

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетики и систем  
управления



/ А.В. Бурковский /

22.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Теплотехнические измерения и автоматизация»**

**Направление подготовки** 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Профиль** Промышленная теплоэнергетика

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 4 года и 6 м. / 4 года и 11 м.

**Форма обучения** очная / очно-заочная / заочная

**Год начала подготовки** 2024

Автор программы  
Заведующий кафедрой  
Теоретической и  
промышленной  
теплоэнергетики

А.А. Надеев

Руководитель ОПОП

В.В. Портнов

С.В. Дахин

Воронеж 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины заключается в формировании общего представления о методах измерений и современных технических средствах измерений и контроля теплотехнических параметров на объектах промышленной теплоэнергетики, а также в освоении основных принципов автоматизации теплотехнологических процессов.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение методов измерений и контроля теплотехнических параметров; изучение конструкции и принципа работы средств измерений температуры, давления, расхода и уровня технологических сред; изучение методов и технических средств контроля состава и качества технологических сред, характерных для промышленной теплоэнергетики; изучение структуры автоматизированных систем управления технологическими процессами и объектами промышленной теплоэнергетики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теплотехнические измерения и автоматизация» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теплотехнические измерения и автоматизация» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен к обеспечению эффективной эксплуатации и модернизации энергетического и теплотехнологического оборудования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	<b>знать</b> методы измерений основных теплотехнических параметров; принципы действия, устройство типовых измерительных приборов, служащих для измерения и контроля температуры, давления, расхода и уровня технологических сред; методы и технические средства контроля состава и качества технологических сред теплоэнергетики; основы управления технологическими объектами; основы теории автоматического управления
	<b>уметь</b> измерять основные параметры котельных агрегатов, оборудования тепловых пунктов и узлов систем теплоснабжения с помощью типовых измерительных приборов; оценивать погрешности измерений
	<b>владеть</b> основными методами измерений, обработки

	результатов и оценки погрешностей измерений; основными принципами работы и составом автоматизированных систем управления технологическими процессами и объектами промышленной теплоэнергетики
--	---

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теплотехнические измерения и автоматизация» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

**очно-заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	48	48
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>Самостоятельная работа</b>	96	96
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

**заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8

<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	14	14
В том числе:		
Лекции	6	6
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	126	126
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Измерение температуры.	Общие сведения об измерении температуры. Температурные шкалы. Международная температурная шкала МТШ-90 и её расширения.	1	-	-	3	4
2	Термометры, основанные на расширении и изменении давления рабочего вещества.	Устройство и принцип действия жидкостных стеклянных, манометрических и биметаллических термометров. Их область применения, пределы измерения и погрешности измерений.	1	1	-	3	5
3	Термоэлектрические преобразователи (ТЭП).	Принцип работы ТЭП. Стандартные промышленные и кабельные ТЭП. Их диапазон измерения, область применения, конструкции, источники погрешностей и методы их устранения. Удлиняющие термоэлектродные провода. Методы измерения термо-ЭДС. Вторичные измерительные приборы.	4	5	6	6	21
4	Термопреобразователи сопротивления (ТПС).	Стандартные проводниковые ТПС. Их диапазон измерения, конструкции, погрешности. Полупроводниковые ТПС (термисторы). Методы измерения сопротивления. Вторичные измерительные приборы.	4	5	-	6	15
5	Измерение температуры тел по их тепловому излучению.	Теоретические основы. Пирометры оптические, спектрального отношения (цветовые), полного излучения (радиационные). Их принцип работы и погрешности измерения условных температур. Определение действительной температуры.	3	4	4	6	17
6	Измерение давления жидкостей и газов.	Понятие о давлении и единицы его измерения. Жидкостные манометры и дифманометры. Деформационные манометры и дифманометры. Их принцип действия, устройство, диапазон измерения, область применения, погрешности измерения. Правила	4	4	4	6	18

