



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МЕТРОЛОГИЯ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

26.01.2022, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Теплотехнических и энергетических систем

 Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры АСУ,  Е.Ю. Мухина

Рецензент:

зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук  
 Ю.Н. Волщук



**Лист актуализации рабочей программы**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от 16.11. 2022г. № 5  
Зав. кафедрой [подпись] С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Метрология и теплотехнические измерения» являются: формирование знаний и умений, необходимых для определения способов измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, а также приобретения навыков проведения измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Метрология и теплотехнические измерения входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Электроэнергетические системы и сети

Физика

Математика

Введение в направление

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Метрология и теплотехнические измерения» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники
ОПК-6.1	Определяет способы измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники
ОПК-6.2	Осуществляет измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 54,15 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,15 акад. часов;
- самостоятельная работа – 18,15 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Основы метрологии								
1.1 Основные понятия. Правовые основы. Метрологическое обеспечение. Единство измерений. Метрологические	4	2	6		2	Самостоятельное изучение учебной литературы, конспекта лекции	Устный опрос Проверка инд. заданий	ОПК-6.1, ОПК-6.2
1.2 Измеряемые величины. Виды, методы измерений. Основные положения теории погрешностей.		2	4		2	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос Проверка инд. заданий Контрольная работа	ОПК-6.1, ОПК-6.2
1.3 Средства измерения. Структурные схемы СИ. Выбор СИ.		2	4		2	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным занятиям	Устный опрос Проверка инд. заданий	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу		6	14		6			
2. Раздел 2. Измерение физических величин								
2.1 Измерение электрических величин	4	1	2		2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-6.1, ОПК-6.2
2.2 Измерение магнитных величин		1	2		2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-6.1, ОПК-6.2

2.3	Измерение неэлектрических величин		4	12		1	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторным работам	Устный опрос Лабораторные работы Тестирование	ОПК-6.1, ОПК-6.2
2.4	Измерительные информационные системы		1	4		1,15	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу			7	20		6,15			
3. Раздел 3. Основы стандартизации									
3.1	Основные понятия. Цели стандартизации. История развития	4	1			2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-6.1, ОПК-6.2
3.2	Задачи, органы и службы стандартизации. Виды стандартов. Нормативные документы		2			2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка инд. заданий Тестирование	ОПК-6.1, ОПК-6.2
3.3	Методические основы стандартизации. Принципы и методы		1			2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-6.1, ОПК-6.2
Итого по разделу			4			6			
Итого за семестр			17	34		18,15		экзамен	
Итого по дисциплине			17	34		18,15		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Метрология и теплотехнические измерения» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; лабораторные работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные работы с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ, а также в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;
- использование электронных учебников по отдельным темам занятий;
- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, контрольная работа, тестовый опрос, индивидуальная «защита» лабораторных работ и т.д.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Грибанов, Д. Д. Основы метрологии, сертификации и стандартизации : учеб. пособие / Д.Д. Грибанов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 127 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009677-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=330611> (дата обращения: 18.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Эрастов, В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / В.Е. Эрастов. - Москва : Форум, 2017. - 208 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-91134-193-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/636241> (дата обращения: 18.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Самарина, И. Г. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / И. Г. Самарина, Т. Г. Сухонослова ; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2872.pdf&show=dcatalogues/1/1134039/2872.pdf&view=true> (дата обращения: 18.06.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Метрология. Теория измерений: учебник для академического бакалавриата / под общ. редакцией Т.И. Мурашкиной. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. - 167с. - ISBN 978-5-534-07295-2. - Текст : электронный. - URL: <https://urait.ru/viewer/metrologiya-teoriya-izmereniy-434719#page/1> (дата обращения: 18.06.2022).

3. Пелевин, В. Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. — Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2019. — 273 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006769-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?pid=988250> (дата обращения: 18.06.2022). – Режим доступа: по подписке

4. Корнилова, И. Г. Технические измерения и приборы : лабораторный практикум / И. Г. Корнилова, В. В. Гребенникова, А. И. Сергеев ; МГТУ, каф. ПКиСУ. - Магнитогорск, 2010. - 129 с. : ил. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=331.pdf&show=dcatalogues/1/1071836/331.pdf&view=true> (дата обращения: 18.06.2022). - Макрообъект. - Текст: электронный. - Имеется печатный аналог.

5. Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 256 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013964-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1190667> (дата обращения: 18.06.2022). – Режим доступа: по подписке

6. Раннев, Г. Г. Интеллектуальные средства измерений : учебник / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2020. — 280 с. - ISBN 978-5-906818-66-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1054205> (дата обращения: 18.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

#### **в) Методические указания:**

1. Гребенникова, В. В. Технические измерения и приборы: учебное пособие / В. В. Гребенникова, М. В. Вечеркин ; МГТУ, [каф. ЭиЭС]. - Магнитогорск, 2014. - 150 с. : ил., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=817.pdf&show=dcatalogues/1/1116327/817.pdf&view=true> (дата обращения: 18.06.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0543-6. - Имеется печатный аналог.

2. Мухина, Е. Ю. Автоматизация технологических процессов : практикум / Е. Ю. Мухина, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 110 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3507.pdf&show=dcatalogues/1/1514313/3507.pdf&view=true> (дата обращения: 18.06.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

3. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных заданий.  
Приложение 3

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**



### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология.	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий East View Information Services,	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации (ауд.448,437).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (ауд.448).

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций: доска, мультимедийный проектор, экран (ауд.448).

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи для хранения учебно-методической документации (ауд.447а).

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: компьютерный класс: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (ауд.448).

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория метрологии и технологических измерений: лабораторные установки для выполнения лабораторных работ (ауд.452):

- лабораторный стенд «Измерение расхода газа»;
- лабораторный стенд «Поверка термопар»;
- лабораторный стенд «Поверка прибора Диск-250, логометра Ш-4540/1 и прибора А-566»;
- лабораторный стенд «Испытание и поверка КСП-3, вольтметра Ш-4540, прибора Диск-250»;
- лабораторный стенд «Измерение уровня жидкостей»;
- лабораторный стенд «Измерение уровня сыпучих материалов»;
- лабораторный стенд «Преобразователи давления Метран»;
- лабораторный стенд «Статические и динамические характеристики объекта управления»

Электронные плакаты по курсу "Основы метрологии и технические измерения" (136), ключ на 2 ПК.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Метрология и теплотехнические измерения» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту лабораторных работ, решение контрольных задач.

