

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Колледж СКФУ в г. Ставрополе

**Методические указания
для практических занятий по дисциплине**

ОП. 07 Методы и средства контроля

Специальность 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг
(по отраслям)

Форма обучения очная

Ставрополь

Методические указания для практических занятий по дисциплине ОП.07 Методы и средства контроля составлены в соответствии с ФГОС. Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям).

Методические указания учебной дисциплины разработаны:

Разинькова В.Г., ассистент каф. ПТиИ СКФУ, преподаватель колледжа СКФУ

Пояснительная записка

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине ОП.07 Методы и средства контроля составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям) в целях закрепления теоретического материала и приобретения практических навыков по данной дисциплине.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте;
- порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности;
- информационные источники, применяемые в профессиональной деятельности;
- правила оформления документов;
- назначение и принцип действия измерительного оборудования, устройства назначения, правила настройки, регулирование контрольно-измерительных инструментов и приборов;
- составляющие погрешности измерений;
- методы определения погрешностей измерений;
- формы описания объектов измерения: величины, сигналы, измерительная информация;
- методы и средства измерений неэлектрических величин;
- методы и средства измерений электрических величин;
- виды и средства контроля; виды и средства испытаний.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- правильно выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и / или проблемы;
- определять необходимые ресурсы;
- определять необходимые источники информации;
- применять измерительное оборудование;
- оценивать влияние качества сырья и материалов на качество готовой продукции, выбирать метод измерения, обеспечивающий минимальную погрешность измерений;
- выбирать средства измерений, измерительные приборы, обеспечивающие требуемую точность измерений; определять погрешность измерения; классифицировать методы измерения;
- оценивать свойства средств измерений;
- находить соотношения между единицами различных систем;
- определять метрологические характеристики средств измерений;
- оформлять результаты поверки средств измерений;
- обрабатывать результаты измерений.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ
ТЕМА 1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1
СИСТЕМА ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНАЯ (СИ) ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН

Цели работы:

- овладение умением пользоваться международной системой физических единиц и приобрести практические навыки применения теории размерностей;
- овладение умениями перевода внесистемных единиц измерения физических величин в единицы Международной системы (СИ).

План занятия:

1. Определение физической величины.
2. Международная система единиц физической величины.
3. Порядок выполнения работы.
4. Задания для выполнения.

Теория

1 Определение физической величины

В науке, технике и повседневной жизни человек имеет дело с разнообразными свойствами окружающих нас физических объектов. Их описание производится посредством физических величин.

Физическая величина (ФВ) – свойство физического объекта, общее для многих объектов в качественном отношении (например, сопротивление R – это вид величины), но индивидуальное в количественном отношении (10 Ом – это размер величины).

Чтобы установить для каждого объекта различия в количественном содержании свойства, отображаемого физической величиной, в метрологии введены понятия ее размера и значения.

Размер ФВ – это количественное содержание свойства в данном объекте: все тела различаются по массе, т.е. по размеру этой ФВ.

Значение ФВ – это выражение ее размера в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Например: 0,001 км; 1 м; 100 см; 1000 мм – четыре варианта представления одного и того же размера величины, в данном случае длины.

Единица ФВ – это величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1.

Пример: единицы одной и той же величины могут различаться по своему размеру (метр, фут и дюйм) являясь единицами длины, имеют различный размер: 1 фут = 0,3048 м, 1 дюйм = 0,0254 м.

Классификация единиц ФВ

1. Системные и внесистемные

Системные* – которые входят в одну из принятых систем.

(*это все основные, производные, кратные и дольные единицы).

Внесистемные – которые не входят ни в одну из принятых систем единиц ФВ: литр (единица объема), морская миля, карат (единица массы в ювелирном деле), лошадиная сила (устаревшая единица мощности).

2. Кратные и дольные

Кратная единица – это единица ФВ, значение которой в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

Единица длины км = 10^3 м, т.е. кратна метру.

Дольная единица – это единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Единица длины мм = 10^{-3} м, т.е. является дольной.

3. Основные (условно независимые) и производные (условно зависимые)

Основные величины не зависят друг от друга и служат основой для установления связей с другими физическими величинами, которые называют *производными* от них.

В формуле Эйнштейна $E=mc^2$,

масса – это основная единица, а энергия – это производная единица.

Совокупность основных и производных единиц называется системой единиц физических величин.

В названии системы АД применяют символы величин, принятые за основные – например, Международная система единиц (СИ) должна обозначаться символами L, M, T, I, Θ, N, J, обозначающими соответственно: длину, массу, время, силу тока, температуру, количество вещества и силу света.

История развития систем единиц физических величин

1. Метрическая система – первая система единиц (1791 г.). Эта система строилась на основе естественной единицы длины, равной одной десятиmillionной части четверти меридиана, проходящего через Париж. Эта единица получила название «метр» (отсюда название системы – метрическая). В ней еще не было четкого подразделения единиц величин на основные и производные.

2. Абсолютная – была предложена немецким ученым К.Ф. Гауссом в 1832 г. В ее основе – мысль о том, что система единиц – это совокупность основных и производных единиц.

3. СГС (основными единицами являются сантиметр - грамм - секунда) – была принята в 1881 г. Неудобство системы СГС состояло в трудностях пересчета многих единиц в другие системы для определения их соотношения.

4. МКС (основными единицами являются метр - килограмм - секунда) – предложил в начале XX в. итальянский ученый Джорджи. Она довольно широко распространилась в мире.

Системы единиц	Длина L	Масса M	Время T	Сила F	Энергия A(Q)	Сила тока I	Мощность P	Площадь S	Объем V	Вместимость
<i>Метрическая 1791 г.</i>	м*	кг						ар	стер	литр
<i>Абсолютная, 1832 г.</i>	мм	мг	сек							
<i>СГС, 1881 г.</i>	см	г	сек	кГ	эрг					
<i>МКС, 1900 г.</i>	м	кг	сек	Н	Дж	А	Вт			

* – жирным шрифтом выделены основные единицы.

Грамм – вес 1 см³ химически чистой воды при температуре около +4 °С.

Ар – площадь квадрата со стороной 10 м.

Стер – объем куба с ребром 10 м.

Литр – объем куба с ребром 0,1 м.

Были и другие предложения, что указывает на стремление к единству измерений в международном аспекте. В то же время даже сейчас некоторые страны не отошли от исторически сложившихся у них единиц измерения. Известно, что Великобритания, США, Канада основной единицей массы считают фунт.

2 Международная система единиц физической величины

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) в качестве основных приняла шесть независимых друг от друга единиц: длины – метр, массы – килограмм, времени – секунда, силы электрического тока – ампер, термодинамической температуры – кельвин, силы света – кандела (моль был принят в качестве единицы СИ XIV Генеральной конференцией по мерам и весам в 1971 году), из которых выводятся единицы всех остальных производных физических величин, и вынесла решение:

а) присвоить основанной системе наименование **«Международная система единиц»**;

б) установить международное сокращенное наименование этой системы **«SI»** (Système International, на русском «СИ» – Система Интернациональная);

в) ввести таблицу приставок для образования десятичных кратных и дольных единиц;

г) образовать 27 производных единиц Международной системы с возможным добавлением в будущем и других производных единиц.

Система считается наиболее совершенной и универсальной по сравнению с предыдущими. В ней для любой физической величины (такой, как длина, время или сила) предусматривается одна и только одна единица измерения.

Система содержала *основные* (таблица 1.1), *дополнительные и производные* единицы (таблица 1.2) физических величин.

Единицы плоского и телесного углов – радиан истерадиан – были введены впервые, они предназначены и используются для образования единиц угловой скорости, углового ускорения, и некоторых других физических величин. Плоский и телесный углы имели статус *дополнительных единиц* до недавнего времени, но с целью упрощения системы были переведены в категорию безразмерных производных единиц.

Радиан – плоский угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу. Выражаются плоские углы трансцендентными числами (2π , $\pi/2$ и т.д.), $1 \text{ радиан} = 57^\circ 17' 44''$, переход из градусов в радианы по формуле: $\alpha \text{ (радиан)} = \alpha^\circ \cdot \pi/180^\circ$.

Стерадиан – равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на ее поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Измеряют их путем определения плоских углов и проведения дополнительных расчетов по формуле

$$\alpha = 2\pi[1 - \cos(\varphi/2)],$$

где α – телесный угол; φ – плоский угол при вершине конуса, образованного внутри сферы данным телесным углом.

Таблица 1.1 – Основные единицы системы СИ

Физическая величина		Единица		
наименование	размер- ность	наимено- вание	обозначение	
			международное	русское
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	кило- грамм	kg	кг
Время	T	секунда	s	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	q	кельвин	K	К
Сила света	J	кандела	cd	кд
Количество вещества	N	моль	mol	моль

Таблица 1.2 – Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования и обозначения

Физическая величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			обозначен.	выражение через единицы СИ
1	2	3	4	5
Плоский угол	1	радиан	рад	$\text{м} \cdot \text{м}^{-1} = 1$
Телесный угол	1	стерадиан	ср	$\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2} = 1$
Частота	T^{-1}	герц	Гц	с^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	Н	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$\text{L}^{-1}\text{MT}^{-2}$	паскаль	Па	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность, поток энергии	L^2MT^{-3}	ватт	Ватт	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Электрический заряд (количество электричества)	TI	кулон	К	$\text{с} \cdot \text{А}$
Электрическое напряжение, потенциал, разность потенциалов, электродвижущая сила	$\text{L}^2\text{MT}^{-3}\text{I}^{-1}$	вольт	В	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	$\text{L}^{-2}\text{M}^{-1}\text{T}^4\text{I}^2$	фарада	Ф	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Электрическое сопротивление	$\text{L}^2\text{MT}^{-3}\text{I}^{-2}$	ом	Ом	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Электрическая проводимость	$\text{L}^{-2}\text{M}^{-1}\text{T}^3\text{I}^2$	сименс	См	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{А}^2$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$\text{L}^2\text{MT}^{-2}\text{I}^{-1}$	вебер	Вб	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$

1	2	3	4	5
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	Тл	$кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-1}$
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	Гн	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-2}$
Температура Цельсия	Θ	градус Цельсия	°С	К
Световой поток	J	люмен	лм	кд·ср
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	лк	$м^{-2}кд \cdot ср$
Активность радионуклида	T^{-1}	беккерель	Бк	$с^{-1}$
Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма	L^2T^{-2}	грей	Гр	$м^2с^{-2}$
Эквивалентная доза ионизирующего излучения	L^2T^{-2}	зиверт	Зв	$м^2 \cdot с^{-2}$
Активность катализатора	NT^{-1}	катал	кат	$моль \cdot с^{-2}$

Производные единицы Международной системы единиц образуются из основных при помощи уравнений связи между величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице. Например, для установления единицы линейной скорости v следует воспользоваться уравнением равномерного прямолинейного движения

$$v = l / t,$$

где l – длина пройденного пути (в метрах); t – время (в секундах).

Следовательно, единица скорости СИ – метр в секунду – это скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с перемещается на расстояние 1 м.

В нашей стране данная система введена в действие с 1 января 1982 г., в соответствии с ГОСТ 8.417 - 81 ГСИ. Единицы физических величин (заменен на ГОСТ 8.417 – 2002 ГСИ. Единицы величин).

На сегодняшний день система СИ действительно стала международной, но вместе с тем применяются и внесистемные единицы, например, тонна, сутки, литр, гектар и др.

Для удобства применения единиц физических величин СИ приняты приставки для образования наименований десятичных **кратных единиц и дольных единиц** (таблица 1.4)

В соответствии с международными правилами кратные и дольные единицы площади и объема следует образовывать, присоединяя приставки к исходным единицам. Таким образом, степени относятся к тем единицам, которые получены в результате присоединения приставок. Например, $1 км^2 = 1 (км)^2 = (10^3 м)^2 = 10^6 м^2$.

Таблица 1.4 – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Множитель	Приставка	Обозначение приставки		Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		русское	международное			русское	международное
10^{24}	иотта	И	Y	10^{-24}	иокто	и	y
10^{21}	зетта	З	Z	10^{-21}	zepto		z z
10^{18}	экса	Э	E	10^{-18}	атто	а	a
10^{15}	пета	П	P	10^{-15}	фемто	ф	f
10^{12}	тера	Т	T	10^{-12}	пико	п	p
10^9	гига	Г	G	10^{-9}	нано	н	n
10^6	мега	М	M	10^{-6}	микро	мк	m
10^3	кило	к	k	10^{-3}	милли	м	m
10^2	гекто	г	h	10^{-2}	санти	с	c
10^1	дека	да	da	10^{-1}	деци	д	d

Все приставки пишутся слитно с наименованием основной единицы, к которой они присоединяются (килограмм, миллиметр). Присоединение двух и более приставок не допускается.

Задания для выполнения

При выполнении работы используется ГОСТ 8.417-2002 ГСОЕИ. Единицы величин. Оформление работы согласно ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Для защиты практической работы 1 нужно выполнить 5 заданий.

Задание 1. Выведите размерность физических величин (Приложение А, таблица А.1.1), используя следующее правило:

1. Выбрать формулу, содержащую буквенное обозначение физической величины.
2. Алгебраически вывести из формулы значение этой величины.
3. В полученное выражение подставить все известные единицы измерения с их размерностями.
4. Выполнить все возможные алгебраические действия над размерностями, упрощающие выражения.
5. Принять полученный результат за искомую единицу измерения и дать ей название.

Пример: Необходимо вывести единицу мощности.