		установки приборов давления.					
7	Измерение количества и расхода жидкостей и газов.	Методы и единицы измерения расхода. Расходомеры переменного перепада давления, нормальные сужающие устройства. Методика использования сужающих устройств для измерения расхода и оценка погрешности измерения расхода. Измерение скоростей и расхода жидкости и газов напорными трубками. Расходомеры постоянного перепада давления (ротаметры). Тахометрические, электрические и ультразвуковые расходомеры. Их принцип действия.	4	5	-	6	15
8	Измерение уровня жидкостей.	Общие сведения об измерении уровня жидкости. Методы и единицы измерения уровня. Уровнемеры с визуальным отсчётом. Гидростатические уровнемеры. Поплавковые, буйковые уровнемеры. Ёмкостные, акустические и термокондуктометрические уровнемеры. Их устройство, принцип действия, диапазон и погрешности измерения.	4	4	-	6	14
9	Анализ состава промышленных газов.	Общие сведения о методах анализа газов, единицы измерения концентрации. Классификация газоанализаторов. Объёмные химические газоанализаторы, тепловые, термохимические и магнитные газоанализаторы. Хроматографические газоанализаторы для анализа многокомпонентных газовых смесей.	4	4	-	6	14
10	Основы автоматического управления.	Основы управления технологическими процессами и объектами. Теплотехнические объекты управления, их основные особенности. Управление в режимах пуска, останова и нормальной эксплуатации. Автоматизированные системы контроля и управления сбором данных. Виды систем контроля и автоматизированного управления тепловыми процессами на промышленных предприятиях, принципы их построения и функционирования.	7	4	4	6	21
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>144</b>

### очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Измерение температуры.	Общие сведения об измерении температуры. Температурные шкалы. Международная температурная шкала МТШ-90 и её расширения.	1	-	-	10	11
2	Термометры, основанные на расширении и изменении давления рабочего вещества.	Устройство и принцип действия жидкостных стеклянных, манометрических и биметаллических термометров. Их область применения, пределы измерения и погрешности измерений.	1	1	-	10	12
3	Термоэлектрические преобразователи (ТЭП).	Принцип работы ТЭП. Стандартные промышленные и кабельные ТЭП. Их диапазон измерения, область применения, конструкции, источники погрешностей и методы их устранения. Удлиняющие термоэлектродные провода. Методы измерения термо-ЭДС. Вторичные измерительные приборы.	1	2	4	10	17
4	Термопреобразователи сопротивления (ТПС).	Стандартные проводниковые ТПС. Их диапазон измерения, конструкции,	2	2	-	10	14

		погрешности. Полупроводниковые ТПС (термисторы). Методы измерения сопротивления. Вторичные измерительные приборы.					
5	Измерение температуры тел по их тепловому излучению.	Теоретические основы. Пирометры оптические, спектрального отношения (цветовые), полного излучения (радиационные). Их принцип работы и погрешности измерения условных температур. Определение действительной температуры.	1	2	4	10	17
6	Измерение давления жидкостей и газов.	Понятие о давлении и единицы его измерения. Жидкостные манометры и дифманометры. Деформационные манометры и дифманометры. Их принцип действия, устройство, диапазон измерения, область применения, погрешности измерения. Правила установки приборов давления.	2	2	4	10	18
7	Измерение количества и расхода жидкостей и газов.	Методы и единицы измерения расхода. Расходомеры переменного перепада давления, нормальные сужающие устройства. Методика использования сужающих устройств для измерения расхода и оценка погрешности измерения расхода. Измерение скоростей и расхода жидкости и газов напорными трубками. Расходомеры постоянного перепада давления (ротаметры). Тахометрические, электрические и ультразвуковые расходомеры. Их принцип действия.	2	2	-	10	14
8	Измерение уровня жидкостей.	Общие сведения об измерении уровня жидкости. Методы и единицы измерения уровня. Уровнемеры с визуальным отсчётом. Гидростатические уровнемеры. Поплавковые, буйковые уровнемеры. Ёмкостные, акустические и термокондуктометрические уровнемеры. Их устройство, принцип действия, диапазон и погрешности измерения.	2	2	-	10	14
9	Анализ состава промышленных газов.	Общие сведения о методах анализа газов, единицы измерения концентрации. Классификация газоанализаторов. Объёмные химические газоанализаторы, тепловые, термохимические и магнитные газоанализаторы. Хроматографические газоанализаторы для анализа многокомпонентных газовых смесей.	2	1	-	8	11
10	Основы автоматического управления.	Основы управления технологическими процессами и объектами. Теплотехнические объекты управления, их основные особенности. Управление в режимах пуска, останова и нормальной эксплуатации. Автоматизированные системы контроля и управления сбором данных. Виды систем контроля и автоматизированного управления тепловыми процессами на промышленных предприятиях, принципы их построения и функционирования.	2	2	4	8	16
<b>Итого</b>			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>96</b>	<b>144</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Измерение температуры.	Общие сведения об измерении температуры. Температурные шкалы.	-	-	-	6	6