Лабораторные работы направлены на получение практических навыков по теме «Измерение физических величин».

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
Поверка термопар	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На каких явлениях основано действие термоэлектрических термометров?</li> <li>2. Почему при подсоединении термопары к измерительному прибору, пользуются компенсационными проводами?</li> <li>3. Как вводится поправка на температуру свободных концов термопары в автоматических и переносных потенциометрах, милливольтметрах?</li> <li>4. Для каких термопар невозможно применение компенсационных проводов для введения поправки?</li> <li>5. Пределы измерений стандартных термоэлектрических термометров?</li> <li>6. При измерении температуры в печи с помощью хромель-алюмелевой термопары (тип К) вольтметр показал 7,418 мВ. Температура холодного спая была стабилизирована на уровне 30°C. Пользуясь градуировочной таблицей для данной термопары, определить температуру <math>T_x</math> в печи</li> </ol>
Испытание и поверка вторичных приборов работающих в комплекте с термоэлектрическим преобразователем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каковы особенности методики проведения вторичного прибора Диск-250М?</li> <li>2. Что такое основная и дополнительная погрешность прибора?</li> <li>3. Какие погрешности необходимо рассчитать для того, чтобы сделать вывод о результатах поверки?</li> <li>4. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора?</li> <li>5. Какие существуют виды поверок?</li> <li>6. Перечислить метрологические характеристики средств измерений.</li> <li>7. Что относится к неметрологическим характеристикам СИ?</li> <li>8. Отчет по шкале прибора с пределами измерений 0 – 10 А и равномерной шкалой составил 2,5 А. Оценить пределы допустимой абсолютной погрешности этого отсчета при использовании различных СИ с КТ: 0,02/0,01; <math>\textcircled{0,5}</math> и 0,5</li> </ol>
Термометры сопротивления	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какой принцип действия у термометров сопротивления?</li> <li>2. От чего зависит электрическое сопротивление проводника?</li> <li>3. Влияет ли на электрическое сопротивление проводника электрический ток, проходящий по проводнику?</li> <li>4. Что является термометрическим параметром в термометре сопротивления?</li> <li>5. Почему термопреобразователи изготавливают, как правило, из металлов, а не из сплавов?</li> <li>6. Какие преимущества у медного и у платинового термопреобразователей сопротивления?</li> <li>7. Какое значение при измерении температуры имеет показатель тепловой инерции?</li> <li>8. Каким параметром характеризуется чистота материала, идущего на изготовление термометра сопротивления?</li> </ol>

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
	9. Что такое трёхпроводная схема включения термопреобразователя сопротивления?
Испытание и поверка вторичных приборов работающих в комплекте с термометрами сопротивления	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие существуют методы измерения температуры?</li> <li>2. На чём основано действие термометров сопротивления?</li> <li>3. Какие материалы используют для изготовления термометров сопротивления?</li> <li>4. Какие приборы применяют в комплекте с термометрами сопротивления?</li> <li>5. Схемы подключения термометров сопротивления ко вторичному прибору</li> <li>6. Достоинства и недостатки неуравновешенных мостов.</li> <li>7. Как работает уравновешенный мост?</li> <li>8. В чём заключается условие равновесия мостов?</li> <li>9. Принцип действия работы логометрических схем</li> <li>10. Какие виды погрешностей вы знаете?</li> <li>11. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора?</li> </ol>
Пирометры	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какая температура называется яркостной температурой?</li> <li>2. Как определить действительную температуру тела, зная яркостную температуру?</li> <li>3. Устройство пирометров частичного излучения</li> <li>4. Что такое цветовая температура?</li> <li>5. Как смещается максимум кривой распределения спектральной энергетической яркости с увеличением температуры абсолютно чёрного тела?</li> <li>6. Почему цветовая температура наиболее близка к действительной температуре?</li> <li>7. Устройство пирометров спектрального отношения</li> <li>8. Оцените систематическую погрешность измерения температуры радиационным методом. Радиационная температура <math>t_p = 1527 \text{ }^\circ\text{C}</math>, коэффициент теплового излучения <math>\epsilon_t = 0,38</math>.</li> <li>9. Пирометр полного излучения (радиационный) имеет показатель визирования <math>n = 1/7</math>, диаметр калильной трубки, на которую визируется пирометр, 30 мм.</li> <li>10. Можно ли пирометром полного излучения измерить температуру слитка в нагревательном колодце, если сторона слитка имеет размеры 1800x400 мм, расстояние от слитка до пирометра 1400 мм, показатель визирования <math>n = 1/7</math>?</li> <li>11. Каким образом в пирометрическом преобразователе ППТ-142 исключается влияние температуры корпуса телескопа?</li> <li>12. Какие существуют способы исключения влияния температуры корпуса телескопа на результат измерения?</li> </ol>

### Примеры задач по теме «Выбор средств измерений»

**Пример 1.** Определить верхний предел измерения и основную приведенную погрешность датчика для измерения тяги газотурбинного двигателя (ГТД)  $P = (1,6 \pm 0,1) \text{ кН}$ .

**Решение:** Наибольшая и наименьшая предельные тяги  $P_{\max} = 1,6 + 0,1 = 1,7 \text{ кН}$ ;  $P_{\min} = 1,6 - 0,1 = 1,5 \text{ кН}$ ; допуск  $T = 1,7 - 1,5 = 0,2 \text{ кН}$ ; основная допустимая абсолютная погрешность датчика (допуск на измерение)  $\Delta = 0,33 \cdot T = 0,33 \cdot 0,2 = 0,066 \text{ кН}$ ; нижний предел рабочей части шкалы  $H < 1,5 - 0,066 = 1,434 \text{ кН}$ ; верхний предел рабочей части шкалы  $B > 1,7 + 0,066 = 1,766 \text{ кН}$ . Выбираем датчик усилий с верхним пределом измерения  $B = 2 \text{ кН}$ . Нормирующее значение для определения основной приведенной погрешности датчика  $X_N = 2,0 \text{ кН}$ . Определяем предел допускаемой основной приведенной погрешности датчика  $\gamma = 0,066/2 \cdot 100 = \pm 3,3\%$ . Ближайшим меньшим значением этой погрешности по отношению к найденному является  $\gamma = 2\%$ .

**Пример 2.** Определить пределы измерения и класс точности вольтметра для измерения напряжения питания бортовой сети самолета  $V = 27 \pm 2,7$  В.