1. Находим мощность как отношение работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени:

$$N = \frac{A}{t}.$$

2. Выбираем формулу для вычисления работы: $A = F \cdot s$,
и подставляем ее в предыдущую формулу: $N = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{m \cdot a \cdot s}{t}$

3. Подставляем единицы измерения $[N] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2 \cdot \text{м}}{1 \text{ с}}$

4. Выполняем алгебраические действия $[N] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$

5. Назовем ее ватт (Вт).

Размерность мощности - $1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$.

Задание 2. Выразите результаты измерения физической величины (Приложение А, таблица А.1.2) в единицах Международной системы единиц.

Задание 3. Запишите результаты измерения физической величины, используя приставку для обозначения кратных и дольных единиц (Приложение А, таблица А.1.3).

Приложение А

Таблица А.1.1

Вариант	Физическая величина
1	ДАВЛЕНИЕ
2	ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
3	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
4	ПЛОТНОСТЬ
5	СИЛА
6	КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ
7	РАБОТА
8	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
9	ДАВЛЕНИЕ
10	НАПРЯЖЕНИЕ
11	ВЕС ТЕЛА
12	НАПРЯЖЕНИЕ
13	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ
14	МАГНИТНЫЙ ПОТОК
15	СИЛА ТЯЖЕСТИ
16	ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
17	ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
18	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД
19	ВЕС
20	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ

Таблица А.1.2

Вариант	Результаты измерения величин				
1	760 мм рт. ст.	15 л	2 г/см ³	100 км/ч	55 т/ч
2	20 г/л	90°	50 км/сут	6 л/ч	15 об/ч
3	90 км/ч	5 т/ч	2 об/мин	120°	10 мм рт. ст.
4	1,6 л/ч	180 об/ч	200 га	100 мм рт. ст.	3,8 г/л
5	8 л/ч	100 л.с.	30 км/сут	70 га	25 °
6	3,5 ккал	740 мм рт. ст.	1,8 л/мин	2 г/см ³	100 км/ч
7	20 км/сут	2,6 л/ч	150 об/ч	200 га	10 мм рт. ст.

Таблица А.1.3

Вариант	Результаты измерения величин				
1	$2 \cdot 10^4$ м	$34 \cdot 10^6$ А	$5 \cdot 10^{-18}$ Гц	$3,4 \cdot 10^{-1}$ Н	$4 \cdot 10^{-10}$ м ³
2	$4 \cdot 10^{-1}$ г	$4 \cdot 10^{-6}$ м ³	$4 \cdot 10^{-18}$ г	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф	$6 \cdot 10^6$ Дж
3	$8 \cdot 10^{12}$ Гц	$2 \cdot 10^9$ м ³	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф	$7 \cdot 10^6$ Дж	$4 \cdot 10^{-21}$ г
4	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф	$6 \cdot 10^{24}$ мин	$4 \cdot 10^{12}$ кД	$15 \cdot 10^{-12}$ Ф	$3 \cdot 10^9$ Дж
5	$1,8 \cdot 10^{12}$ Па	$1,5 \cdot 10^{-9}$ Кл	$2,3 \cdot 10^{15}$ Вб	$5 \cdot 10^{-18}$ Гц	$3,4 \cdot 10^{-1}$ м
6	$5 \cdot 10^{-2}$ Ом	$14 \cdot 10^{-6}$ Гц	$5 \cdot 10^{-3}$ м	$3 \cdot 10^9$ Дж	$4 \cdot 10^{15}$ кД
7	$4 \cdot 10^2$ г	$7 \cdot 10^{15}$ Дж	$3 \cdot 10^6$ В	$5 \cdot 10^{-18}$ Гц	$3 \cdot 10^2$ Н
8	$8 \cdot 10^{12}$ Гц	$6 \cdot 10^{21}$ Дж	$4 \cdot 10^{12}$ кД	$15 \cdot 10^{-12}$ Тл	$1,4 \cdot 10^{-3}$ А
9	$5 \cdot 10^2$ Па	$14 \cdot 10^{-9}$ А	$3 \cdot 10^{12}$ Дж	$6 \cdot 10^9$ м ³	$5 \cdot 10^{-12}$ Ф
10	$5 \cdot 10^{-15}$ Ом	$4 \cdot 10^{-6}$ т	$5 \cdot 10^{-21}$ Кл	$3 \cdot 10^6$ м ²	$9 \cdot 10^{12}$ с
11	$4 \cdot 10^{-12}$ м ²	$5 \cdot 10^{-6}$ м ³	$4 \cdot 10^{-19}$ с	$5 \cdot 10^{-2}$ Ф	$6 \cdot 10^{-7}$ Кл
12	$8 \cdot 10^{10}$ Н	$6 \cdot 10^{22}$ См	$4 \cdot 10^2$ кД	$15 \cdot 10^{-13}$ Ф	$1,4 \cdot 10^{-9}$ м ³
13	$5 \cdot 10^{-20}$ См	$4 \cdot 10^{-7}$ Гц	$5 \cdot 10^{-3}$ м	$3 \cdot 10^8$ т	$8 \cdot 10^{15}$ т
14	$4 \cdot 10^{-1}$ м	$8 \cdot 10^{-6}$ м ³	$4 \cdot 10^8$ г	$5 \cdot 10^{-16}$ Ф	$6 \cdot 10^5$ Дж
15	$2,5 \cdot 10^{10}$ Гц	$6 \cdot 10^{27}$ Па	$20 \cdot 10^{10}$ кД	$1,5 \cdot 10^{-11}$ Ф	$1,4 \cdot 10^{-8}$ м ³
16	$8 \cdot 10^{11}$ м ³	$6 \cdot 10^{23}$ В	$4 \cdot 10^{12}$ кД	$12 \cdot 10^{-12}$ Ф	$15 \cdot 10^{-4}$ кг
17	$2,5 \cdot 10^{-3}$ Ом	$10 \cdot 10^{-5}$ мин	$7 \cdot 10^{-4}$ м	$9 \cdot 10^9$ Дж	$4 \cdot 10^{18}$ кД
18	$4 \cdot 10^{-7}$ м	$4 \cdot 10^{-8}$ м ³	$7 \cdot 10^8$ г	$5 \cdot 10^{-13}$ Ф	$2 \cdot 10^{26}$ Дж
19	$8 \cdot 10^{16}$ Гц	$7 \cdot 10^{21}$ Дж	$4 \cdot 10^{-12}$ Н	$1,5 \cdot 10^{-13}$ Ф	$16 \cdot 10^{-23}$ Тл
20	$5,5 \cdot 10^{-13}$ Ом	$40 \cdot 10^{-7}$ Гц	$5 \cdot 10^{-6}$ м ²	$6 \cdot 10^{10}$ Дж	$6 \cdot 10^{17}$ Вт

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

ТЕМА 1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы:

- изучение и закрепление знаний по теории измерений;
- приобретение навыков классификации методов измерения.

В результате проведенного занятия студент должен знать:

- основные характеристики измерений;
- классификацию измерений;
- методы измерений.

Теория

Виды измерений определяются физическим характером измеряемой величины, требуемой точностью измерения, скоростью изменения измеряемой величины, условиями измерений. С развитием науки и техники увеличивается количество видов и совершенствуются методы измерений.

В зависимости от цели различают измерения: контрольные, диагностические и прогностические, лабораторные и технические, эталонные и поверочные, абсолютные и относительные.

Измерения могут быть: контактные и бесконтактные, одно- и многократные, необходимые и избыточные, статические и динамические, с точным и приблизительным оцениванием погрешности.

По способу получения результата различают **виды** измерений:

- **прямые** – искомое значение величины находят экспериментальным сравнением её с единицей измерения (мерой) или отсчётом показаний прибора, отградуированного в установленных единицах (измерение длины линейкой, измерение температуры термометром). Прямые измерения – основа более сложных;

- **косвенные** – искомое значение величины находят по результатам прямых измерений нескольких величин, связанных с искомой известной зависимостью (измерение плотности тела по измеренным массе и линейным размерам, измерение мощности электрической цепи по измеренным значениям силы тока и напряжения);

- **совокупные** – искомое значение величины находят решением системы уравнений, составленных по результатам производимых одновременно прямых измерений нескольких **одноимённых** величин (измерение температурного коэффициента линейного расширения);

- **совместные** – искомое значение величины находят решением системы уравнений, составленных по результатам производимых одновременно прямых и косвенных измерений нескольких **неодноимённых** величин (измерение электрического сопротивления проводника при различных фиксированных значениях температуры).

Метод измерения – совокупность правил, определяющих принципы и средства измерения.

Принцип измерения – физическое явление, положенное в основу измерения (измерение температуры по расширению тела).

Стандартные методы прямых измерений:

- **непосредственной оценки** – значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора (измерение давления пружинным манометром, силы электрического тока - амперметром);

- **сравнения с мерой** – измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (измерение массы на рычажных весах с помощью гирь);

- **дополнения** – измеряемую величину дополняют мерой этой же величины, чтобы на измерительный прибор воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению;

- **дифференциальный** – измеряемую величину определяют как разность между измеряемой и известной величиной, воспроизводимой мерой;

- **нулевой** – разновидность дифференциального метода, при которой разность между измеряемой величиной и мерой сводится к нулю;

- **замещения** – разновидность метода сравнения с мерой, в которой измеряемую величину замещают её известной величиной, воспроизводимой мерой (поочередное помещение измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов).

Нестандартные методы измерений:

- **противопоставления** – метод, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно действуют на прибор сравнения (измерение массы на равноплечих весах с помещением измеряемой массы и уравнивающих её гирь на двух чашах);

- **совпадения** – метод, при котором разность между сравниваемыми величинами измеряют по совпадению отметок шкал или периодических сигналов (штангенциркуль, стробоскоп).

В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения, различают:

- инструментальный метод;
- экспертный метод, который основан на использовании данных не-скольких специалистов (например, в квалитметрии, спорте, искусстве, медицине);
- эвристические методы, которые основаны на интуиции. Широко используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основании результатов этого сравнения;
- органолептические методы оценки, которые основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха, вкуса). Например, оценка шероховатости поверхности по образцу зрительно или на ощупь.

Методика выполнения измерений – совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью. Как видно из определения, под МВИ понимают технологический процесс измерений. МВИ – это, как правило, документированная измерительная процедура. МВИ в зависимости от сложности и области применения излагают в следующих формах: отдельном документе (стандарте, рекомендации и т.п.); разделе стандарта: части технического документа (разделе ТУ, паспорта).

Задания для выполнения

1. Привести классификацию измерений в виде структурной схемы, используя теоретический материал лекций.

2. Привести классификацию методов измерений в виде структурной схемы, используя теоретический материал лекций.

Вопросы для обсуждения:

1. Дайте определение прямого измерения?
2. Особенности косвенных и совместных измерений.
3. Что такое динамические и статические измерений.
4. Что такое метод измерения?
5. Дайте понятие методики выполнения измерений.
6. Какие методы различают в зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ
ТЕМА 1.2 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ. ШКАЛЫ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ.

Цель работы: изучить метрологические показатели измерительных приборов и их шкалу.

Теория

Шкала прибора

Классифицируются по многим признакам:

1. Равномерные (линейные) – деления постоянной длины и постоянная цена деления и неравномерные.

2. По направлению градуировки:

- прямые и обратные

3. По положению нуля на шкале и направлению движения стрелки:

- односторонние;

- двухсторонние;

- безнулевые.

4. Шкала измерительных приборов бывает *прямолинейной, дуговой и круговой* (рис.

1). Дуговая шкала имеет центральный угол меньше, а круговая - больше 180° .

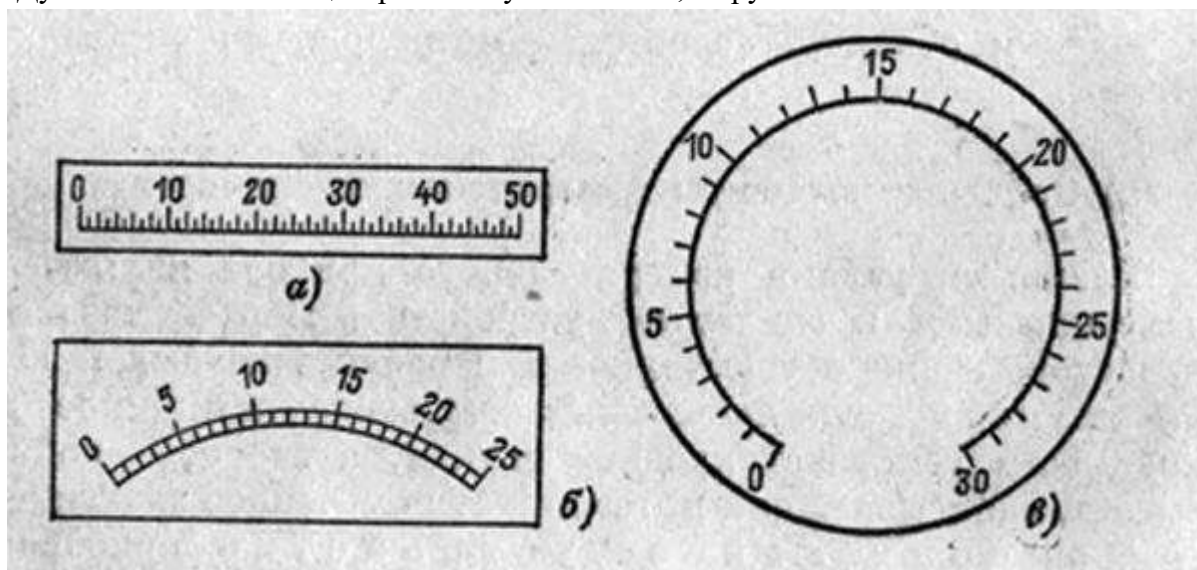


Рисунок 1 - Шкалы измерительных приборов, а - прямолинейная; б - дуговая; в - круговая.