		Международная температурная шкала МТШ-90 и её расширения.					
2	Термометры, основанные на расширении и изменении давления рабочего вещества.	Устройство и принцип действия жидкостных стеклянных, манометрических и биметаллических термометров. Их область применения, пределы измерения и погрешности измерений.	-	-	-	10	10
3	Термоэлектрические преобразователи (ТЭП).	Принцип работы ТЭП. Стандартные промышленные и кабельные ТЭП. Их диапазон измерения, область применения, конструкции, источники погрешностей и методы их устранения. Удлиняющие термоэлектродные провода. Методы измерения термо-ЭДС. Вторичные измерительные приборы.	1	1	2	14	18
4	Термопреобразователи сопротивления (ТПС).	Стандартные проводниковые ТПС. Их диапазон измерения, конструкции, погрешности. Полупроводниковые ТПС (термисторы). Методы измерения сопротивления. Вторичные измерительные приборы.	1	1	2	13	17
5	Измерение температуры тел по их тепловому излучению.	Теоретические основы. Пирометры оптические, спектрального отношения (цветовые), полного излучения (радиационные). Их принцип работы и погрешности измерения условных температур. Определение действительной температуры.	1	1	-	14	16
6	Измерение давления жидкостей и газов.	Понятие о давлении и единицы его измерения. Жидкостные манометры и дифманометры. Деформационные манометры и дифманометры. Их принцип действия, устройство, диапазон измерения, область применения, погрешности измерения. Правила установки приборов давления.	1	-	-	13	14
7	Измерение количества и расхода жидкостей и газов.	Методы и единицы измерения расхода. Расходомеры переменного перепада давления, нормальные сужающие устройства. Методика использования сужающих устройств для измерения расхода и оценка погрешности измерения расхода. Измерение скоростей и расхода жидкости и газов напорными трубками. Расходомеры постоянного перепада давления (ротаметры). Тахометрические, электрические и ультразвуковые расходомеры. Их принцип действия.	-	-	-	14	14
8	Измерение уровня жидкостей.	Общие сведения об измерении уровня жидкости. Методы и единицы измерения уровня. Уровнемеры с визуальным отсчётом. Гидростатические уровнемеры. Поплавковые, буйковые уровнемеры. Ёмкостные, акустические и термокондуктометрические уровнемеры. Их устройство, принцип действия, диапазон и погрешности измерения.	1	1	-	14	16
9	Анализ состава промышленных газов.	Общие сведения о методах анализа газов, единицы измерения концентрации. Классификация газоанализаторов. Объёмные химические газоанализаторы, тепловые, термохимические и магнитные газоанализаторы. Хроматографические газоанализаторы для анализа многокомпонентных газовых смесей.	-	-	-	14	14
10	Основы автоматического управления.	Основы управления технологическими процессами и объектами.	1	-	-	14	15

		Теплотехнические объекты управления, их основные особенности. Управление в режимах пуска, останова и нормальной эксплуатации. Автоматизированные системы контроля и управления сбором данных. Виды систем контроля и автоматизированного управления тепловыми процессами на промышленных предприятиях, принципы их построения и функционирования.					
<b>Итого</b>			<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>126</b>	<b>140</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Измерение температуры термоэлектрическим термометром и градуировка термопар.

Лабораторная работа № 2. Измерение температуры бесконтактными методами.

Лабораторная работа № 3. Измерение давления и градуировка пружинных манометров.

Лабораторная работа № 4. Конфигурирование программируемого логического контроллера с использованием внешнего программного обеспечения.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 6 семестре для очной формы обучения, в 5 семестре для очно-заочной формы обучения, в 8 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Определение погрешностей измерения теплотехнических величин»

- освоение методов измерения температуры и расхода;
- освоение методов обработки результатов и оценки погрешностей измерений;
- освоение методов статистической обработки экспериментальных данных.

Курсовая работа включает в себя расчётно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».