**Решение:** Наибольшее предельное напряжение  $V_{\max} = 27 + 2,7 = 29,7$  В; наименьшее  $V_{\min} = 27 - 2,7 = 24,3$  В; допуск  $T = 29,7 - 24,3 = 5,4$  В; основная допустимая абсолютная погрешность вольтметра (допуск на измерение)  $\Delta = 0,33T = 0,33 \cdot 5,4 = 1,78$  В; нижний предел рабочей части шкалы  $H < 24,3 - 1,78 = 22,52$  В; верхний предел  $B > 29,7 + 1,78 = 31,48$  В. В соответствии с данными по H и B выбираем вольтметр с верхним пределом измерений 40 В. Основная приведенная погрешность этого прибора  $\gamma = 1,78/40 \cdot 100 = 4,45\%$ . Найденному значению  $\gamma$  соответствует класс точности 5.

**Пример 3.** Определить основную приведенную погрешность и пределы измерения виброакселерометра для измерения виброускорения  $a = 50 \pm 2$  м/с<sup>2</sup>.

**Решение:** Наибольшее предельное значение виброускорения  $a_{\max} = 50 + 2 = 52$  м/с<sup>2</sup>; наименьшее его значение  $a_{\min} = 50 - 2 = 48$  м/с<sup>2</sup>; допуск  $T = 52 - 48 = 4$  м/с<sup>2</sup>; основная допустимая абсолютная погрешность виброакселерометра (допуск на измерение)  $\Delta = 0,33T = 0,33 \cdot 4 = 1,32$  м/с<sup>2</sup>; нижний предел рабочей части шкалы  $H < 48 - 1,32 = 46,68$  м/с<sup>2</sup>; верхний  $B > 52 + 1,32 = 53,32$  м/с<sup>2</sup>. В соответствии с данными по H и B выбираем виброакселерометр с верхним пределом измерения 100 м/с<sup>2</sup>. Можно 60 м/с<sup>2</sup>

Основная приведенная погрешность этого прибора  $\gamma = 1,32 \cdot 100/100 = 1,32\%$

#### Примеры задач по теме «Основные положения теории погрешностей»

**Пример 1.** Манометр с диапазоном измерений от 0 до 6,3 МПа поверяли с помощью эталонного СИ в четырех поверяемых точках:

Поверяемая точка, МПа:	0	2	4	6
Значение эталонного манометра, МПа:	0,1	2,07	3,99	6,05

Необходимо рассчитать абсолютную, относительную и приведенную погрешности для каждой поверяемой точки термометра и определить его класс точности.

**Решение.** Погрешность измерения (абсолютная погрешность)  $\Delta$  определяется по формуле:

$$\Delta = X_{\text{изм}} - X_{\text{д}}, \quad (1)$$

где  $X_{\text{изм}}$  – измеренное значение величины X;  $X_{\text{д}}$  – действительное значение измеряемой величины X.

Относительная погрешность измерения  $\delta$  рассчитывается по формуле (2), приведенная погрешность  $\gamma$  рассчитывается по формуле (3), обе они выражены в процентах:

$$\delta = \frac{|\Delta|}{X_{\text{д}}} \cdot 100 [\%], \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{|\Delta|}{X_{\text{н}}} \cdot 100 [\%], \quad (3)$$

где  $X_{\text{н}}$  – нормирующее значение СИ, как правило, это диапазон показаний СИ или его верхний предел измерений.

Таблица - Результаты расчетов

Поверяемая точка, МПа	Значение эталонного термометра, МПа	Абсолютная погрешность $\Delta$ , МПа	Относительная погрешность измерения $\delta$ , %	Приведенная погрешность измерения $\gamma$ , %
0	0,1	-0,1	—	1,6
2	2,07	-0,07	3,5	1,1
4	3,99	0,01	0,2	0,2

6	6,05	-0,05	0,8	0,8
---	------	-------	-----	-----

Класс точности СИ выбираем из ряда  $1 \cdot 10^n, 1,5 \cdot 10^n, 2 \cdot 10^n, 2,5 \cdot 10^n, 4 \cdot 10^n, 5 \cdot 10^n, 6 \cdot 10^n$ , где  $n = 1, 0, -1, -2$  и т.д. Значения  $1,6 \cdot 10^n$  и  $3 \cdot 10^n$  не устанавливаются для вновь разрабатываемых СИ.

У пригодного СИ максимальная приведенная погрешность должна быть меньше к.т. Так как максимальная приведенная погрешность манометра  $1,6\% < 2$ , то к.т. = 2.

**Ответ:** к.т. манометра 2.

**Пример 2.** Класс точности расходомера 0,2, диапазон показаний от 0 до 800 м<sup>3</sup>/ч. Определить допустимую погрешность СИ в единицах измерения.

**Решение.** Класс точности – это обобщенная метрологическая характеристика СИ, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими свойствами СИ, влияющими на их точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды СИ. Как правило, класс точности нормируется по приведенной погрешности к.т. >  $\gamma$ , поэтому выразим из формулы (3) абсолютную погрешность измерения  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{\gamma \cdot X_H}{100} = \frac{0,2 \cdot 800}{100} = 1,6 \text{ [м}^3/\text{ч]}$$

**Ответ:** допустимая погрешность расходомера  $\Delta_{\text{доп}} < 1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

**Пример 3.** Измерение давления производилось манометром с пределами измерения 0 – 6,3 МПа и токовым выходным сигналом 0 – 5 мА, к.т. 0,5. Характеристика преобразователя давления линейная. При измерении давления выходной сигнал составил 3,72 мА. Необходимо определить величину измеряемого давления и чувствительность средства измерения.

**Решение.** Построим линейную градуировочную (статическую) характеристику преобразователя давления по двум точкам. Первая точка характеристики: при давлении 0 МПа – выходной сигнал манометра 0 мА; вторая точка характеристики: при давлении 6,3 МПа – выходной сигнал манометра 5 мА, рис. 1.

Чувствительность датчика (коэффициент преобразования)  $S$  показывает на сколько единиц изменится выходной сигнал, если входной сигнал датчика, т.е. ИФВ, изменится на единицу.