Любая шкала имеет *рабочий участок*, в пределах которого погрешность прибора не выходит за указанный класс точности (рис.2 - 2-10)

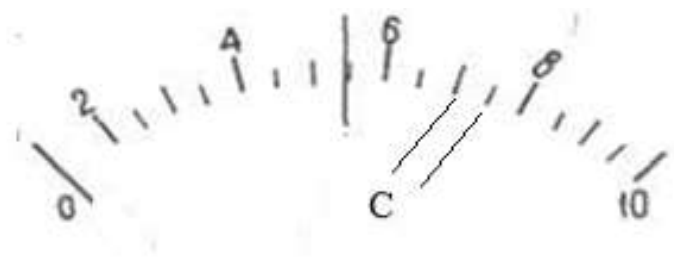


Рисунок 2 - Шкала измерительного прибора

Шаг шкалы – интервал между оцифрованными делениями (Рис.2 - 2).

Коэффициент шкалы – отношение предельных измерений двух пределов измерений. Для однопредельных ИП Кш=1. Для многопредельных имеет свое значение на каждом пределе.

Метрологические характеристики средств измерений — это характеристики свойств, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

Метрологические характеристики, установленные нормативными документами, называют *нормируемыми*.

1. *Диапазон измерений* – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допустимые погрешности ИП. (на рис.2 - 2-10).

2. *Диапазон показаний* – размеченная область шкалы, ограниченная ее начальным (0) и конечным (10) значениями (на рис.2 - 0-10).

3. *Предел измерений* – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений (на рис.2 - 10).

4. *Диапазон частот* – полоса частот, в пределах которой погрешность прибора не превышает допустимого предела.

5. *Цена деления шкалы С* – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (Значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы).

$$C = (8 - 6)/4 = 0,5 \text{ (Рис.2)}$$

6. *Чувствительность S* – величина, обратная цене деления шкалы (число делений, приходящихся на единицу измеряемой величины) $S = 1/C$

7. *Погрешность* - это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

8. *Вариация показаний* — наибольшая экспериментально определяемая разность между повторными показаниями средства измерения, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях. Обычно вариация показаний у средств измерения составляет 10... 50 % от цены деления.

Задания для выполнения

1. Заполните метрологические характеристики измерительных приборов (таблица 1) для рисунков 3-6.

Таблица 1 – Метрологические характеристики измерительных приборов

Метрологические характеристики	Измерительный прибор			
	Ваттметр (рис.3)	Амперметр (рис.4)	Амперметр (рис.5)	Ваттметр (рис.6)
Диапазон измерения прибора				

Диапазон показания прибора				
Предел измерений				
Цена деления				
Шаг шкалы				
Рабочий участок шкалы				
Класс точности				
Шкала прибора				
Чувствительность S				

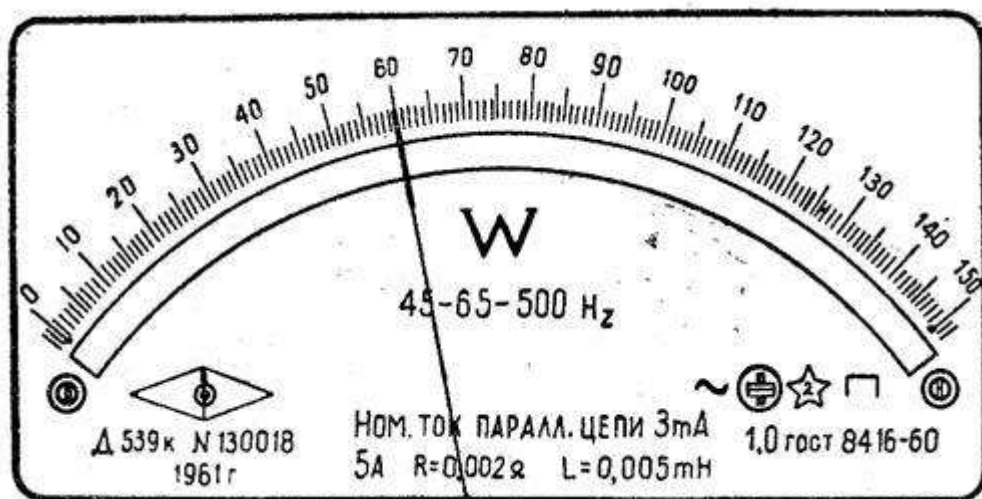


Рисунок 3 - Ваттметр. Род измеряемой величины – Ватты



Рисунок 4 - Амперметр. Род измеряемой величины – амперы

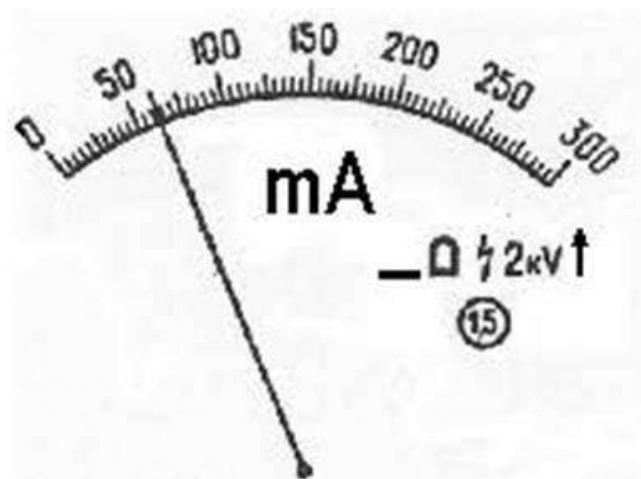


Рисунок 5 - Амперметр. Род измеряемой величины – амперы

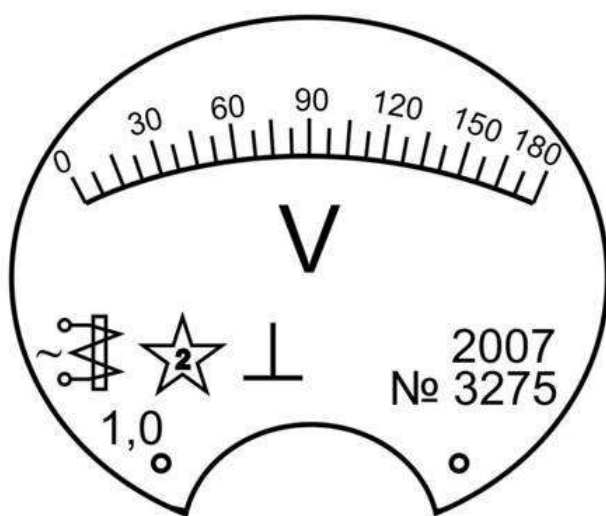


Рисунок 6 - Ваттметр. Род измеряемой величины – ватты

Вопросы для обсуждения:

1. Что называется метрологической характеристикой СИ?
2. Какие характеристики называются нормируемыми?
3. Что называется диапазоном измерений и диапазоном показаний?
4. Что называется ценой деления шкалы и чувствительностью прибора?
5. Что называется погрешностью измерения?
6. Что такое вариация показаний?
7. Какие виды шкал Вы знаете?
8. Дайте определение, что называется рабочим участком шкалы?
9. Что такое шаг шкалы?

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ
ТЕМА 1.2 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель: Изучить основные принципы описания и оценивания погрешностей, а также ознакомиться с примерами решения типовых задач и закрепить теоретические знания, полученные в ходе практической работы, на основе задач для самостоятельного решения.

Теория

Точность измерений — качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Количественным выражением качественного понятия «точность» является *погрешность* – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Следует различать погрешность результата измерения и погрешность прибора.

Под *погрешностью результата измерения (погрешностью измерения)* понимается отклонение результата измерения X от истинного (действительного) значения Q измеряемой величины:

$$\Delta = X - Q$$

Погрешность измерения указывает границы неопределенности значения измеряемой величины. Истинное значение физической величины применяется при решении теоретических задач метрологии. На практике пользуются действительным значением. За действительное значение физической величины при однократных измерениях, как правило, принимают значение, полученное с помощью эталонного средства измерений, а при многократных измерениях - среднеарифметическое ряда отдельных измерений, входящих в данный ряд. В зависимости от решаемой задачи могут использоваться и другие значения.

Погрешностью средства измерений называется разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой величины.

Классификация погрешностей:

В зависимости от способа математического выражения:

а) *абсолютную погрешность* средств измерений (прибора) ΔX – это разность между измеренным и действительным значением измеряемой величины и выражают в единицах измеряемой величины.

$$\Delta X = X_{\text{изм.}} - X_{\text{действ.}}$$

За действительное значение измеряемой величины условились принимать значения, полученные наиболее точными приборами.

Абсолютная погрешность одинакова по всей шкале прибора.

Пример: Сила тока в цепи равна 10 А, амперметр показывает 9,85 А, то абсолютная погрешность измерения равна

$$\Delta I = I_{\text{изм.}} - I_{\text{действ.}} = 9,85 - 10 = -0,15 \text{ А}$$

б) *относительная погрешность* – отношение абсолютной погрешности к действительному значению, выраженное в процентах.

$$\beta = (\Delta X / X_{\text{действ.}}) \cdot 100\%$$

Относительная погрешность в конце шкалы меньше, чем в начале.

Пример: Абсолютная погрешность равна -0,15 А, сила тока в цепи равна 10 А, то абсолютная погрешность равна

$$\beta = (-0,15 / 10) \cdot 100\% = -1,5\%$$

в) *приведенная погрешность* - отношение абсолютной погрешности к максимальной шкале прибора, выраженное в процентах.

$$\gamma = (\Delta X / X_{\text{макс.}}) \cdot 100\%$$

Приведенная погрешность определяет класс точности прибора. Если на приборе указано число 1,5, это значит, что наибольшая приведенная погрешность прибора $\pm 1,5\%$.

Формула, связывающая относительную и приведенную погрешности:

$$\beta = \gamma (X_{\text{макс}} / X_{\text{действ}})$$

В соответствии с ГОСТ 8.401–80 электромеханические приборы поделены на девять классов точности (табл 1).

Таблица 1

Класс точности	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й
$\gamma, \%$	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2,5	4

- в зависимости от условий применения :

а) *основная* – имеет место при нормальных условиях эксплуатации (температура, напряжение питания, частота питания, влажность, давление, электромагнитное воздействие, механическое воздействие);

б) *дополнительная* – обусловлена отклонением условий эксплуатации от нормальных;

- в зависимости от истинного возникновения:

а) *инструментальная* (аппаратурная), обусловлена не совершенностью изготовления прибора;

б) *методическая*, обусловлена не совершенностью метода;

ПРИМЕР. Измерение мощности.

в) *субъективная* - погрешность оператора. Исключается путём использования автоматизированных систем измерения.

- в зависимости от характера:

а) *систематическая* – значение которой при повторных измерениях остаётся постоянным или меняется по известному закону;

б) *случайная* - погрешность, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях;

в) *грубая* (промах) - погрешность, существенно превышающая ожидаемую (например, определяемая классом точности).

- в зависимости от изменения измеряемой величины:

а) *динамическая* - это погрешность СИ, возникающая при измерении изменяющейся в процессе измерений физической величины.

Пример: магнитоэлектрический амперметр не в состоянии зафиксировать кратковременный (длительностью, например, менее 1 с) импульс тока.

б) *статическая*— погрешность при измерении значения постоянной (или очень медленно меняющейся) величины.

У средств измерений часто можно выделить составляющие погрешности, независимые от значения измеряемой величины, и погрешности, изменяющиеся пропорционально измеряемой величине. Такие составляющие называются, соответственно, *аддитивными и мультипликативными погрешностями*.

Классификация погрешностей измерений и средств измерений приведена в таблице 2.

Таблица 2

Классификационный признак	Виды погрешностей	
	измерений	средств измерений
Способ выражения	Абсолютная Относительная	Абсолютная Относительная Приведенная

Характер проявления	Систематическая Случайная Грубая	Систематическая Случайная
Условия возникновения: нормальные рабочие	-	Основная Дополнительная
Источник возникновения	Методическая Инструментальная Субъективная	Несовершенство средств измерений Отсчитывания Интерполяции Параллакса
Характер поведения измеряемой величины	-	Статическая Динамическая
По характеру зависимости от измеряемой величины		Аддитивные Мультипликативные

Примеры решения типовых задач

Задача 1. При измерении силы тока в 4 А в нормальных условиях пользовались амперметром со шкалой 0-10 А и он показал, что сила тока в цепи равна 4,1 А. Вычислить приведенную (основную) погрешность прибора.

$$\Delta\gamma = (I / I_{\text{макс.}}) \cdot 100\% = ((4,1 - 4) / 10) \cdot 100\% = 1\%$$

Задача 2. Прибор показывает 9,9 А. Действительная величина тока 10 А. Определить абсолютную и относительную погрешность измерения, а также приведенную погрешность. Шкала прибора 20 А.

РЕШЕНИЕ

$$\Delta X = 9,9 - 10 = -0,1 \text{ А}$$

$$\beta = (\Delta X / X_{\text{действ.}}) \cdot 100\% = (-0,1 / 10) \cdot 100\% = -1\%$$

$$\gamma = (\Delta X / X_{\text{макс.}}) \cdot 100\% = (-0,1 / 20) \cdot 100\% = -0,5\%$$

Задача 3. Измерено два значения напряжения (50 и 400 В вольтметром с номинальным напряжением 400 В с одной и той же абсолютной погрешностью 0,5 В) Какое напряжение будет измерено с наименьшей абсолютной погрешностью?