<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ПК-1	знать методы измерений основных теплотехнических параметров; принципы действия, устройство типовых измерительных приборов, служащих для измерения и контроля температуры, давления, расхода и уровня технологических сред; методы и технические средства контроля состава и качества технологических сред теплоэнергетики; основы управления технологическими объектами; основы теории автоматического управления	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь измерять основные параметры котельных агрегатов, оборудования тепловых пунктов и узлов систем теплоснабжения с помощью типовых измерительных приборов; оценивать погрешности измерений	Тест, выполнение курсовой работы, выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основными принципами работы и составом автоматизированных систем управления технологическими процессами и объектами промышленной теплоэнергетики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение курсовой работы, выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### **7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний**

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 5 семестре для очно-заочной формы обучения, 8 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать методы измерений основных теплотехнических параметров; принципы действия, устройство типовых измерительных приборов, служащих для измерения и контроля температуры, давления, расхода и уровня технологических сред; методы и технические средства контроля состава и качества технологических сред теплоэнергетики; основы управления технологическими объектами; основы теории автоматического управления	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь измерять основные параметры котельных агрегатов, оборудования тепловых пунктов и узлов систем теплоснабжения с помощью типовых измерительных приборов; оценивать погрешности измерений	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений; основными принципами работы и составом автоматизированных систем управления технологическими процессами и объектами промышленной теплоэнергетики	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Виды измерительных приборов:
  - а) аналоговые;
  - б) цифровые;
  - в) деформирующие;
  - г) разжимающие;
  - д) приведённые.
2. Аналоговые приборы – это измерительные приборы, ...
  - а) показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины;
  - б) которые снимают показания с помощью отсчётных устройств;
  - в) которые автоматически вырабатывают дискретные сигналы;
  - г) датчики которых вырабатывают сигналы;
  - д) дающие интегральные по времени показания.
3. Цифровые измерительные приборы – это измерительные приборы, ...
  - а) представляющие сигналы в цифровой форме;
  - б) представляющие сигнал в непрерывной форме;
  - в) дающие интегральные по времени показания;
  - г) показания которых регистрируются на диаграммной бумаге;
  - д) вырабатывающие сигнал измерительной формы.
4. Показывающие приборы...
  - а) выполняют отсчитывание показаний с помощью отсчётных устройств;
  - б) вырабатывают сигнал в измерительной форме;
  - в) дающие интегральные значения измеряемой величины;
  - г) автоматически вырабатывающие дискретные сигналы;
  - д) сигналы которых являются непрерывной функцией.
5. Регистрирующие измерительные приборы – это измерительные приборы, ...
  - а) величины которых фиксируются на специальной диаграммной бумаге;
  - б) в которых автоматически вырабатываются дискретные сигналы;
  - в) показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины;
  - г) показания которых есть сумма нескольких величин;
  - д) которые дают пропорциональное значение измеряемой величины.
6. Интегрирующие измерительные приборы...
  - а) дают интегральное значение измеряемой величины;
  - б) допускают отсчитывание показаний с помощью отсчётных устройств;
  - в) вырабатывают сигналы измерительной информации;
  - г) автоматически вырабатывают дискретные сигналы;

- д) фиксирующие показания в виде непрерывной функции.
7. Виды параметрических датчиков:
- а) трансформаторные;
  - б) потенциометрические;
  - в) пьезоэлектрические;
  - г) термоэлектрические;
  - д) радиационные.
8. Датчики классифицируют...
- а) по виду контролируемой величины;
  - б) в зависимости от места установки;
  - в) по объёму;
  - г) в зависимости от параметров окружающей среды;
  - д) по конструкции.
9. Группы системы автоматизации:
- а) АСК, АСУ, АСР;
  - б) АСП, АХЧ, АХД;
  - в) АУМ, АГД, АФЧ;
  - г) АРР, АПП, АНМ;
  - д) АКЕ, АПМ, АФЛ.
10. Переходной сигнал – это сигнал...
- а) от преобразователя к вторичному прибору;
  - б) от датчика к первичному прибору;
  - в) на измерительную часть прибора;
  - г) из усилителя в измерительную схему;
  - д) от усилителя на датчик.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

Не предусмотрено учебным планом.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Задача 1. Лабораторный стеклянный термометр, заполненный пентаном, показывает по шкале  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Термометр погружен в измеряемую среду до отметки  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура выступающего столбика составляет  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент видимого объёмного теплового расширения пентана в стекле  $\beta = 0,0012\text{ K}^{-1}$ . Определить действительное значение температуры. Значение округлять до второго знака после запятой.