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (4)$$

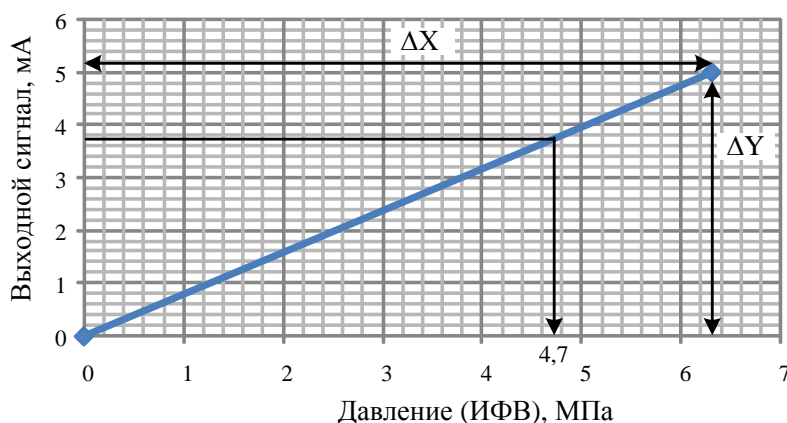


Рис. 1. Градуировочная характеристика датчика

Подставив исходные данные в формулу (4) получим:

$$S = \frac{5 - 0}{6,3 - 0} = 0,794 \approx 0,79 \left[ \frac{\text{мА}}{\text{МПа}} \right].$$

Для линейной статической характеристики чувствительность  $S$  постоянна на всем диапазоне ИФВ. Уравнение линейной характеристики датчика в общем виде:

$$Y(X) = Y(0) + S \cdot X, \quad (5)$$

где  $X$  – входной измеряемый сигнал датчика, давление, МПа;  $Y$  – выходной сигнал датчика, сигнал постоянного тока, мА;  $Y(0)$  – значение выходного сигнала при  $X = 0$ .

По формуле (5) и рис. 1 определим уравнение характеристики датчика:  $Y(X) = 0 + 0,79X$ . Подставим известное значение выходного сигнала  $Y = 3,72$  мА в полученное уравнение и определим  $X$ :

$$3,72 = 0 + 0,79X; \quad X = \frac{Y(X) - 0}{0,794} = \frac{3,72}{0,79} = 4,7 \text{ МПа}.$$

Значение ИФВ можно определить менее точно по графику градуировочной характеристики датчика, см. рис. 1.

**Ответ:** измеряемое давление равно 4,7 МПа; чувствительность преобразователя  $S = 0,79$  мА/МПа.

### Пример варианта контрольной работы №1

1. Оцените относительную погрешность простых бытовых часов с суточным ходом в 20 с (суточный ход – поправка к показаниям часов за 1 сутки).
2. При измерении температуры термометр показал  $20^\circ\text{C}$ , СКП  $0,3^\circ\text{C}$ . Систематическая погрешность  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Указать доверительные границы истинного значения температуры с  $P_{\text{дов}} = 0,9973$ .
3. Измерение силы тока дало следующие результаты: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,2; 10,4 А. Необходимо проверить, не является ли промахом значение 10,4 А
4. Энергия определяется уравнением  $E = m \cdot c^2$ , где  $m$  – масса,  $c$  – скорость света. Определить размерность энергии в системе ЛМТ.

### Пример варианта контрольной работы №2

1. Введите поправку в показания термопары и определите температуру рабочего конца, если термо-ЭДС термометра  $S$  равна 3,75 мВ, а температура свободных концов  $32^\circ\text{C}$ .
2. Одинаковы ли значения коэффициентов преобразования у медных термометров сопротивления градуировки 50М и 100М в интервале  $0 - 150^\circ\text{C}$ ?
3. Температура измеряется пирометром частичного излучения. Вторичный прибор показывает температуру  $1100^\circ\text{C}$ . Определить действительную температуру и систематическую погрешность ( $T_{\text{а.ч.т.}} - T_{\text{д}}$ ), если коэффициент теплового излучения 0,75 и длина волны 0,65 мкм.
4. Что означает аббревиатура ПП, ХК?
5. Есть возможность измерить температуру термопарой и пирометром. Чему отдадите предпочтение и почему?

