. Метрология, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений.

1.1. Физические свойства и величины.

Физические свойства, величины и шкалы . Системы физических величин и их единиц. Международная система единиц (система СИ) . Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров. Эталоны единиц системы СИ..

1.2. Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров.

Единство измерений. Воспроизведение единицы физической величины. Воспроизведение основной единицы, производной единицы. Передача размера единицы. Хранение единицы. Эталон. Свойства эталона: неизменность, воспроизводимость, сличаемость. Виды эталонов. Поверочная схема. Поверка, Калибровка..

2. Элементы теории погрешностей.

2.1. Систематические и случайные погрешности.

Классификация погрешностей. Принципы оценивания погрешностей, Математические модели и характеристики погрешностей. Погрешность и неопределенность. Правила округления результатов измерений. Систематические погрешности и их классификация. Способы обнаружения и устранения систематических погрешностей. Вероятностное описание случайных погрешностей. Числовые параметры законов распределения. Понятие центра распределения. Моменты распределения. Основные законы распределения. Точечные оценки законов распределения. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Суммирование погрешностей..

2.2. Грубые погрешности и методы их исключения.

Обработка результатов измерений. Понятие о грубых погрешностях. Критерии исключения грубых погрешностей. Прямые многократные измерения. Равноточные измерения. Идентификация формы распределения результатов измерений. Однократные измерения. Совместные и совокупные измерения.

2.3. Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.

Принципы выбора и нормирования метрологических средств измерения. Метрологические характеристики, предназначенные для определения результатов измерений. Метрологические характеристики погрешностей средств измерения. Характеристики чувствительности средств измерения. Динамические характеристики средств измерения. Расчет погрешностей средств измерений по нормированным метрологическим характеристикам. Классы точности средств измерения..

3. Температурные измерения

3.1. Методы и средства измерения температуры.

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.

3.2. Погрешности измерения температуры поверхности в жидкостях и газах.

Классификация погрешностей средств измерения температуры. Методические погрешности измерения температуры поверхности и внутри тела. Источники методических погрешностей при измерении температуры жидкости или газа. Оценка влияния различных факторов на точность измерения температуры. Выбор средств измерения температуры..

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

4.1. Методы и средства измерения давления и разрежения

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. Волноводный уровнемер. Требования предъявляются к уровнемерам..

4.2. Методы и средства измерения уровня жидкости в резервуарах

Классификация методов измерения уровня: ручные / механические, электромеханические, электронные контактные электронные бесконтактные. Методы и средства измерения уровня. Измерение уровня под атмосферным и избыточным давлением. Измерение уровня в барабане котла. Уровнемеры непрерывного измерения. Точечное измерение уровня. Контактные и бесконтактные измерения.

5. Общие сведения об измерении расхода и теплоты.

5.1. Методы и средства измерения расходов жидкости и газов

Общие сведения об измерении расхода и количества вещества. Измерение расхода по перепаду давления на сужающем устройстве (СУ). Расходомеры переменного перепада. Расходомеры переменного уровня. Расходомеры обтекания. Турбинные расходомеры. Электромагнитные расходомеры. Ультразвуковые расходомеры..

5.2. Методы и средства измерения количества теплоты

Теплосчетчики для открытых и закрытых систем теплоснабжения. Расчет погрешностей измерения расхода и теплоты. Общие характеристики тепловых расходомеров. Калориметрические расходомеры. Термоконвективные расходомеры. Термоанемометры..

6. Системы измерения.

6.1. Измерительные сигналы.

Типы измерительных систем. Общее представление о согласовании сигналов. Ввод аналоговых сигналов. Функции системы согласования сигналов. Фильтрация. Изоляция. Согласование сигналов датчиков: термопары, датчики давления, тензодатчики..

6.2. Обработка сигналов.

Дискретное (ДПФ) и быстрое преобразования Фурье (БПФ). Частотный интервал и симметрия ДПФ/БПФ. Характеристики различных типов спектральных и временных окон. Критерии выбора типа окна. Идеальные фильтры. Реальные (неидеальные) фильтры.

Преимущества цифровых фильтров перед аналоговыми. БИХ и КИХ фильтры. Сравнение БИХ фильтров. Фильтры с конечной импульсной характеристикой..

7. Системы сбора данных.

7.1. Цифровые и аналоговые системы сбора данных.

Обзор оборудования для сбора данных. Компоненты устройства сбора данных. Параметры систем сбора данных. Типы измерительных систем. Измерения с различными источниками сигналов..

7.2. Программное обеспечения для сбора данных.

Программное обеспечение для систем сбора данных. Инструментальный драйвер NI-DAQ. Проводник по средствам измерений и автоматизации Measurement & Automation Explorer(MAX). Обзор ВП NI-DAQmx. Выполнение алгоритма NI-DAQmx: модель состояния задачи..