ДАНО:

$$U_1 = 50 \text{ В}$$

$$U_2 = 400 \text{ В}$$

$$\Delta_1 = \Delta_2 = 0,5 \text{ В}$$

$$U_{\text{н}} = 400 \text{ В}$$

РЕШЕНИЕ

$$\beta_1 = (\Delta_1 / U_1) \cdot 100\% = (0,5 / 50) \cdot 100\% = 1\%$$

$$\beta_2 = (\Delta_2 / U_2) \cdot 100\% = (0,5 / 400) \cdot 100\% = 0,125\%$$

Задачи для самостоятельного решения

1) Определить относительную погрешность измерения напряжения, если показания вольтметра класса точности 1,0 с пределом измерения 300 В составило 75 В.

2) Определить абсолютную и относительную погрешности измерений, если вольтметр с пределом измерений 300 В класса точности 2,5 показывает 100 В.

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 приведенную погрешности.

4) Имеются три вольтметра: класса точности 1,0 с номинальным напряжением 300; класса точности 1,5 на 250 В и класса точности 2,5 на 150 В. Определить какой из вольтметров обеспечит большую точность измерения напряжения 130 В.

5) Стрелочным амперметром с классом точности 0,5 и верхним пределом измерения 40 А измерено значение электрического тока $I = 24$ А. Найдите абсолютную, относительную и приведенную погрешности

Вопросы для обсуждения:

1. Что называется погрешностью результата измерения?
2. Что называется погрешностью средства измерений?
3. Приведите классификацию погрешностей измерений и средств измерений (таблица 2)
4. Дайте определения всех погрешностей.
5. Приведите классы точности средств измерений (таблица 1)

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

ТЕМА 1.2 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение порядка проведения поверки средств измерения.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Поверкой средств измерения называют совокупность действий, выполняемых для определения их погрешности.

Цель поверки — выяснить, соответствуют ли характеристики средства измерения регламентированным значениям и пригодно ли оно к применению по прямому назначению.

Знак поверки

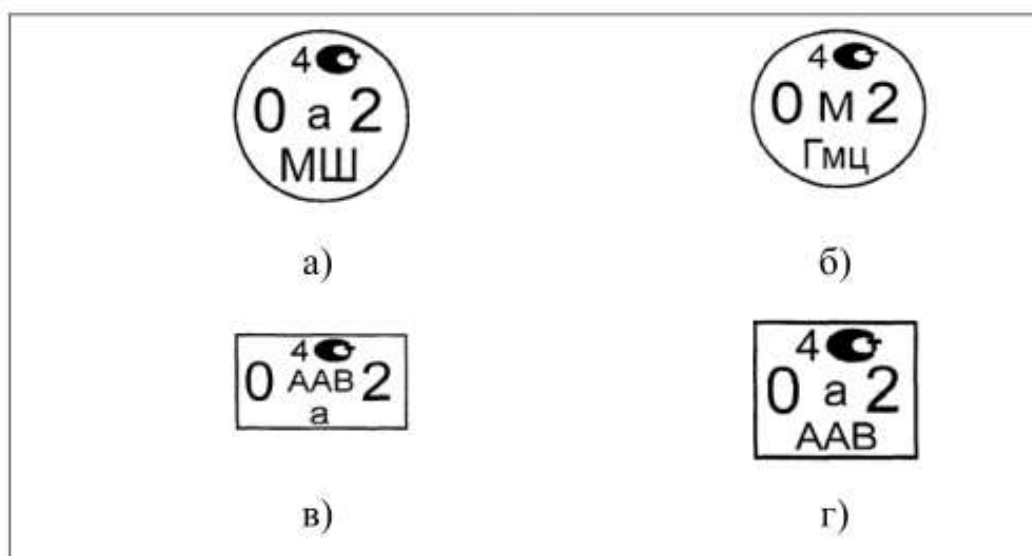
Знак поверки должен содержать следующую информацию:

- знак федерального органа исполнительной власти (далее - ФОИВ), осуществляющего функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений;
- условный шифр государственного научного метрологического института, государственного регионального центра метрологии, юридического лица или индивидуального предпринимателя, аккредитованных в установленном порядке на проведение поверки в области обеспечения единства измерений;
- две последние цифры года нанесения знака поверки;
- индивидуальный шифр поверителя.



Поверительное клеймо ЦСМ. ЦСМ - органы Государственной метрологической службы (ГМС)

Примеры применяемых знаков поверки представлены на рисунке 2.



- а) знак поверки государственного регионального центра метрологии;
- б) знак поверки государственного научного метрологического института;
- в) знак поверки юридического лица или индивидуального предпринимателя, применяемого при клеймении средств измерений, выпускаемых из производства;
- г) знак поверки юридического лица или индивидуального предпринимателя, применяемого при клеймении средств измерений, находящихся в эксплуатации или после ремонта.

Свидетельство о поверке

Свидетельство о поверке средств измерений должно содержать следующую информацию:

- номер свидетельства о поверке;
- дату (день, месяц, год), до которой действует свидетельство о поверке;
- наименование аккредитованного на поверку лица, выполнившего поверку, и уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц, присваиваемый аккредитованному лицу;
- наименование и обозначение типа средств измерений;
- модификация средства измерений (при наличии);
- регистрационный номер средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа средств измерений;
- состав средства измерений: если средство измерений представляет собой один автономный измерительный блок, то в данной строке ставится прочерк, если в состав средства входят один или несколько автономных измерительных блоков, то приводится их перечень, и указываются заводские номера автономных измерительных блоков;
- заводской номер: в качестве заводского номера указывается заводской или серийный номер средства измерений или буквенно-цифровое обозначение, нанесенное на средство измерений владельцем средства измерений или лицом, представившим средство измерений на поверку;
- наименования величин, поддиапазонов, на которых поверено средство измерений или которые исключены из поверки (указывается, если поверка выполнена для отдельных величин, поддиапазонов): если поверка выполняется в полном объеме, то в данной строке делается запись "в полном объеме", если из поверки исключаются отдельные величины и (или) отдельные поддиапазоны, то делается запись "за исключением" с указанием после данной записи исключаемых величин и (или) поддиапазонов;
- наименование и (или) обозначение документа, на основании которого выполнена поверка;
- применяемые при поверке эталоны единиц величин (далее - эталоны);
- перечень влияющих на метрологические характеристики средства измерений факторов, при которых выполнялась поверка согласно требованиям, нормированных в документе на методики поверки, с указанием их значений;
- заключение о подтверждении соответствия средства измерений установленным метрологическим требованиям и пригодности к дальнейшему применению;
- знак поверки;
- должность руководителя или уполномоченного аккредитованного на поверку лица, выполнившего поверку (для индивидуального предпринимателя указываются буквы "ИП"), подпись, фамилия, инициалы;
- сведения о поверителе (работнике аккредитованного на поверку лица, проводившего поверку средств измерений, фамилия, инициалы);
- дата поверки (день, месяц, год): дата поверки включается в срок действия интервала между поверками.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить виды поверки для указанных средств измерения. Заполнить таблицу

1 - Виды поверки СИ

Таблица 1 – Виды поверки СИ

Средства измерений	Вид поверки
Находящиеся в эксплуатации	
При вводе в эксплуатацию после длительного хранения	
Отремонтированные	
Для выявления пригодности к	

применению при осуществлении гос. метрологического надзора	
При ввозе из-за рубежа	
Утеряно свидетельство о поверке	
При вводе в эксплуатацию сразу после производства СИ	

2. Определите, какие из перечисленных действий являются последствиями положительной или отрицательной поверки. Ответ внесите в таблицу 2 – Результаты поверки СИ.

Таблица 2 – Результаты поверки СИ

Действия, осуществляемые по результатам поверки	Положительный /отрицательный результат поверки
Выписывается свидетельство о непригодности СИ	
Аннулируется сертификат о поверке	
На СИ наносится знак поверительного клейма	
Выдается свидетельство – сертификат о поверке	
Гасится оттиск поверительного клейма	

3. Определите, какие данные содержит поверительное клеймо. Заполните таблицу 3 – Данные, содержащиеся на поверительном клейме.



1



2



3

Таблица 3 – Данные, содержащиеся на поверительном клейме

Обязательные данные	Информация поверительного клейма		
	1	2	3

4. Изучив примеры свидетельств о поверке, определите, какую информацию они содержат?

Таблица 4 – Данные, содержащиеся в свидетельстве о поверке средств измерений

Обязательные данные	Информация свидетельства о поверке СИ		
	1	2	3

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое поверка средств измерения?
2. Какова цель поверки?
3. Какие бывают виды поверок СИ?
4. Что такое межповерочный интервал?
5. Как оформляются результаты поверки СИ?
6. Что представляет собой знак поверки?
7. Кто имеет право наносить знак поверки?
8. Когда наносят на поверительное клеймо месц , а когда квартал поверки?
9. Какую информацию содержит поверительное клеймо?
10. Как обозначают индивидуальный знак поверителя?

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ТЕМА 2.1. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить назначение, классификацию измерительных приборов

Измерительным прибором называется устройство, с помощью которого измеряемая величина сравнивается с единицей измерения.

Измерительный прибор предназначен для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительные приборы делятся на *образцовые и рабочие*.

Образцовыми называются приборы, предназначенные для хранения и воспроизводства единиц измерения, а также для проверки и градуировки приборов.

Рабочими называются приборы, используемые для практических измерений. В свою очередь, рабочие измерительные приборы делятся на *лабораторные и технические*.

Лабораторные приборы в промышленности не применяют и в связи с этим далее они не рассматриваются. Для автоматического контроля и регулирования в промышленности используют *технические рабочие приборы*.

По назначению технические рабочие приборы делятся на *показывающие, самопишущие, сигнализирующие, регулирующие и измерительные автоматы*.

Показывающие — приборы, по которым только отсчитывают измеряемую величину в данный момент времени.

Самопишущие (регистрирующие) приборы снабжены устройством для автоматической регистрации (записи) значения измеряемой величины за все время работы прибора. Они дают возможность получить данные для последующего анализа работы объекта или хода технологического процесса путем обработки картограммы прибора. Самопишущие приборы могут иметь также показывающее устройство, в этом случае они одновременно являются показывающими и самопишущими.

Сигнализирующие приборы имеют специальные приспособления для включения световой или звуковой сигнализации при достижении измеряемой величиной заранее заданного значения.

Регулирующие приборы имеют специальное устройство, предназначенное для автоматического поддержания измеряемой величины на заданном значении или для изменения ее по заданному закону. Такие приборы могут иметь показывающее или регистрирующее устройство, или одновременно и то и другое.

Измерительные автоматы — это приборы с устройством, выполняющим по результатам измерения определенную работу, согласно установленной для них программе.

Их применяют при взвешивании и дозировке жидких и сыпучих веществ, управлении работой технологического оборудования, сортировке продукции и других операциях.

По характеру передачи показаний приборы делятся на *местные* и с *дистанционной передачей*.

Местные приборы по своей конструкции могут быть использованы только непосредственно у места измерения. У приборов с *дистанционной передачей* исполнительная часть находится на значительном расстоянии от места измерения.

Приборы с дистанционной передачей комплектуют в измерительные установки, которые состоят из следующих основных, частей:

- первичного прибора — преобразователя (датчика), воспринимающего посредством чувствительного элемента (первичного преобразователя) изменения измеряемой величины, преобразующего ее в выходной сигнал — импульс и передающего последний на расстояние;

- вторичного прибора, который воспринимает посредством измерительного устройства импульсы, передаваемые преобразователем, и преобразует их в перемещения указателя относительно шкалы; вторичные приборы могут быть показывающими, самопишущими, сигнализирующими, регулирующими приборами или измерительными автоматами;

- соединительных трубных (пневматических, гидравлических) или электрических проводов, по которым передаются результаты измерений от преобразователя к вторичному прибору.

По виду показаний измерительные приборы делятся на *аналоговые (непрерывные)* и *цифровые (дискретные)*. В *аналоговом* измерительном приборе показания являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. В *цифровом* измерительном приборе автоматически вырабатываются дискретные (прерывистые) сигналы измерительной информации, а показания представлены в цифровой форме.

По виду измеряемой величины приборы выпускают для измерения температуры, давления, расхода и количества, концентрации растворов, уровня, влажности и плотности, электрических величин и определения состава (анализа) газов и жидкостей.

Задания для выполнения

1. Приведите классификационную схему деления измерительных приборов по назначению
2. Приведите классификационную схему деления измерительных приборов по характеру передачи показаний
3. Приведите классификационную схему деления измерительных приборов по виду показаний
4. Заполните классификационную таблицу деления измерительных приборов по виду измеряемой величины

Измеряемая величина	Измерительные приборы (примеры)	Изображение измерительного прибора

Вопросы для обсуждения:

1. Что называется измерительным прибором?
2. Для чего предназначен измерительный прибор?
3. Как делятся измерительные приборы?
4. Для чего предназначен образцовый измерительный прибор?
5. Какие измерительные приборы называются рабочими?
6. Какие технические рабочие приборы называются показывающими?

7. Какую возможность дают самопишущие приборы?
8. Что такое измерительные автоматы?
9. Как по конструкции различаются местные приборы от приборов с дистанционной передачей?

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ТЕМА 2.2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ. ШКАЛЫ ТЕМПЕРАТУР. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕРМОМЕТРОВ

Цель работы: изучение конструкций и принципов действия приборов контроля температуры.

Теоретическое обоснование

Температура, ее измерение

Температурой называется степень нагретости тела. Это представление о температуре основано на теплообмене между двумя телами, находящимися в тепловом контакте. Тело, более нагретое, отдающее тепло, имеет и более высокую температуру, чем тело, воспринимающее тепло. При отсутствии передачи тепла от одного тела к другому, т.е. в состоянии теплового равновесия, температуры тел равны.