Задача 2. Определить величину изменений в показаниях манометрического ртутного термометра, если при градуировке термобаллон и показывающий прибор находились на одном уровне, а в реальных условиях показывающий прибор расположен на  $7,37\text{ м}$  выше, чем термобаллон. Шкала термометра  $0\text{-}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При изменении температуры от  $0$  до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  давление в системе изменяется от  $4,47$  до  $14,28\text{ МПа}$ . Плотность ртути  $\rho = 13595\text{ кг/м}^3$ .

Задача 3. Чему равна дополнительная погрешность измерения температуры медным термопреобразователем сопротивления, вызванная отклонением действительных значений  $R'_0$  и  $\alpha'$  от номинальных.

Действительные значения:  $R'_0 = 49,90 \text{ Ом}$ ,  $\alpha' = 4,25 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ . Номинальные значения:  $R_0 = 50 \text{ Ом}$ ;  $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ . Текущее значение сопротивления термопреобразователя  $R_t = 75,58 \text{ Ом}$ . Зависимость сопротивления от температуры имеет вид  $R_t = R_0(1 + \alpha \cdot t)$ .

Задача 4. Температура среды измеряется с помощью медного термометра сопротивления, который при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  имеет сопротивление  $1,75 \text{ Ом}$ . Определите его сопротивление при температуре среды  $100$  и  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $R_{100}$  и  $R_{150}$ ). Температурный коэффициент равен  $0,00428 \text{ К}^{-1}$ .

Задача 5. В U-образном манометре с водяным заполнением внутренние диаметры трубок соответственно равны  $8$  и  $8,3 \text{ мм}$ . При измерении давления уровень в первой трубке переместился на  $204 \text{ мм}$ . Измеряемое давление считалось равным  $4 \text{ кПа}$ . Оцените погрешность ( $\delta P$ ), вызванную не учётом реального уровня во второй трубке. Плотность воды равна  $1000 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения равно  $9,81 \text{ м/с}^2$ . Значение погрешности округлить до десятых.

Задача 6. Определите цену деления ( $K$ ) чашечного манометра в Па, если он заполнен ртутью. Диаметр минусовой трубки  $6 \text{ мм}$ , диаметр плюсового сосуда (чаши)  $60 \text{ мм}$ . Деления на шкале нанесены через  $1 \text{ мм}$ . Плотность ртути  $\rho = 13595 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения  $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$ . Значения округлять до второго знака после запятой.

Задача 7. Определите цену деления ( $K$ ) спиртового микроманометра с наклонной трубкой, если диаметр трубки  $4 \text{ мм}$ , диаметр плюсового сосуда  $70 \text{ мм}$ , угол наклона трубки микроманометра  $48^\circ 23'$ , плотность спирта в условиях градуировки при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  составляет  $808 \text{ кг/м}^3$ . Расстояние между отметками шкалы равно  $1 \text{ мм}$ . Ускорение свободного падения – нормальное.

Задача 8. Определить погрешность манометра ( $\Delta P$ ) с токовым выходным сигналом  $0-5 \text{ мА}$  и пределами измерения  $0-4 \text{ МПа}$ , если при измерении давления  $3,2 \text{ МПа}$  выходной сигнал составил  $3,93 \text{ мА}$ . Значение округлить до третьего знака после запятой.

Задача 9. Перепад давления воздуха в воздуховоде измеряется дифференциальным микроманометром, имеющим пределы основной допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 2 \text{ Па}$ . Предел допускаемой дополнительной погрешности при отклонении температуры окружающего воздуха на каждые  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  от нормальной ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) составляет  $\pm(0,1 + 0,001 P)$ . Определить суммарную абсолютную погрешность измерения перепада давления воздуха  $P = 100 \text{ Па}$ , если его температура составляет  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Задача 10. По трубе диаметром  $D = 100 \text{ мм}$  движется поток жидкости со средней скоростью  $v_c = 1,5 \text{ м/с}$ . Определите массовый расход жидкости, если её плотность  $\rho = 990 \text{ кг/м}^3$ .

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Понятие о температуре и температурных шкалах.
2. Стекланные жидкостные термометры.