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

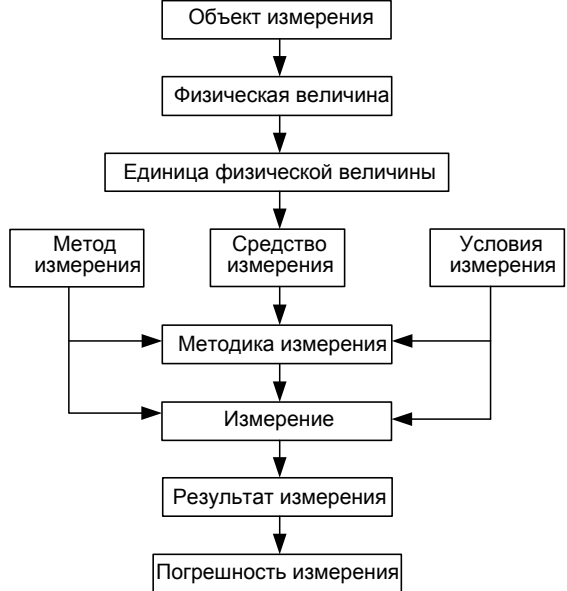
**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ОПК-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники</b>		
ОПК-6.1	<p>Определяет способы измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники</p>	<p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метрология. Основные понятия и определения</li> <li>2. Государственная система приборов (ГСП)</li> <li>3. Единство измерений</li> <li>4. Измеряемые величины. Виды измерений</li> <li>5. Методы измерений. Методика выполнения измерений</li> <li>6. Основные положения теории погрешностей. Классификация погрешностей</li> <li>7. Вероятностные оценки погрешностей измерения</li> <li>8. Средства измерения, виды. Сигналя измерительной информации</li> <li>9. Метрологические характеристики. Неметрологические характеристики</li> <li>10. Структурные схемы и свойства средств измерения</li> <li>11. Обработка результатов измерения</li> <li>12. Измерение магнитных величин. Параметры, характеристик, схемы измерения</li> <li>13. Измерение неэлектрических величин. Классификация</li> <li>14. Измерение температуры термометрами сопротивления (пределы измерения, градуировки). Требования, предъявляемые к материалу</li> <li>15. Преобразователи неэлектрических величин. Металлические термометры сопротивления</li> <li>16. Преобразователи неэлектрических величин. Полупроводниковые термометры сопротивления</li> <li>17. Преобразователи неэлектрических величин. Эффекты Томсона, Зеебека и Пельтье</li> <li>18. Преобразователи неэлектрических величин. Термоэлектрические преобразователи</li> <li>19. Стандартные термоэлектрические преобразователи (пределы измерения, градуировки, материал электродов)</li> <li>20. Способы исключения влияния температуры свободных концов термопар.</li> </ol>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>21. Требования, предъявляемые к материалам, термопар</p> <p>22. Преобразователи неэлектрических величин. Законы излучения</p> <p>23. Преобразователи неэлектрических величин. Пирометры</p> <p>24. Уравновешенные мосты. Достоинства, недостатки.</p> <p>25. Способы подключения термометров сопротивления</p> <p>26. Неуравновешенные мосты. Достоинства, недостатки</p> <p>27. Прибор 250М</p> <p>28. Логометрические схемы</p> <p>29. Милливольтметр. Принцип действия. Устройство. Достоинства, недостатки</p> <p>30. Измерительные информационные системы</p> <p>31. Способы представления информации</p> <p>32. Информационные технологии, используемые при поиске информации</p> <p>33. Основные понятия стандартизации</p> <p>34. Цели стандартизации</p> <p>35. Задачи стандартизации</p> <p>36. Органы и службы стандартизации</p> <p>37. Виды стандартов.</p> <p>38. Нормативные документы</p> <p>39. Методические основы стандартизации.</p> <p>40. Принципы и методы стандартизации</p> <p><b>Примеры практических заданий:</b></p> <p><b>Задание 1.</b> Используя различные литературные источники дать определение каждому термину из следующей схемы.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;"><b>Виды измерений</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>По числу измерений величины       <ul style="list-style-type: none"> <li>Многократные</li> <li>Однократные</li> </ul> </li> <li>По условиям измерений       <ul style="list-style-type: none"> <li>Неравноточные</li> <li>Равноточные</li> </ul> </li> <li>По степени достаточности измерений       <ul style="list-style-type: none"> <li>Избыточные</li> <li>Необходимые</li> </ul> </li> <li>По связи с объектом       <ul style="list-style-type: none"> <li>Бесконтактные</li> <li>Контактные</li> </ul> </li> <li>По точности оценки погрешности       <ul style="list-style-type: none"> <li>Технические</li> <li>Лабораторные (исследовательские)</li> </ul> </li> </ul> <p>С приближенным оцениванием погрешности — (Технические, Лабораторные (исследовательские))  С точным оцениванием погрешности — (Лабораторные (исследовательские))</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>По способу получения результата       <ul style="list-style-type: none"> <li>Прямые (непосредственные)</li> <li>Косвенные</li> <li>Совокупные</li> <li>Совместные</li> <li>Динамические</li> <li>Статические</li> </ul> </li> <li>По методу</li> <li>По характеру результата измерений       <ul style="list-style-type: none"> <li>Абсолютные</li> <li>Допусковые (пороговые)</li> <li>Относительные</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Задание 2.</b> Используя различные интернет источники дать определение каждому термину из следующей схемы.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		 <pre> graph TD     A[Объект измерения] --&gt; B[Физическая величина]     B --&gt; C[Единица физической величины]     C --&gt; D[Метод измерения]     C --&gt; E[Средство измерения]     C --&gt; F[Условия измерения]     D --&gt; G[Методика измерения]     E --&gt; G     F --&gt; G     G --&gt; H[Измерение]     H --&gt; I[Результат измерения]     I --&gt; J[Погрешность измерения] </pre>
ОПК-6.2	Осуществляет измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники	<p><b>Примеры практических заданий для экзамена:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Медный термометр сопротивления имеет сопротивление <math>R_{20} = 1,75</math> Ом. Определить его сопротивление при 100 и 150 °С (<math>\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}</math>)</li> <li>2. Введите поправку в показания термопары и определите температуру рабочего конца, если термо-ЭДС термометра типа S = 3,75 мВ, температура свободных концов 32 °С</li> <li>3. Амперметр с пределом измерения 10 А показал при измерениях ток 5,3 А при его действительном значении 5,23 А. Определите абсолютную, относительную и относительную приведенную погрешности</li> </ol> <p>Имеются два амперметра: один КТ 0,5 имеет верхний предел измерения 20 А, другой КТ 1,5 имеет верхний предел измерения 5 А. Определите, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности при измерении тока 3 А</p> <p><b>Примеры практических задач:</b></p> <p><b>Задача 1.</b> Рассчитать недостающую температуру пользуясь таблицами статических характеристик термопар в соответствии с ГОСТ Р 8.585–2001 "Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования". Решение пояснить. Требуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) указать международный и российский шифр термопары;</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																																																																														
		<p>б) полное наименование термопары и химический состав электродов;  в) пределы измерения температур для которых в ГОСТ Р 8.585–2001 приведены номинальные значения термоЭДС;  г) рассчитать недостающую температуру.</p> <p style="text-align: center;">Значения температур по вариантам</p> <table border="1" data-bbox="943 400 2121 715"> <thead> <tr> <th>Вариант</th> <th>Температура свободного спая, °С</th> <th>Температура рабочего спая (измеряемого объекта), °С</th> <th>Измеренная температура, °С</th> <th>Обозначение термопары</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>35</td> <td>705</td> <td><math>T_{и} = ?</math></td> <td>К</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>125</td> <td>1525</td> <td><math>T_{и} = ?</math></td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>45</td> <td>1204</td> <td><math>T_{и} = ?</math></td> <td>R</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20</td> <td>-155</td> <td><math>T_{и} = ?</math></td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>48</td> <td><math>T_{д} = ?</math></td> <td>450</td> <td>L</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Задача 2.</b> Диапазон показаний прибора от 0 до 1000 °С. По вариантам представлены значения измеренные эталонным средством измерения (СИ) для одиннадцати поверяемых точек. Требуется:</p> <p>а) рассчитать абсолютную, относительную и приведенную погрешности для каждой поверяемой точки прибора;  б) определить класс точности СИ.</p> <p><b>Задача 3.</b> Определите доверительный интервал действительного значения измеряемой физической величины с доверительной вероятностью <math>P_{дов}</math>, если измерения были многократные и равноточные. Требуется:</p> <p>а) из РМГ29-99 "ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения" выписать определения понятий: многократное измерение, равноточные измерения, размах результатов измерений, доверительные границы погрешности измерения;  б) определить размах результатов измерений <math>R_n</math>;  в) определить доверительный интервал ИФВ.</p> <p style="text-align: center;">Задание по вариантам</p> <table border="1" data-bbox="943 1225 2101 1469"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Вар.</th> <th rowspan="2"><math>P_{дов}</math></th> <th colspan="9">Номер измерения и значение величины <math>X_{измi}</math></th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>84,15</td> <td>84,06</td> <td>83,8</td> <td>83,9</td> <td>84,1</td> <td>84</td> <td>84,02</td> <td>84,03</td> <td>–</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,99</td> <td>53</td> <td>52</td> <td>52,5</td> <td>51</td> <td>48,5</td> <td>50,2</td> <td>50,3</td> <td>49,2</td> <td>–</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,98</td> <td>7,05</td> <td>6,9</td> <td>6,85</td> <td>7,2</td> <td>6,74</td> <td>7,25</td> <td>6,7</td> <td>6,6</td> <td>–</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,9</td> <td>4,3</td> <td>4,2</td> <td>4,25</td> <td>4,1</td> <td>3,85</td> <td>4,02</td> <td>4,03</td> <td>4,12</td> <td>–</td> </tr> </tbody> </table>	Вариант	Температура свободного спая, °С	Температура рабочего спая (измеряемого объекта), °С	Измеренная температура, °С	Обозначение термопары	1	35	705	$T_{и} = ?$	К	2	125	1525	$T_{и} = ?$	S	3	45	1204	$T_{и} = ?$	R	4	20	-155	$T_{и} = ?$	M	5	48	$T_{д} = ?$	450	L	Вар.	$P_{дов}$	Номер измерения и значение величины $X_{измi}$									1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	0,95	84,15	84,06	83,8	83,9	84,1	84	84,02	84,03	–	2	0,99	53	52	52,5	51	48,5	50,2	50,3	49,2	–	3	0,98	7,05	6,9	6,85	7,2	6,74	7,25	6,7	6,6	–	4	0,9	4,3	4,2	4,25	4,1	3,85	4,02	4,03	4,12	–
Вариант	Температура свободного спая, °С	Температура рабочего спая (измеряемого объекта), °С	Измеренная температура, °С	Обозначение термопары																																																																																												
1	35	705	$T_{и} = ?$	К																																																																																												
2	125	1525	$T_{и} = ?$	S																																																																																												
3	45	1204	$T_{и} = ?$	R																																																																																												
4	20	-155	$T_{и} = ?$	M																																																																																												
5	48	$T_{д} = ?$	450	L																																																																																												
Вар.	$P_{дов}$	Номер измерения и значение величины $X_{измi}$																																																																																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																						
1	0,95	84,15	84,06	83,8	83,9	84,1	84	84,02	84,03	–																																																																																						
2	0,99	53	52	52,5	51	48,5	50,2	50,3	49,2	–																																																																																						
3	0,98	7,05	6,9	6,85	7,2	6,74	7,25	6,7	6,6	–																																																																																						
4	0,9	4,3	4,2	4,25	4,1	3,85	4,02	4,03	4,12	–																																																																																						