Переход тепла от одного тела к другому указывает на зависимость температуры от количества внутренней энергии, носителями которой являются молекулы вещества.

Зависимость между средней кинетической энергией молекул, движущихся поступательно, и температурой идеального газа определяется уравнением:

$$E = (3/2) k T,$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$ – постоянная Больцмана,

T – абсолютная температура тела, К.

Измерить температуру какого-либо тела непосредственно, т.е. так, как измеряют другие физические величины, например длину, массу, объем или время, не представляется возможным, ибо в природе не существует эталона или образца единицы этой величины.

Поэтому определение температуры вещества производят посредством наблюдения за изменением физических свойств другого, так называемого термометрического (рабочего) вещества, которое, будучи приведено в соприкосновение с нагретым телом, вступает с ним через некоторое время в тепловое равновесие.

Температурные шкалы

Изменение агрегатного состояния химически чистого вещества (плавление или затвердевание, кипение или конденсация), как известно, протекает при постоянной температуре, значение которой определяется составом вещества, характером его агрегатного изменения и давлением. Значения этих воспроизводимых температур равновесия между твердой и жидкой или жидкой и газообразной фазами различных веществ при нормальном атмосферном давлении¹ (¹Нормальное атмосферное давление условно принято равным среднему давлению воздушного столба земной атмосферы), равном 101325 Па (760 мм рт.ст.), называются реперными (базовыми) точками.

Если принять в качестве основного интервал температур между реперными точками плавления льда и кипения воды, обозначив их соответственно 0 и 100, в пределах этих температур измерить объемное расширение какого-либо рабочего вещества, например ртути, находящейся в узком цилиндрическом стеклянном сосуде, и разделить на 100 равных частей изменение высоты её столба, то в результате будет построена так называемая температурная шкала.

Для измерения температуры, лежащей выше или ниже выбранных значений реперных точек, полученные деления наносят на шкале и за пределами отметок 0 и 100. Деления температурной шкалы называются градусами.

Международный комитет мер и весов в 1968г. принял **Международную практическую температурную шкалу (МПТШ-68)**, градусы которой обозначаются знаком °C (**градус Цельсия**), а условное значение температуры - буквой *t*.

На практике обычно применяют условную международную шкалу температур (УМТШ), которая основана на шести реперных точках, для которых температуры равновесия с высокой точностью определяли с помощью газовых термометров. Температуры в этих точках обычно выражают в стоградусной шкале при абсолютном давлении 0,1МПа:

- температура кипения кислорода	- 182,97 ⁰ C;
- температура тройной точки воды	0,01 ⁰ C;
- точка кипения воды	100 ⁰ C;
- точка кипения серы	444,6 ⁰ C;
- точка затвердевания серебра	960,8 ⁰ C;
- точка затвердевания золота	10630 ⁰ C.

В процессе исследований выяснилось, что температурные шкалы, построенные на одних и тех же реперных точках, но использованные для разных термометрических веществ, дают разные значения температуры. Это объясняется тем, что термометрические свойства веществ по-разному изменяются с температурой, причём все эти зависимости нелинейные.

В связи с этим возникла проблема создания температурной шкалы, не зависящей от термометрических свойств веществ. Такая шкала была предложена в 1848г. **Кельвином и называлась термодинамической**. Однако для практического измерения температуры эта шкала была неудобна: необходимо было либо измерять количество теплоты, либо при использовании термометров, заполненных реальными газами, вводить для каждого значения температуры разные поправки.

Кроме МПТШ-68 и термодинамической шкалы Кельвина, существует еще **шкала Фаренгейта**¹ (¹ Шкала Фаренгейта применяется в Англии и США), предложенная в 1715г. Шкала построена путем деления интервала между реперными точками плавления льда и кипения воды на 180 равных частей (градусов), обозначаемых знаком °F. По этой шкале точка плавления льда равна 32, а кипения воды 212 °F.

Для пересчета температуры, выраженной в Кельвинах или градусах Фаренгейта, в градусы Цельсия пользуются равенством:

$$t\text{ }^{\circ}\text{C} = T\text{ K} - 273,15 = 0,556 (n\text{ }^{\circ}\text{F} - 32),$$

где *T K* – температура по шкале Кельвина,

n °F - число градусов по шкале Фаренгейта.

Классификация приборов для измерения температуры

Вследствие изменения при нагреве внутренней энергии вещества практически все физические свойства последнего зависят от температуры, но для её измерения выбираются те из них, которые однозначно меняются с изменением температуры, не подвержены влиянию других факторов и сравнительно легко поддаются измерению. Этим требованиям наиболее полно соответствуют такие свойства рабочих веществ, как объемное расширение, изменение давления в замкнутом объёме, изменение электрического сопротивления, возникновение термоэлектродвижущей силы и интенсивность излучения, положенные в основу устройства приборов для измерения температуры.

Приборы для измерения температуры разделяются в зависимости от используемых ими физических свойств веществ на следующие группы с диапазоном показаний:

Таблица 1 – Некоторые характеристики устройств для измерения температуры

Термометрическое свойство	Наименование устройства	Пределы применения, °С	
		нижний	верхний
Тепловое расширение	Жидкостные стеклянные термометры	- 190	650
Тепловое расширение	Манометрические термометры	- 160	600
Термо-ЭДС	Термопары стандартные	- 200	2000
Термо-ЭДС	Термопары специальные	- 200	2500
Изменение электрического сопротивления	Термометры сопротивления	- 261	650
Изменение электрического сопротивления	Термисторы, терморезисторы (ТС полупроводниковые)	- 90	180
Тепловое излучение	Пирометры всех типов	20	6000

Термометры расширения основаны на свойстве тел изменять свой объём под действием температуры.

Манометрические термометры работают по принципу изменения давления жидкости, газа или пара с жидкостью в замкнутом объеме при нагревании или охлаждении этих веществ² (Этот принцип использован при построении Международной практической температурной шкалы по газовому термометру.)

Термометры сопротивления основаны на свойстве металлических проводников изменять электрическое сопротивление в зависимости от их нагрева.

Термоэлектрические термометры построены на свойстве разнородных металлов и сплавов образовывать в паре (спая) термоэлектродвижущую силу, зависящую от температуры спаев.

Пирометры работают по принципу измерения излучаемой нагретыми телами энергии, зависящей от температуры этих тел.



Рисунок 1 – Классификация средств измерения температуры

Задания для выполнения

Необходимо письменно ответить на вопросы.

Вопросы для обсуждения:

1. Что такое температура?
2. Какие температурные шкалы вы знаете? Опишите их характеристики. Какая между ними взаимосвязь?
3. На какие группы и с каким диапазоном показаний подразделяют приборы для измерения температуры в зависимости от используемых ими физических свойств веществ?
4. Приведите классификационную схему деления средств измерения температуры

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ТЕМА 2.2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель работы: изучение конструкций и принципов действия приборов контроля температуры.

Теоретическое обоснование

Для измерения температуры наибольшее распространение получили следующие методы, основанные:

- на тепловом расширении жидких, газообразных и твердых тел (термомеханический эффект);
- изменении давления внутри замкнутого объема при изменении температуры (манометрические);
- изменении электрического сопротивления тел при изменении температуры (терморезисторы);
- термоэлектрическом эффекте;
- использовании электромагнитного излучения нагретых тел.

Приборы, предназначенные для измерения температуры, называются **термометрами**. Они подразделяются на две большие группы: контактные и бесконтактные.

Контактное измерение температуры.

Термометры расширения нашли широкое распространение в практике контактных измерений температуры. Основные типы механических контактных термометров, их метрологические характеристики, преимущества, недостатки и область применения представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Основные метрологические характеристики механических контактных термометров

Наименование прибора	Тип прибора	Пределы измерений, °C	Погрешность измерения, %	Инерционность	Преимущества	Недостатки	Область применения
Металлические термометры расширения	Дилатометрические	0...100 0	±5	Большая	Дешевые, надежные, малое время срабатывания; очень большие перестано-	Малая точность, высокая инерционность	Температурные выключатели

					вочные усилия		
	Биметаллические	0...500	± 5	»	Дешевые, надежные; большие перестановочные усилия	Низкая точность	Оценочный контроль температуры, температурные выключатели
Жидкостные термометры	Жидкостные стеклянные	-55...+600	± 1	»	Очень дешевые	Малая механическая прочность, нет дистанционности	Лабораторные термометры, бытовые термометры
	Жидкостные манометрические	-30...+600	± 1	»	Дешевые, надежные, не требуют внешних источников энергии; дистанционность до 50 м, большие перестановочные усилия	Температура соединительного капилляра влияет на показания прибора	Промышленные термометры, термореле
	Конденсационные манометрические	0...400	± 1	Малая	То же	Нелинейная статическая характеристика	То же
Газовые термометры	С гелиевым заполнением				Принцип измерения соответствует определению термодинамической температуры	Малая механическая прочность, большая трудоемкость процесса измерения	Поверочные (калибровочные) работы

1. Биметаллические и дилатометрические термометры основаны на свойстве твердых тел в различной степени изменять свои линейные размеры при изменении их температуры.

В основном металлы и их сплавы относятся к материалам с высоким температурным коэффициентом линейного расширения. Так, для латуни он равен $(18,3...23,6) \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$, для

никелевой стали $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. В то же время есть сплавы, имеющие низкий коэффициент линейного расширения: сплав инвар — $0,9 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, плавленый кварц — $0,55 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

На рис. 1, а представлена конструкция биметаллического термометра, в котором в качестве термочувствительного элемента используется двухслойная пластинка, состоящая из металлов с существенно различными коэффициентами линейного расширения: латуни 1 и инвара 2. При увеличении температуры свободный конец пластины будет изгибаться в сторону металла с меньшим коэффициентом, по величине этого перемещения судят о температуре.

Данный тип устройств часто используется как термореле в системах сигнализации и автоматического регулирования, а также в качестве температурных компенсаторов в измерительных устройствах, например в радиационных пирометрах, манометрических термометрах и т. п.

На рис. 1, б приведена конструкция чувствительного элемента пневматического dilatометрического преобразователя температуры.

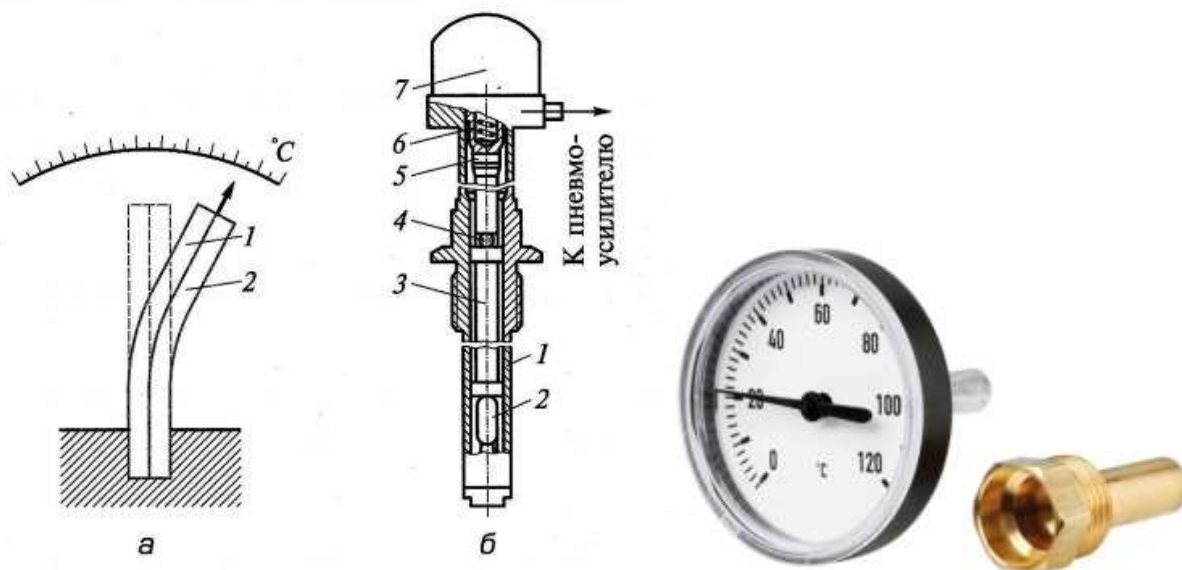


Рисунок 1 - Термометры:

а — биметаллический: 1 — латунь; 2 — инвар; б — dilatометрический: 1 — корпус; 2 — стержень; 3 — трубка; 4 — шарик; 5 — толкатель; 6 — пружина; 7 — преобразователь

В корпусе 1, изготовленном из латуни (нержавеющей стали) расположены трубка 3 и стержень 2, выполненный из инвара (кварца). Стержень 2 через трубку 3 и толкатель 5 с помощью пружины 6 постоянно поджимается к нижнему концу корпуса 1. Шарик 4 исключает появление люфтов между стержнем и компенсационной трубкой, которая выполнена также из латуни и предназначена для исключения температурной погрешности при установке на объектах с различной толщиной тепловой изоляции. Изменение разности удлинений корпуса 1 и стержня 2, пропорциональное изменению температуры измеряемой среды, трансформируется в пневматический сигнал в преобразователе 7, усиливается и поступает на регистрирующий прибор.

Dilatometric converters also release an electrical output signal. The class of accuracy of the devices is 1,5 and 2,5 with a range of measurable temperatures from -30 to $+1000$ $^{\circ}\text{C}$.