3. Биметаллические термометры.
4. Манометрические термометры.
5. Принцип работы термоэлектрических термометров.
6. Стандартные термоэлектрические термометры.
7. Конструктивные особенности термоэлектрических термометров.
8. Удлиняющие термоэлектродные провода.
9. Принцип работы термопреобразователей сопротивления.
10. Стандартные термопреобразователи сопротивления.
11. Платиновые, медные и никелевые термометры сопротивления.
12. Квасимонохроматические и радиационные пирометры.
13. Давление. Средства измерения давления.
14. Жидкостные манометры.
15. Манометры с упругими чувствительными элементами.
16. Средства измерения расхода.
17. Расходомеры переменного перепада давления.
18. Расходомеры постоянного перепада давления (ротаметры).
19. Тахометрические расходомеры.
20. Электромагнитные расходомеры.
21. Ультразвуковые расходомеры.
22. Средства измерения уровня.
23. Уровнемеры с визуальным отсчётом.
24. Поплавковые и буйковые расходомеры.
25. Ёмкостные уровнемеры.
26. Радиоволновые уровнемеры.
27. Ультразвуковые уровнемеры.
28. Средства измерения состава газов.
29. Объёмные химические газоанализаторы.
30. Тепловые газоанализаторы.
31. Магнитные газоанализаторы.
32. Оптические газоанализаторы.
33. Электрические газоанализаторы.
34. Хроматографические газоанализаторы.
35. Понятие об автоматическом управлении.
36. Энергосистема как объект управления.
37. Автоматизированные системы управления тепловыми процессами (АСУ ТП), их схемы.
38. Автоматический контроль производственных процессов.
39. Системы тепловой защиты.
40. Автоматизированное управление технологическим объектом.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом.

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачёт проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 13 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 13 до 15 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 19 до 20 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Измерение температуры.	ПК-1	Тест, зачёт
2	Термометры, основанные на расширении и изменении давления рабочего вещества.	ПК-1	Тест, зачёт, решение задач
3	Термоэлектрические преобразователи (ТЭП).	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа, зачёт, решение задач
4	Термопреобразователи сопротивления (ТПС).	ПК-1	Тест, зачёт, решение задач
5	Измерение температуры тел по их тепловому излучению.	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа, зачёт, решение задач
6	Измерение давления жидкостей и газов.	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа, зачёт, решение задач
7	Измерение количества и расхода жидкостей и газов.	ПК-1	Тест, зачёт, решение задач
8	Измерение уровня жидкостей.	ПК-1	Тест, зачёт, решение задач
9	Анализ состава промышленных газов.	ПК-1	Тест, зачёт, решение задач
10	Основы автоматического управления.	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, курсовая работа, зачёт, решение задач

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики

выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Иванова Г.М. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 460 с.

2. Теплотехнические измерения и автоматизация: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль «Промышленная теплоэнергетика») всех форм обучения / А. В. Муравьев, Н. Н. Кожухов, А. А. Надеев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 39 с.

3. Теплотехнические измерения и автоматизация: методические указания к практическим занятиям и курсовой работе для студентов направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль «Промышленная теплоэнергетика») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. А. Надеев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 39 с.

4. Кузнецов Н.Д. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам / Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 328 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

#### **8.2.1 Перечень ресурсов сети «Интернет»**

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru>;
- Образовательный портал ВГТУ <https://old.education.cchgeu.ru>;
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»: <http://window.edu.ru>;
- Проект ВГТУ:Знания: <https://wiki.cchgeu.ru>.
- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>;



- Единая система конструкторской документации. URL: [https://standartgost.ru/0/2871-edinaya\\_sistema\\_konstruktorskoj\\_dokumentatsii](https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoj_dokumentatsii);
- Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система. URL: [www1.fips.ru](http://www1.fips.ru);
- Национальная электронная библиотека: [elibrary.ru](http://elibrary.ru);
- Информационный портал Temperatures.ru: <http://temperatures.ru>.

### **8.2.2 Перечень информационных технологий**

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader;
- SMath Studio;
- Компас-График LT;
- Internet explorer.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащённая оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Дисплейный класс, оснащённый компьютерными программами для проведения тестирования.
3. Лаборатория «Технической термодинамики и теплотехнических измерений» для выполнения лабораторных работ.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Теплотехнические измерения и автоматизация» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков определения значения физических величин и погрешности измерения, изучение особенностей работы различных средств измерений и вторичных приборов. Занятия проводятся путём решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
---------------------	-----------------------

Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--