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства										
		5	0,95	890,3	890,2	890,3	890,1	889,9	890	890,2	890,6	–
		<p><i><b>Примеры тестовых заданий:</b></i></p> <p>1. В каких случаях применяются пирометры?  а) при измерении высоких температур;    в) при измерении температуры движущихся объектов;  б) при измерении температур ниже 0°С;    г) когда необходимо обеспечить высокую точность.</p> <p>2. Какой метод измерения лежит в основе работы термопары и термометра сопротивления  а) контактный;   б) бесконтактный;   в) косвенный.</p> <p>3. Как изменяются свойства материала термометра сопротивления при изменении температуры  а) изменяется электрическое сопротивление;  б) изменяется плотность;  в) изменяется длина проводника.</p> <p>4. Как изменяется сопротивление у полупроводниковых термометров сопротивления при увеличении температуры  а) увеличивается;   б) уменьшается;   в) не изменяется.</p> <p>5. Основной закон, который лежит в основе работы термопары  а) закон Планка;   б) закон Томсона;   в) закон Пельтье.</p> <p>6. Сколько спаев бывает у термопары  а) 1;   б) 2;   в) 3;   г) зависит от условий измерения.</p> <p>7. Какие спаи термопары помещаются в измерительную среду  а) рабочие;   б) холодные;   в) горячие;   г) свободные.</p> <p>8. Для чего вводят поправку на температуру холодных спаев, чтобы  а) температура холодных спаев была ноль;  б) температура холодных спаев была равна температуре горячих спаев.</p> <p>9. Какой метод измерения лежит в основе работы пирометров  а) контактный;   б) бесконтактный;   в) прямой.</p>										

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Метрология и теплотехнические измерения» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена с оценкой.

Экзамен проводится в устной форме по теоретическим вопросам и задачам.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «*отлично*» (5 баллов) – обучающийся должен полно раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, чётко и правильно дать определения, привести доказательства на основе математических и логических выкладок, показать навыки исследовательской деятельности. Ответ должен быть самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее;

– на оценку «*хорошо*» (4 балла) – обучающийся должен раскрыть содержание материала в объеме программы дисциплины, в основном правильно дать основные определения и понятия предмета. При ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения, допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов, практические навыки нетвёрдые;

– на оценку «*удовлетворительно*» (3 балла) – обучающийся должен усвоить основное содержание материала. При ответе определения и понятия даны не чётко, допущены ошибки при промежуточных математических выкладках в выводах, практические навыки слабые;

– на оценку «*неудовлетворительно*» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач. При ответе допущены грубые ошибки в определениях, доказательства теорем не проведено, не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя, отсутствуют навыки исследовательской деятельности;

– на оценку «*неудовлетворительно*» (1 балл) – не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, основное содержание учебного материала не раскрыто.

**Методические рекомендации по выполнению индивидуальных заданий**

Задания выполняются обучающимся самостоятельно. При выполнении задания обучающийся должен продемонстрировать навыки работы с литературными источниками, умение извлекать информацию и анализировать ее. Отчет к заданиям оформляется в соответствии с требованиями, приведенными ниже. Текст отчета выкладывается на образовательный портал.

**Перечень заданий.**

**Задание 1.**

Дать определения каждому понятию из приведенной ниже схемы.



Рисунок – Виды измерений

**Задание 2.**

Дать определения каждому понятию из приведенной ниже схемы.