2. Жидкостные стеклянные термометры конструктивно подразделяются на **палочные** (рис. 2, а) и **технические со вложенной шкалой** (рис. 2, б). Принцип их действия основан на зависимости между температурой и объемом термометрической жидкости, заключенной в стеклянной оболочке. Жидкостный термометр состоит из

стеклянной оболочки 1, капиллярной трубки 3, запасного резервуара 4 и шкалы 2. Термометрическая жидкость заполняет резервуар и часть капиллярной трубки. Свободное пространство в капилляре заполняется инертным газом или из него удаляется воздух.

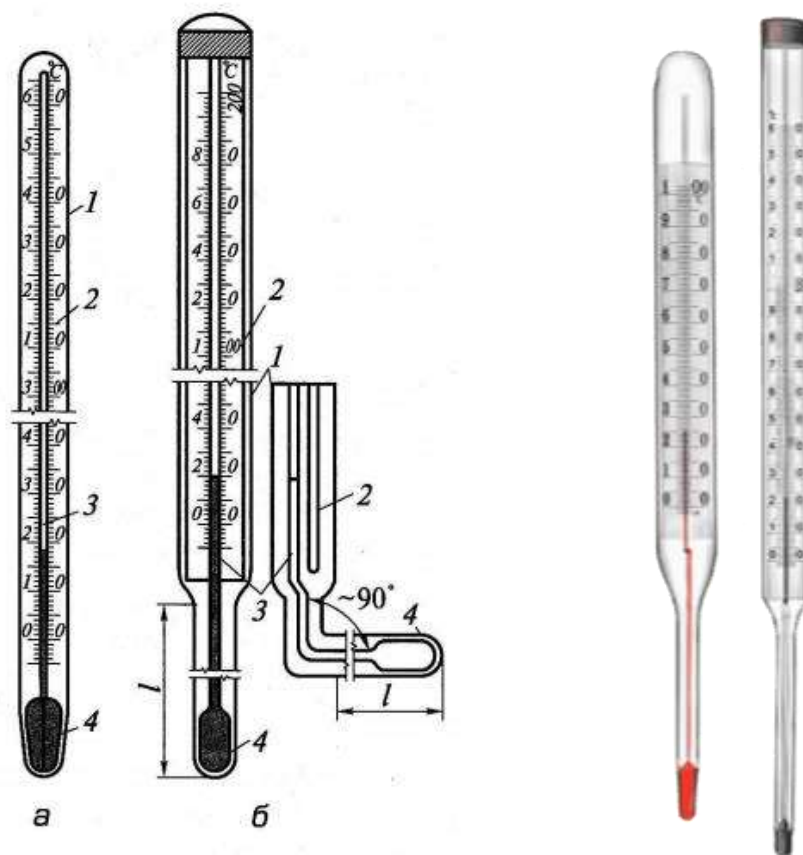


Рисунок 2 - Жидкостные стеклянные термометры:

а — палочный; б — технический со вложенной шкалой; 1 — стеклянная оболочка; 2 — шкала; 3 — капиллярная трубка; 4 — запасной резервуар

В качестве термометрической жидкости применяют органические заполнители: толуол, этиловый спирт, керосин, пентан. Наиболее широкое распространение получили термометры с ртутным наполнением. Это объясняется свойствами ртути находиться в жидком состоянии в широком диапазоне температур и не смачивать стекло, что позволяет использовать капилляры с небольшим диаметром канала (до 0,1 мм) и обеспечивать высокую точность измерения. Так, ртутные образцовые термометры 1-го разряда имеют погрешность 0,002...2°C.

Органические заполнители характеризуются более низкой температурой применения, меньшей стоимостью, большей погрешностью измерения.

Стеклянные термометры в зависимости от назначения и области применения подразделяются на **образцовые, лабораторные, технические, бытовые, метеорологические.**

Лабораторные термометры обеспечивают измерение в интервале температур 0...500°C, который разбит на четыре диапазона, что позволяет получить погрешность измерений, не превышающую $\pm 0,01$ °C (0... 60 °C); $\pm 0,02$ °C (55... 155 °C); $\pm 0,05$ °C (140...300 °C) и $\pm 0,1$ °C (300...500°C).

В качестве **технических** применяют только термометры со вложенной шкалой, которые имеют две модификации: прямые и угловые. Допускаемая погрешность обычно равна цене деления. При стационарной эксплуатации в различных точках технологических агрегатов термометры устанавливают в специальных металлических защитных чехлах (кожухах).

3. **Жидкостные манометрические термометры** (рис. 3) основаны на использовании зависимости между температурой и давлением термометрического вещества (газа, жидкости), заполняющего герметически замкнутую термосистему термометра. Термосистема состоит из термобаллона 4, капилляра 5 и манометрической одно- или многовитковой пружины 6. Капилляр 5 соединяет термобаллон с неподвижным концом манометрической пружины. Подвижный конец пружины запаян и через шарнирное соединение 7, поводок 3, сектор 2 связан со стрелкой прибора 1.

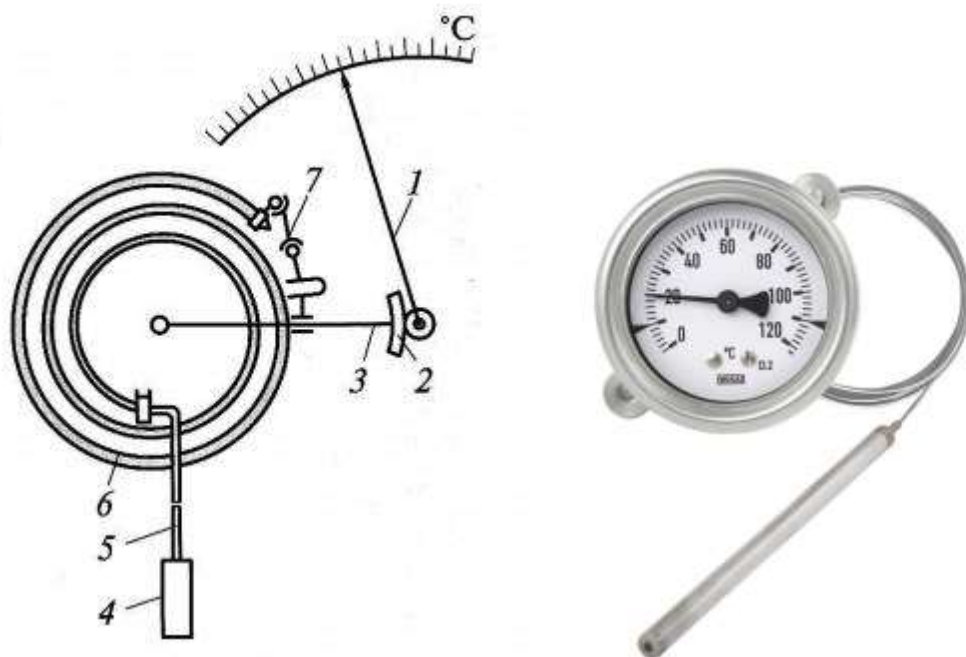


Рисунок 3 - Конструкция манометрического термометра:

1 — стрелка; 2 — сектор; 3 — поводок; 4 — термобаллон; 5 — капилляр; 6 — пружина; 7 — шарнирное соединение

При изменении температуры среды изменяется давление термометрического вещества в замкнутом пространстве, в результате чего чувствительный элемент (манометрическая пружина) деформируется и ее свободный конец перемещается. Данное перемещение преобразуется в поворот регистрирующей стрелки относительно шкалы прибора.

В зависимости от термометрического вещества манометрические термометры подразделяются на **газовые, конденсационные и жидкостные**.

В **газовых термометрах** термобаллон, капилляр и манометрическая пружина заполняются каким-либо инертным газом (азотом, гелием и др.). Диапазон измерения весьма широк и лежит в пределах от критической температуры газа (азот — 147 °С, гелий — 267 °С) до температуры, определяемой теплостойкостью материала термобаллона.

В **конденсационных термометрах** насыщенные пары некоторых низкокипящих жидкостей (ацетон, метилхлорид, этилхлорид) меняют давление при изменении температуры. Диапазон измерения этих приборов от 0 до +400 °С при погрешности измерений ± 1 %.

В **жидкостных термометрах** термосистема заполнена хорошо расширяющейся жидкостью (ртутью, керосином, лигроином и др.). Диапазон измерения этих приборов от -30 до +600 °С при погрешности измерений ± 1 %.

На показания манометрических термометров значительное влияние оказывают внешние условия: изменения температуры окружающего воздуха, различная высота расположения термобаллона и пружины, колебания атмосферного давления.

Манометрические термометры имеют ограниченную длину линии связи от термобаллона к показывающему прибору, большую инерционность и динамическую погрешность.

Класс точности манометрических термометров 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0 при работе в интервале температур окружающего воздуха от 5 до 50 °С и относительной влажности до 80 %.

Манометрические термометры применяют для измерения температуры охлаждающей воды, воздуха, жидкого и газообразного топлива, на установках для заправки и т. п.

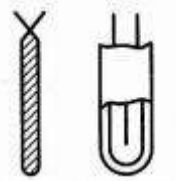
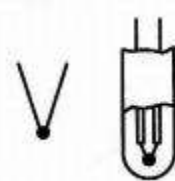
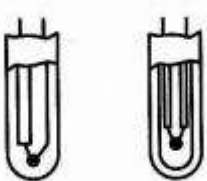
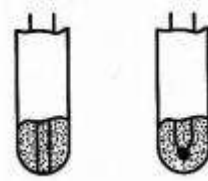
4. Термометры сопротивления.

Термометр сопротивления состоит из чувствительного элемента в виде терморезистора, защитного чехла и соединительной головки.

Принцип действия чувствительного элемента основан на использовании зависимости электрического сопротивления вещества от температуры. В качестве материалов для их изготовления используют чистые металлы: платину, медь, никель и полупроводники. Платина является основным материалом для изготовления термометров сопротивления. В качестве чувствительного элемента в полупроводниковых термометрах сопротивления используют германий, окиси меди и марганца, титана и магния.

Основные метрологические характеристики термометров сопротивления, их принципиальные схемы, преимущества, недостатки и область применения представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Основные метрологические характеристики электрических контактных термометров

Характеристики	Термометры сопротивления		Термоэлектрические термометры	
	металлические	полупроводниковые	стандартные	в тонком чехле
				
Пределы измерений, °С	-200...+800	-150...+450	0...1600	0...2500
Погрешность измерения, %	±0,5	±(1... 5)	±0,5	±0,5
Инерционность	Большая	Малая	Большая	Малая
Преимущества	Высокая точность, линейная статическая характеристика	Высокая чувствительность, возможны измерения в точке	Дешевые, хорошая линейность статической характеристики	Прочность, малая тепловая инерция, линейная статическая характеристика
Недостатки	Невозможно измерение температуры в точке	Нелинейная статическая характеристика, большой разброс параметров, низкая стабильность	Большая тепловая инерция	Не известны

		параметров во времени		
Область применения	Энергетика, непрерывные технологические процессы в химии, пищевая промышленность	Энергетика, технологические процессы в химии, производство искусственных материалов, медицина	Энергетика, непрерывные производства, пищевая промышленность	Энергетика, непрерывные производства, химия, медицина, строительство, производство искусственных материалов

Для решения различных задач термометры сопротивления подразделяются на **эталонные, образцовые и рабочие**, которые, в свою очередь, подразделяются на **лабораторные и технические**.

Эталонные термометры сопротивления предназначены для воспроизведения и передачи шкалы МПТШ в интервале 13,81... ..903,89 К. В качестве эталонных, образцовых и лабораторных приборов повышенной точности применяют платиновые термометры сопротивления.

Технические термометры сопротивления в зависимости от конструкции подразделяются: на погружаемые, поверхностные и комнатные; защищенные и не защищенные от действия агрессивной среды; стационарные и переносные; термометры 1-го, 2-го и 3-го класса точности и т.д.

Одна из конструкций промышленных термометров сопротивления, используемых для измерения температур жидких и газообразных сред, представлена на рис. 2.93, а. Термометр состоит из чувствительного элемента 5, расположенного в стальном защитном кожухе 3, на котором приварен штуцер 2. Провода 9, армированные фарфоровыми бусами 4, соединяют выводы чувствительного элемента 5 с клеммной колодкой 6, находящейся в корпусе головки 1. Сверху головка 1 закрыта крышкой 10, снизу имеется сальниковый ввод 7, через который осуществляется подвод монтажного кабеля 8.

Чувствительный элемент термометра сопротивления (рис. 2.93, б) выполнен из металлической тонкой проволоки толщиной 0,03...0,1 мм с безындукционной каркасной или бескаркасной намоткой.