3.3. Темы практических занятий

1. Общие сведения о методах измерения температуры. Термопреобразователи сопротивления. Элементы теории термодинамики, термоэлектрические преобразователи;
2. Общие сведения об измерении давления, разности давлений, уровня;
3. Общие сведения об измерении расхода и теплоты.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Метрология, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Элементы теории погрешностей."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Температурные измерения"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие сведения об измерении давления, разности давлений, измерение уровня"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие сведения об измерении расхода и теплоты."
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы измерения."
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы сбора данных."

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		
Знать:										
основные понятия метрологии, системные и несистемные единицы измерения физических величин; виды и методы измерений теплотехнических величин.	ИД-1 _{ОПК-6}	+							Тестирование/Метрология, основные понятия и определения, Способы обеспечения единства измерений	
методики обработки результатов измерений, расчет погрешностей СИ, способы их устранения.	ИД-1 _{ОПК-6}		+	+					Тестирование/Элементы теории погрешностей	
Уметь:										
оценивать погрешность измерений и определять параметры, влияющие на их точность.	ИД-1 _{ОПК-6}					+	+	+	Лабораторная работа/Общие сведения об измерении расхода и теплоты	
измерять основные параметры технологического объекта с помощью измерительных приборов общепромышленного назначения.	ИД-1 _{ОПК-6}				+				Лабораторная работа/Общие сведения об измерении давления, разности давлений, уровня	

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. Общие сведения об измерении давления, разности давлений, уровня (Лабораторная работа)
2. Общие сведения об измерении расхода и теплоты (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Метрология, основные понятия и определения, Способы обеспечения единства измерений (Тестирование)
2. Элементы теории погрешностей (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка выставляется из расчета среднего арифметического значения оценки семестровой составляющей по текущему контролю успеваемости и оценки за промежуточную аттестацию

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. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 460 с. – ISBN 978-5-383-00155-4.;
2. Долбикова Н. С., Захарова Л. М., Кузнецова А. В., Мерзликина Е. И., Никитина И. С., Цыпин А. В.- "Метрология и теплотехнические измерения", Издательство: "НИУ МЭИ", Москва, 2021 - (292 с.)
<https://e.lanbook.com/book/362504>;
3. 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>;
4. Никульчев Е. В., Алексеенко А. С., Ильин Д. Ю.- "Системы сбора и предобработки данных. Методы статистического анализа с использованием Google Colab", Издательство: "РТУ МИРЭА", Москва, 2023 - (121 с.)
<https://e.lanbook.com/book/382739>.

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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
9. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>
10. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
13. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
15. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http:\\proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>
16. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
17. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-206, Лекционная аудитория	стол преподавателя, стол компьютерный, вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, тумба, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, наборы демонстрационного оборудования, инструменты для практических занятий
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для	Ш-206,	стол преподавателя, стол компьютерный,

консультирования	Лекционная аудитория	вешалка для одежды, тумба, мультимедийный проектор, указка лазерная, доска маркерная передвижная, колонки, кондиционер, инструменты для практических занятий
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107/2, Склад учебного инвентаря Ш-107/2	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология, системы измерения и сбора данных

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Метрология, основные понятия и определения, Способы обеспечения единства измерений (Тестирование)
- КМ-2 Элементы теории погрешностей (Тестирование)
- КМ-4 Общие сведения об измерении давления, разности давлений, уровня (Лабораторная работа)
- КМ-5 Общие сведения об измерении расхода и теплоты (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	10	12
1	Метрология, основные понятия и определения. Способы обеспечения единства измерений.					
1.1	Физические свойства и величины.		+			
1.2	Воспроизведение единиц физических величин и передача их размеров.		+			
2	Элементы теории погрешностей.					
2.1	Систематические и случайные погрешности.			+		
2.2	Грубые погрешности и методы их исключения.			+		
2.3	Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование.			+		
3	Температурные измерения					
3.1	Методы и средства измерения температуры.			+		
3.2	Погрешности измерения температуры поверхности в жидкостях и газах.			+		
4	Общие сведения об измерении давления, разности давлений, измерение уровня					
4.1	Методы и средства измерения давления и разрежения				+	
4.2	Методы и средства измерения уровня жидкости в резервуарах				+	
5	Общие сведения об измерении расхода и теплоты.					

5.1	Методы и средства измерения расходов жидкости и газов				+
5.2	Методы и средства измерения количества теплоты				+
6	Системы измерения.				
6.1	Измерительные сигналы.				+
6.2	Обработка сигналов.				+
7	Системы сбора данных.				
7.1	Цифровые и аналоговые системы сбора данных.				+
7.2	Программное обеспечения для сбора данных.				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25