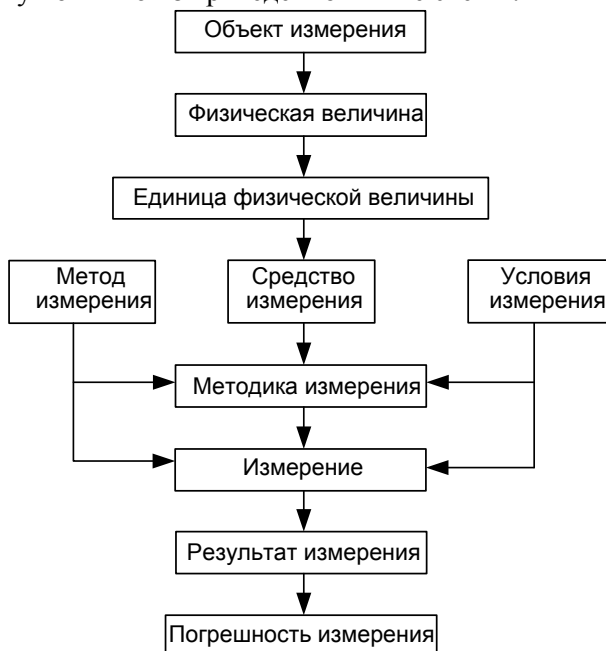


Рисунок – Операции измерения

**Задание 3.**

Дать определения каждому виду погрешности из приведенной ниже схемы.

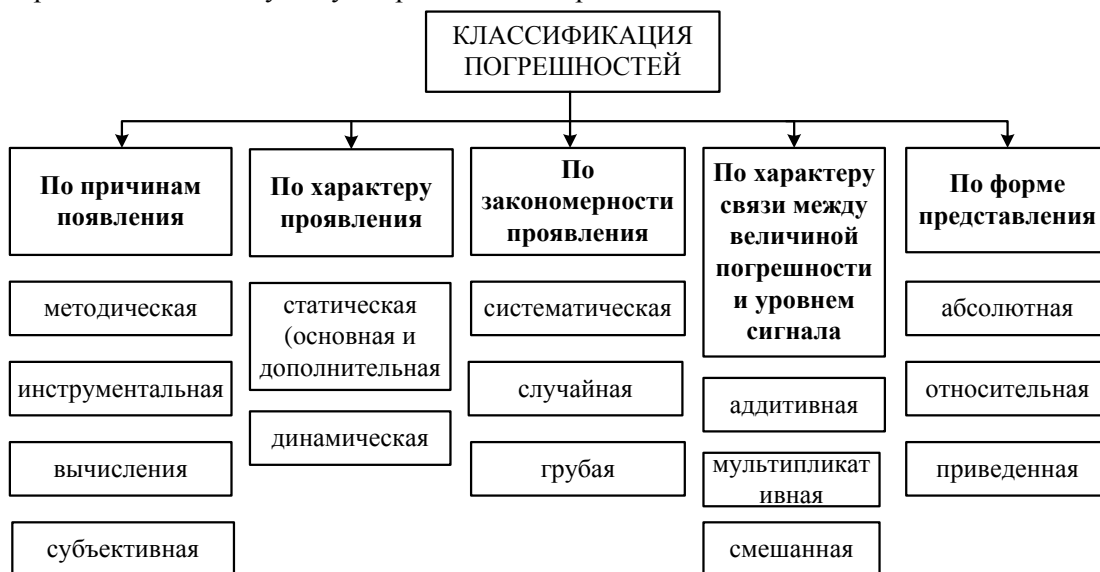


Рисунок – Классификация погрешностей

**Задание 4.**

Дать определения каждому понятию из приведенной ниже схемы.

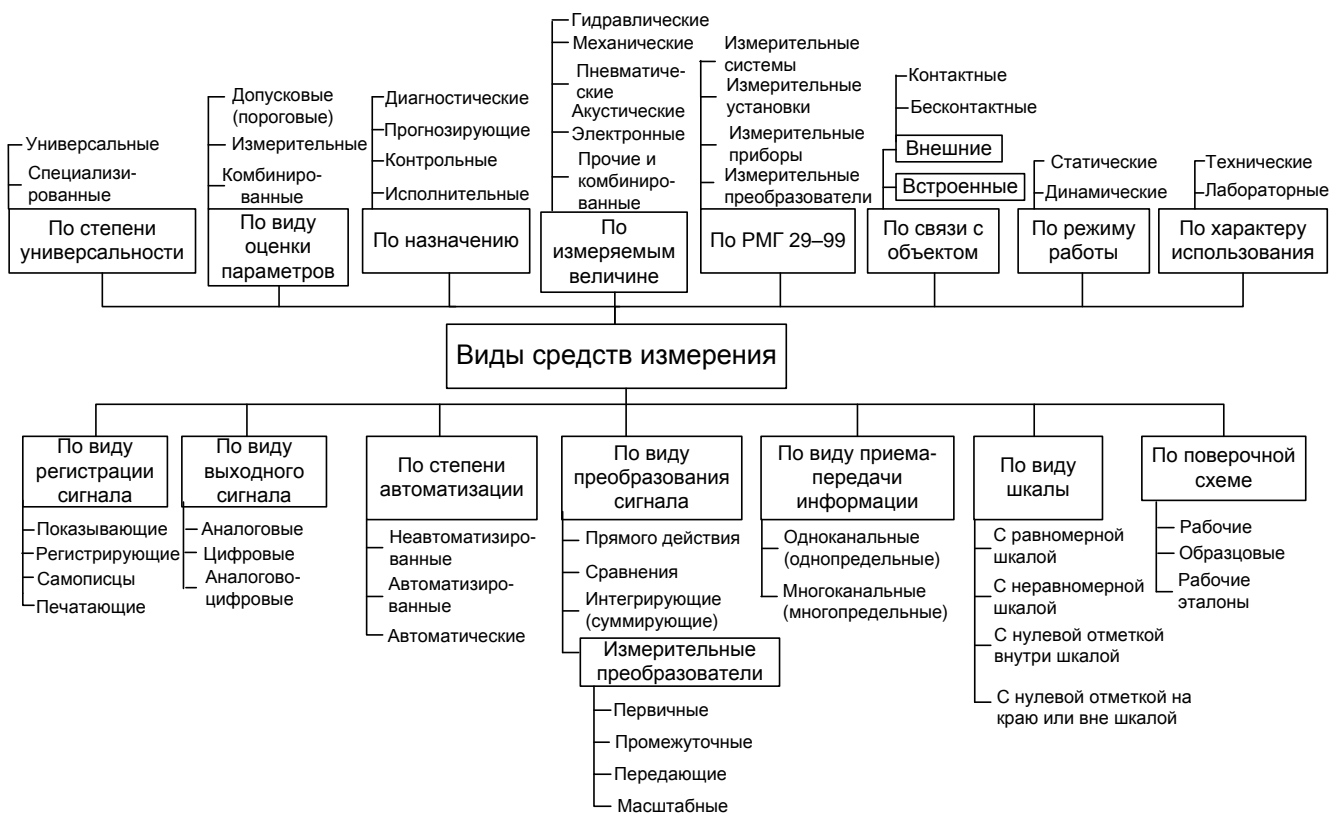


Рисунок – Классификация средств измерений

**Требования к оформлению отчета.**



Формат листа А4. Шрифт Times New Roman, размер 12, межстрочный интервал 1,5. Выравнивание текста по ширине. Абзац 1,25. Параметра страницы: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Номер страницы проставляется внизу от центра.