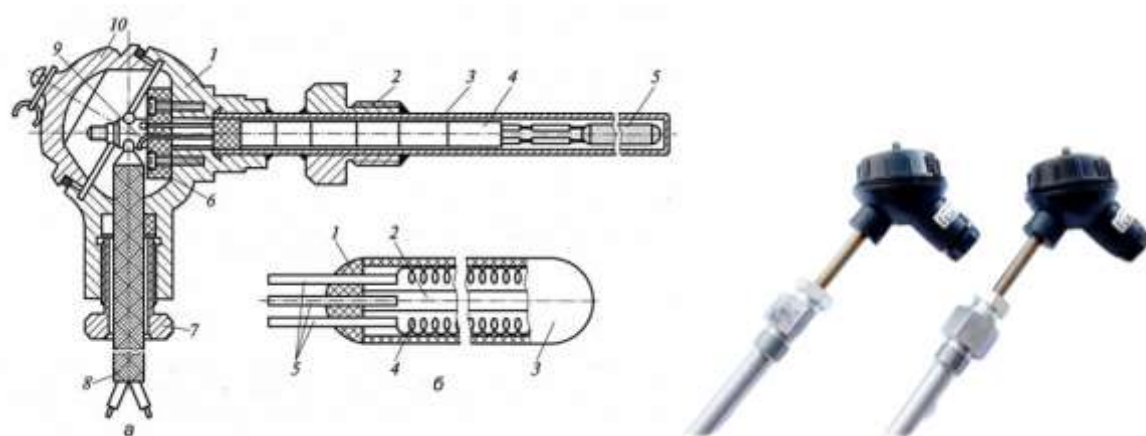


Рисунок 4 – Термометры сопротивления

а — конструкция термометра: 1 — корпус головки; 2 — штуцер; 3 — защитный кожух; 4 — фарфоровые бусы; 5 — чувствительный элемент; 6 — клеммная колодка; 7 — сальниковый ввод; 8 — монтажный кабель; 9 — провода; 10 — крышка; б — конструкция чувствительного элемента термометра: 1 — глазурь; 2 — пространство; 3 — каркас; 4 — платиновые спирали; 5 — выводы

5. Термоэлектрические термометры состоят из термопары, защитного чехла и соединительной головки, они основаны на термоэлектрических свойствах чувствительного элемента.

Сущность термоэлектрического метода заключается в возникновении электродвижущей силы в спае двух разнородных проводников (например, хромель — копель), температура которого отличается от температуры вторых выводов. Для получения зависимости термоЭДС от одной температуры t_2 необходимо температуру t_1 поддерживать на постоянном уровне, обычно при 0 или +20 °С. Спай, помещаемый в измеряемую среду, называют горячим, или рабочим, концом термопары, а спай, температуру которого поддерживают постоянной, — холодным, или свободным, концом.

Для увеличения чувствительности термоэлектрического метода измерения температуры в ряде случаев применяют термобатарею: несколько последовательно включенных термопар, рабочие концы которых находятся при температуре t_2 , а свободные — при известной и постоянной температуре t_1 .

Основные метрологические характеристики термоэлектрических термометров, их принципиальные схемы, преимущества, недостатки и область применения см. в табл. 3.

В качестве термопар (ТП) наиболее часто применяют комбинации материалов, имеющих высокое значение развиваемой термо- ЭДС, стабильность характеристик при различных температурах, воспроизводимость и линейную зависимость термоЭДС от температуры, простоту технологической обработки и получения спаев, а именно: хромель-копелевые (ТВР)[А], хромель-алюмелевые (ТХК)[Л], платинородий-платиновые (ТХА)[К], вольфрам-ренийевые (Тнн)[С] и др. В квадратных скобках приведены условные обозначения номинальных статистических характеристик преобразования.

Таблица 3 - Основные характеристики термоэлектрических термометров

Термопара	Градуировка	Химический состав термоэлектрода		Пределы применения, С		Пределы допускаемой погрешности, С, при температуре, С				ТэДС при t2= 100С, t1 = 0С, мВ
		положительного	отрицательного	нижний	верхний*	300	800	1500	1800	
Стандартной градуировки										
Платинородий-платиновая (ТПП)	ПП-1	Платинородий (90% Pt+10% Rh)	Платина (100% Pt)	0	1300 1600	1,23	2,06	3,36	—	0,64 ±0,03
Платинородий-платинородиевая (ТПР)	ПР30/6	Платинородий (70% Pt + 30% Rh)	Платинородий (94% Pt + 6%Rh)	300	1600 1800	3,20	3,51	4,31	5,17	—
Хромель-алюмелевая (ТХА)	ХА	Хромель (89% Ni + 9,8 % Cr + + 1% Fe + 0,2% Mn)	Алюмель (94 % Ni + 2 % Al + 2,5 % Mn + + 1 % Si + 0,5% Fe)	200	1000 1300	3.9	6,5	—	—	4,10±0,16

Хромель-копелевая (ТХК)	ХК	То же	Копель (55 % Си + 45 % Ni)	200	600 800	2,4	5,8	—	—	6,95±0,2
Вольфрам-рениевая (ТВР)	ВР5/20	Вольфрам-рений (95 % W + 5 % Re)	Вольфрам-рений (80% W + 20% Re)	0	2200 2500	5,00	5,00	7,40	9,60	1,33 ±0,03 (1,40 ± 0,03)
<i>Нестандартной градуировки</i>										
Вольфрам-рениевая	ВР10/20	Вольфрам-рений (90 %W + 10% Re)	Вольфрам-рений (80% W+20% Re)	0	2200 2500	—	—	—	—	0,97 ±0,02
Вольфрам-молибденовая	ВМ	Вольфрам (100% W)	Молибден (100% Мо)	1250	2000 2000	—	—	5,00	—	0,40±0,03
	ЦНИИЧ М-1	То же	Молибден-алюминий (99,5 % Мо + 0,5 % Al)	1000	2000 2400	—	—	—	—	—
Медь-константановая	МК	Медь (100% Си)	Константан (42% Ni + 58% Cu)	250	350 500	0,5... 1,0	—	—	—	4,10 ± 0,16

На рис. 5 показана конструкция термоэлектрического термометра. Термопара 7 установлена в защитный кожух 6. В головке 2 термометра расположено контактное устройство 1 с зажимами для соединения термоэлектродов 3 с проводами, идущими от измерительного прибора к термометру. Термоэлектроды по всей длине изолированы друг от друга и от корпуса керамическими трубками 5. В качестве термоэлектродов используют проволоку диаметром 0,3...0,5 мм.

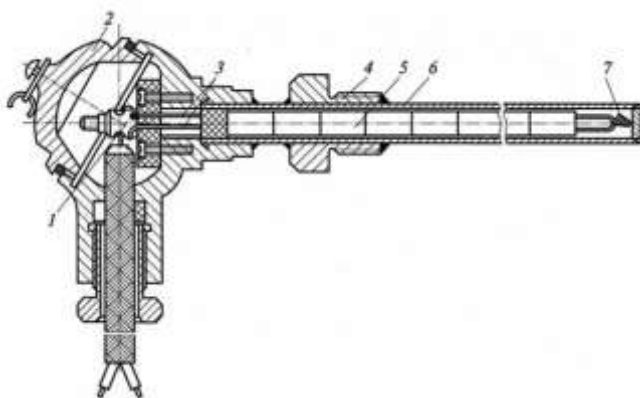


Рисунок 5 - Конструкция термоэлектрического термометра:

1 — контактное устройство; 2 — головка; 3 — термоэлектроды; 4 — штуцер; 5 — керамические трубки; 6 — защитный кожух; 7 — термопара

Спай на рабочем конце термопары 7 образуется сваркой, пайкой или скручиванием. Последний способ используется для вольфрам-рениевых и вольфрам-молибденовых термопар.

Бесконтактное измерение температуры.

О температуре нагретого тела можно судить на основании измерения параметров его теплового излучения, представляющего собой электромагнитные волны различной длины. Термометры, действие которых основано на измерении теплового излучения, называются пирометрами. Они позволяют измерять температуру в диапазоне от 100 до 6000 °С и выше.

Физические тела характеризуются либо непрерывным спектром излучения (твердые и жидкие вещества), либо избирательным (газы). Участок спектра в интервале длин волн 0,02...0,4 мкм соответствует ультрафиолетовому излучению, участок 0,4... 0,76 мкм — видимому излучению, участок 0,76... 400 мкм — инфракрасному излучению. Интегральное излучение — это суммарное излучение, испускаемое телом во всем спектре длин волн.

Монохроматическим называется излучение, испускаемое при определенной длине волны.

На основании законов излучения разработаны пирометры следующих типов:

- суммарного (полного) излучения, в которых измеряется полная энергия излучения;
- частичного излучения (квазимонохроматические), в которых измеряется энергия в ограниченном фильтром (или приемником) участке спектра;
- спектрального отношения, в которых измеряется интенсивность излучения фиксированных участков спектра.

В **пирометрах полного излучения** оценивается не менее 90 % суммарного потока излучения источника. При измерении температуры реального тела пирометры этого типа показывают не действительную, а так называемую радиационную температуру тела.

Поэтому эти пирометры называются **радиационными**. При известном суммарном коэффициенте черноты тела возможен пересчет с радиационной температуры тела на его действительную температуру. Исходя из этого, пирометры полного излучения удобно использовать при измерениях разностей температур в неизменных условиях наблюдения в диапазоне 100...3 500°С. Основная допустимая погрешность в технических пирометрах возрастает с увеличением верхнего предела измерения температуры. Так, для 1000 °С — ±12 %, для 2000 °С — ±20 %.

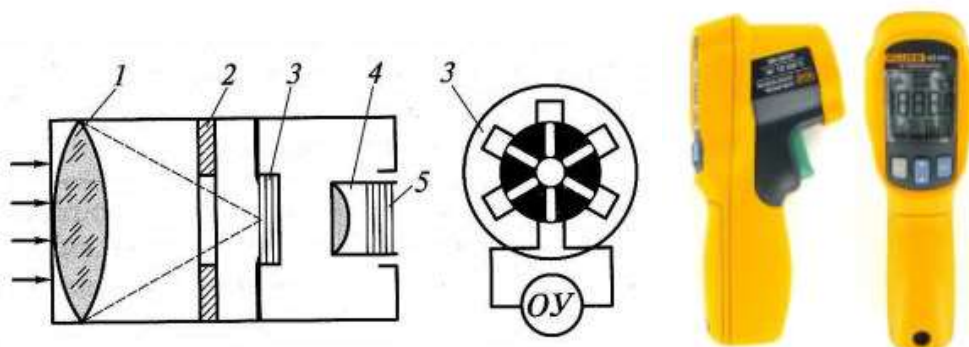


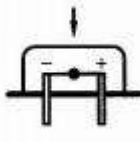
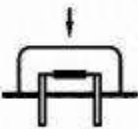
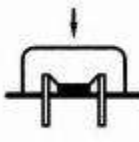
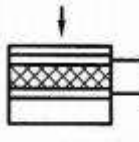
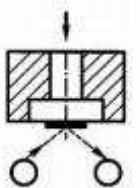
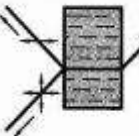
Рисунок 6 - Схема радиационного пирометра:

1 — линза; 2 — диафрагма; 3 — приемник излучения; 4 — окуляр; 5 — фильтр; ОУ — отсчетное устройство

В **радиационном пирометре** (рис. 6) лучи нагретого тела поступают на линзу 1, которая направляет их через диафрагму 2 на приемник излучения 3. Приемник излучения состоит из большого числа термопар (термобатарея), горячие спаи которых выполнены в виде секторных тонких пластинок. Сигнал с термопар, соединенных последовательно, подается на отсчетное устройство ОУ. Через окуляр 4 с фильтром 5 производится наведение пирометра на объект измерения. Основные метрологические характеристики приемников

полного излучения, их принципиальные схемы, основные преимущества, недостатки и область применения представлены в табл. 4.

Таблица 4 - Основные метрологические характеристики приемников полного излучения

Характеристики	Электрические				Пневматические	Оптические
	Термобатареи	Болометры	Тепловые быстродействующие индикаторы	Пирозлектрические кристаллы	Детектор Голя	Жидкие кристаллы
						
Пределы измерения	Теоретически не ограничены, зависят от конструкции					
Чувствительность	$10^0 \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$	$10^1 \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$	$10^{-4} \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$	$10^3 \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$	$10^5 \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$	$10^2 \text{ нм} \cdot \text{К}^{-1}$
Инерционность, с	10-2	10-3	10-8	10-7	10^{-2}	10^{-1}
Преимущества	Высокая временная стабильность	Большая по сравнению с термобатареями чувствительность	Малая тепловая инерция	Малая тепловая инерция, широкий частотный диапазон	Чрезвычайно широкий частотный диапазон	Большая разрешающая способность (10^{-3} К)
Недостатки	Большая по сравнению с болометрами инерционность	Необходимость источника питания, собственное нагревание	Малая чувствительность	Исчезновение поляризации выше точки Кюри	Невозможны статическое измерение	Высокая инерционность
Область применения	Пирометрия, спектроскопия, радиометрия	Пирометрия, спектроскопия, радиометрия	Обнаружение лазерного излучения	Пирометрия, спектрометрия, регистрация температурных полей	Спектрометрия	Медицина, исследования

Они подразделяются на электрические (термобатареи, болометры, тепловые индикаторы, пироэлектрические кристаллы), пневматические (детектор Голя) и оптические (жидкие кристаллы). Наибольшая чувствительность (10^5 В*Вт^{-1}) у пневматических приемников. У электрических она составляет от 10^{-4} до 10^3 В*Вт^{-1} .

Задания для выполнения

Заполните классификационную таблицу (табл. 5) деления приборов контроля температуры.

Таблица 5 - Приборы контроля температуры

Термометрическое свойство	Наименование прибора	Принцип действия	Конструкция, внешний вид (фото)	Пределы измерения температуры, °С
Контактные				
Бесконтактные				

Вопросы для обсуждения:

1. Основные методы измерения температуры.
2. Контактное и бесконтактное измерение температуры
3. Металлические термометры расширения, разновидности, принцип действия.
4. Жидкостные термометры, разновидности, принцип действия.
5. Термометры сопротивления, принцип действия.
6. Термоэлектрические термометры, принцип действия.
7. Пирометры, разновидности, принцип действия.