Каждый термин записывается с новой строки с абзачного отступа.

В тексте обязательно должны быть расставлены ссылки на использованные источники. Список использованных источников формируется в порядке ссылок по тексту реферата и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100 -2018.

*Примеры библиографических описаний (ГОСТ 7.0.100 -2018)*

*1. Описание изданий с одним автором*

Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учеб. для сред. проф. образ. / Ю.Д. Сибикин; Среднее проф. Образование, Строительство и архитектура. – Москва: Academia, 2006. – 362 с.: ил., табл. – ISBN 5-7695-2250-3. – Текст: непосредственный.

*2. Описание с двумя авторами*

Чертов, А.Г. Задачник по физике: учеб. пособие / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва: Физматлит, 2008. – 640 с.: ил. – ISBN 9875-94052-145-2. – Текст: непосредственный.

*3. Описание с тремя авторами*

Варламова, Л.Н. Управление документацией: англо-русский аннотированный словарь стандартизированной терминологии / Л.Н. Варламова, Л.С. Баюн, К.А. Бастрикова. – Москва: Спутник+, 2017. – 398 с. – ISBN 978-5-9973-4489-4. – Текст: непосредственный.

*4. Описание изданий под заглавием (5 и более авторов)*

Математика: учеб. пособие / Ю.М. Данилов, Л.Н. Журбенко, Г.А. Никонова [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Казанский государственный технологический университет. – Москва: ИНФРА-М, 2011. – 496 с.: ил., табл. – ISBN 5-16-0022673-2. – Текст: непосредственный.

*5. Описание многотомных изданий*

Материалы и элементы электронной техники. В 2 томах. Т.1. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник для студ. вузов, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. – Москва: ИЦ Академия, 2006. – 440 с. – Библиогр.: с. 435-438. – Предм. указ.: с. 438-440. – ISBN 5-7695-2785-4. – Текст: непосредственный.

*6. Описание законодательных материалов*

Гражданский процессуальный кодекс РСФСР: [принят третьей сес. Верхов. Совета РСФСР шестого созыва 11 июня 1964 г.]: офиц. текст: по состоянию на 15.11.2001 г.; Министерство юстиции Российской Федерации. – Москва: Маркетинг, 2001. – 159 с. – 3000 экз. – ISBN 5-94462-191-5. – Текст: непосредственный.

*7. Описание стандартов*

ГОСТ Р 57564–2017. Организация и проведение работ по международной стандартизации в Российской Федерации = Organization and implementation of activity on international standardization in Russian Federation: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2017 г. № 767-ст : введен впервые: дата введения 2017-12-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ). – Москва: Стандартинформ, 2017. – V, 43, [1] с.; 29 см. – 33 экз. – Текст непосредственный.

*8. Описание патентных документов*

Патент № 2637215 Российская Федерация, МПК В02С 19/16 (2006.01), В02С 17/00 (2006.01). Вибрационная мельница: № 2017105030: заявл. 15.02.2017: опубл. 01.12.2017 / [Артеменко К. И.](#), [Богданов Н. Э.](#); заявитель БГТУ. – 4 с.: ил. – Текст: непосредственный.

*9. Описание периодических изданий*

Безопасность жизнедеятельности. – ISSN 1684-6435. – Текст: непосредственный.

Вестник древней истории. – ISSN 0321-0391. – URL:

<https://dlib.eastview.com/browse/publication/669/udb/12> (дата обращения 02.10.2019). – Текст: электронный.

#### *10. Описание изданий МГТУ*

Парсункин, Б.Н. Локальные стабилизирующие контуры автоматического управления в АСУ ТП промышленного производства: монография / Б.Н. Парсункин, С.М. Андреев, О.С. Логунова, Т.У. Ахметов; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. – 406 с. – ISBN 978-5-4253-0418-0. – Текст: непосредственный.

#### *11. Описание электронных изданий МГТУ (макрообъекты)*

Мухина, Е. Ю. Проектирование автоматизированных систем: конспект лекций / Е.Ю. Мухина; МГТУ. – Магнитогорск: МГТУ, 2014. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1154.pdf&show=dcatalogues/1/1121181/1154.pdf&view=true> (дата обращения 09.10.2019). – Макрообъект. – Текст: электронный.

#### *12. Описание ЭБС «Лань»*

Основы металлургического производства: учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев, В.М. Салганик. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 616с.: ил., табл. – ISBN 978-5-8114-2486-3. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e/lanbook.com/book/90165> (дата обращения 02.10.2019). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### *13. Описание ЭБС «Знаниум»*

Попов, Ю. И. Управление проектами: учебное пособие / Ю. И. Попов, О. В. Яковенко. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 208 с. — (Учебники для программы MBA). — ISBN 978-5-16-002337-3. — URL: <https://new.znanium.com/read?id=329884> (дата обращения 10.10.2019). – Текст: электронный.

#### *14. Описание ЭБС «Юрайт»*

Троценко, В.В. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: учебное пособие для академического бакалавриата / В.В. Троценко, В.К. Федоров, А.И. Забудский, В.В. Комендантов. - Москва: Юрайт, 2019. – 136с. – ISBN 978-5-534-09938-6. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/viewer/sistemy-upravleniya-tehnologicheskimi-processami-i-informacionnye-tehnologii-438994#page/2> (дата обращения 10.10.2019).

#### *15. Описание сайтов в сети Интернет*

Государственный Эрмитаж: [сайт]. – Санкт-Петербург, 1998. – URL: <http://www.hermitagemuseum.org/wps/portal/hermitage> (дата обращения: 16.08.2019). – Текст. Изображение: электронные.

ТАСС: информационное агентство России: [сайт]. – Москва, 1999. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://tass.ru> (дата обращения: 26.05.2019). – Текст: электронный.

Электронная библиотека: библиотека диссертаций: сайт / Российская государственная библиотека. – Москва: РГБ, 2003. – URL: <http://diss.rsl.ru/?lang=ru> (дата обращения: 20.07.2019). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст: электронный.