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ТЕМА 2.3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕСА

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

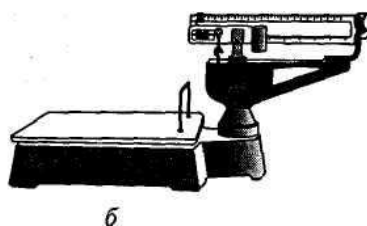
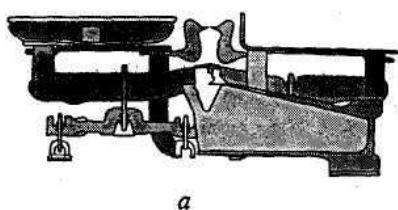
ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЕСА. СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕСА

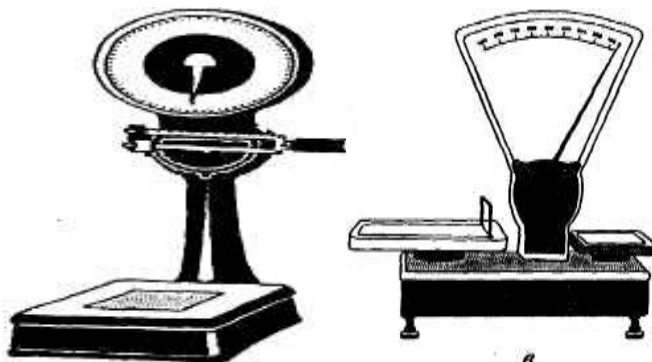
Цель занятия: изучить устройство и принцип действия весов различных типов

Теоретическое обоснование:

Весы предназначены для определения массы изделия посредством сравнения ее с массой условно принятой единицы (граммом, килограммом, тонной) и являются одним из древнейших измерительных приборов. По мере развития науки и производства весы совершенствовались, разрабатывались их новые специализированные виды.

Весы для грубого взвешивания настольные чашечные (а), шкальные (б), циферблатные настольные (в) и товарные (г)





Для торговых операций в настоящее время используются как весы для грубого взвешивания (см. рис.), так и высокоточное электронное весоизмерительное оборудование, одновременно выдающее чек со стоимостью покупки и соединенное с компьютерной системой учета всех видов реализуемых продуктов (рис.).



Взвешивание — измерение массы товара с использованием эффекта гравитационных сил, действующих на это тело.

Весы — измерительный прибор, предназначенный для измерения массы товаров.

Классификация весов

Весы классифицируют по следующим признакам:

1. *по месту и способу установки:*

- настольные (устанавливают на прилавке, они предназначены для взвешивания в пределах от 20г до 20 кг),
- передвижные (платформенные весы предназначены для взвешивания больших грузов устанавливают на полу),
- стационарные (устанавливают на постоянном месте в специальном углубленном месте, платформа весов находится на уровне пола, на них можно взвешивать груз с тележкой).

2. *по виду указательного (отсчетного) устройства:* весы гирные, шкальные, циферблатные, цифровые (электронные)

3. *по виду отсчета показаний взвешивания* весы бывают с визуальным отсчетом и с документальной регистрацией.

4. *по виду снятия показаний:* местные, дистанционные.

5. *по принципу действия:* рычажные, электронные.

Требования, предъявляемые к весам:

- *метрологические* (точность при взвешивании, устойчивость, чувствительность, постоянство показаний).

- *торгово-эксплуатационные*: наглядность, скорость взвешивания, надежность.

- *санитарно-гигиенические*, удобная конструкция и материал.

Весы следует считать **точными** в том случае, если они дают показания измерения массы с отклонением от истинных показаний в пределах допустимой погрешности.

Чувствительность весов — их свойство выходить из состояния равновесия при незначительном увеличении нагрузки.

Устойчивость — способность весов выведенных из состояния равновесия быстро возвращаться в него.

Постоянство показаний — при многократном взвешивании весы должны показывать одну и ту же массу.

Надежность — способность исправно и безотказно выполнять свои функции в течение всего срока эксплуатации.

Наглядность показаний — хорошая обозримость и читаемость показаний весов.

Максимальная скорость взвешивания — способность весов быстро приходить в состояние равновесия, зависит от устойчивости.

Кроме того, весы должны отвечать определенным *санитарно-гигиеническим требованиям*, которые предусматривают их **изготовление из материалов**, являющихся нейтральными по отношению к взвешиваемым товарам и окружающей среде. Их **конструкция и отделка поверхностей деталей** не должны препятствовать чистке и мытью.

Индексация весов

Существует большое количество видов весов: чашечные весы, лабораторные, вагонные, автомобильные, крановые, медицинские. Каждый вид весов предназначен для определенного диапазона веса и необходимой точности. Современные весы, как правило, оснащены электроникой, позволяющей выводить измерения в цифровом формате. Для достижения точности показаний, весы калибруют.

Для осуществления операций, связанных с приемкой товаров, подготовкой их к продаже и отпуском, применяется торговое измерительное оборудование: весы, гири, меры длины и объема.

Характеристика основных технических и эксплуатационных данных различных весов заложена в их условную буквенно-цифровую индексацию:

Первая буква — принцип действия: Р — рычажные весы

В (ВЭ) — электронные весы

Вторая буква — место установки: Н — настольные

П — передвижные

С — стационарные (А — автомобильные, В — вагонные)

Первая цифра — предел взвешивания в кг (у стационарных — в тоннах)

Третья буква — вид указательного устройства: Ш — шкальные

Ц — циферблатные

Г — гирные

Вторая цифра — вид отсчета показаний взвешивания: 1 — с визуальным отсчетом

2 — с документальной регистрацией

Третья цифра — вид снятия показаний: 3 — местные

4 — дистанционные

Например, индекс РН-10Ц13 имеет следующую расшифровку: Р — весы рычажные; Н — настольные; 10 — наибольший предел взвешивания — 10 кг; Ц — циферблатные; 1 — с визуальным отсчетом; 3 — с местным способом снятия показаний.

Установка весов на месте эксплуатации и подготовка к работе.

- При получении весов необходимо проверить состояние упаковки, а при распаковке комплектность или видимые дефекты.

- Установить весы на горизонтальную поверхность.
- Зафиксировать стойку, для чего прикрутить ее двумя болтами у основания весов.
- Закрепить пульт управления (устройство индикации) гайкой к стойке или на стене.

Вставить вилку разъема грузоподъемной платформы в гнездо пульта управления.

- Вращением регулировочных ножек установить весы в строго горизонтальное положение, контролируя установку по уровню, расположенному под грузоприемной платформой.

Действия персонала перед началом работы.

- Провести санитарную обработку весов (удалить пыль, грязь с корпуса и платформы) с применением 0,5% моющего средства и последующей протиркой ее сухой тряпкой.

- Установить весы в горизонтальное положение (путем регулирования ножек выставить весы таким образом, чтоб пузырек воздуха в ампуле уровня находился в центре).

- Включить весы и проконтролировать показания индикаторов, точность взвешивания.

- Проверить работоспособность путем не сильного нажатия в центр платформы рукой. При этом на индикаторе будет высвечиваться показание, соответствующие усилию нажатия. Отпустить платформу и на индикаторе появятся нули.

- Во время работы весы на которых не производятся работы должны быть в выключенном состоянии.

Действия персонала после окончания работы.

- По окончании работы проверить визуально целостность весов.

- Выключить весы из розетки.

- Удалить остатки мусора с платформы весов, и территории вокруг нее и под ней.

- О всех выявленных несоответствиях сообщить управляющему магазином или старшему смены, мастеру.

Подготовка весоизмерительного оборудования к государственной поверке.

- Произвести внешний осмотр на наличие трещин, сколов, следов коррозии, а также пыли, грязи.

- Провести санитарную обработку внутренней части весов, платформы, корпуса, чекопечатающего механизма.

- Проверить работоспособность.

- В случае обнаружения поломки немедленно сообщить в сервисную организацию.

После проведения государственной поверки проконтролировать наличие пломбы и четкого оттиска клейма на ней.

Пломба гос. поверителя находится под грузоподъемной платформой на 2-х винтах перевязанных проволокой.

Запрещается

- Применять весоизмерительное оборудование у которых просрочена или нарушена пломба гос. поверки.

- Применять весы у которых погрешность при взвешивании выше допустимой нормы(см. таблицу).

- Применять данное оборудование при сильных перепадах напряжения.

- Применять весы на которые происходит прямое попадание воды и воздушного потока.

- Включать весы в розетку у которой отсутствует заземленный контакт и через переходящие устройства.

- Устанавливать весы на неустойчивую поверхность, поверхность подверженную вибрациям и токопроводящую.
- Взвешивать товар если платформа весов касается посторонних предметов.
- Взвешивать товар, вес которого превышает наибольший предел взвешивания, избегать резких ударов по платформе.
- Производить ремонтные работы персоналом магазина.
- Производить нарезку, упаковку товара на платформе, а также длительное хранение товара.
- Производить взвешивание товара на весах, которые не выставлены по уровню.
- Допуск персонала к работе на весоизмерительном оборудовании не владеющими знаниями инструкции и порядка работы на весах, а также не прошедших инструктаж по техники безопасности.

Порядок проведения работы:

1. Изучить конструкционные особенности весов РН-6Ц13 и весов электронных ВР-1038, а затем зарисовать схему устройства данных весов с указанием основных элементов конструкции:

Принцип действия РН – 6 Ц13У

Для взвешивания грузов массой не более 10 кг и не менее 100 г.

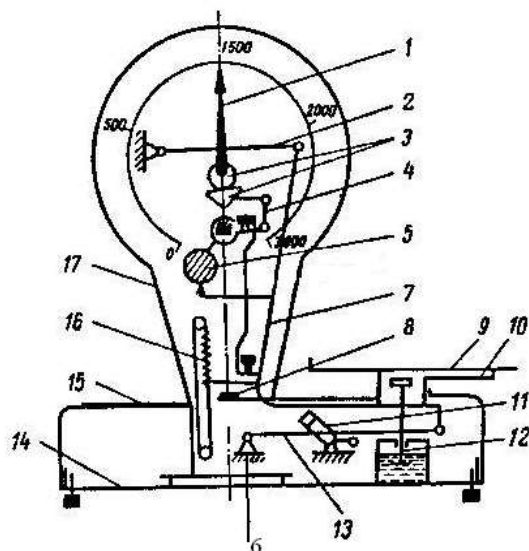


Схема настольных циферблатных весов РН-6Ц13У: 1 — стрелки; 2 — струнка; 3 — зубчатая пара; 4 — шарнирный параллелограмм; 5 — квадрант; 6 — призма; 7 — грузоприемный рычаг; 8 — уровень; 9 — грузоприемная площадка; 10 — тарировочная камера; 11 — изолир; 12 — шток успокоителя; 13 — главный рычаг; 14 — плита; 15 — кожух; 16 — тарокомпенсатор; 17 — корпус

Рисунок 1 Схема настольных циферблатных весов РН-6Ц13У

Все детали и узлы настольных циферблатных весов смонтированы на опорной плите (14) на четырех винтовых ножках. Рычажная система состоит из главного рычага (13), опирающегося на призму (6). На противоположный конец главного рычага опирается грузоприемный рычаг (7), верхняя часть которого связана со стрункой (2). Товарная площадка (9) опирается на грузоприемный рычаг (7) и соединена с масляным успокоителем (12). Под товарной площадкой (9) расположена тарировочная камера (10). Для установки весов предусмотрен жидкостный уровень (8), а для запираания рычажной системы при транспортировке и хранении — изомер (11). Тарокомпенсатор (16) — это спиральная пружина соединенная с грузоприемным рычагом (7). Тарокомпенсатор служит для исключения массы тары (до 400 г) из показаний массы взвешиваемого товара. Все узлы весов закрыты кожухом (15). Под действием силы тяжести груза, уложенного на товарную площадку (9),

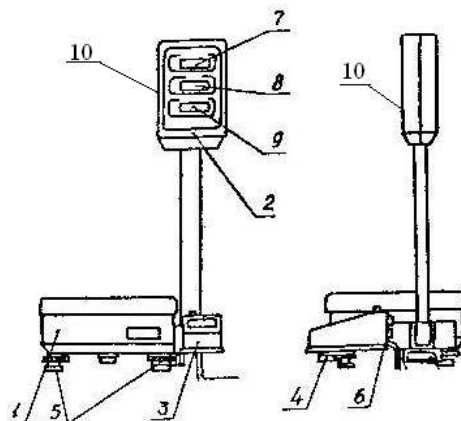
равновесие рычажной системы нарушается. Главный рычаг (13) поворачивается по часовой стрелке, а грузоприемный рычаг опускается. Через тягу усилие груза передается на квадрант (циферблатное коромысло) (5), который также поворачивается по часовой стрелке и воздействует через шарнирный параллелограмм (4) и зубчатую пару (3) на стрелку (1), которая показывает массу груза на шкале циферблата.

Электронные весы

Электронные весы и весовые комплексы служат для определения и регистрации массы и стоимости товара. Их применение обеспечивает высокую скорость взвешивания, автоматический подсчет стоимости товара, документированную регистрацию результатов взвешивания путем печатания на чеке значений массы, цены и стоимости.

Принцип действия весов заключается в автоматическом преобразовании силы тяжести груза в электрические сигналы пропорциональные массе груза. Весовое устройство перемножает измеренную массу груза на заданную цену, а результат измерения и вычисления выводится на цифровое табло.

Электронные весы (рис. 2) могут применяться в комплексе с основным регистрирующим устройством. Блок наблюдения (10) подключается к грузоприемному устройству (1) с помощью специального разъема и закрепляется крышкой. Под блоком индикации (2) на кронштейне установлен выходной разъем для связи весов с внешними устройствами. Пульт управления (3) подключается к грузоприемному устройству (1) с помощью разъема и закрепляется на кронштейне. Блок индикации (2) содержит двухстороннее отчетное устройство, состоящее из цифровых табло «стоимость» (7), «массы» (8) и «цена за 1 кг» (9) на которых высвечивается соответствующая информация. Регулировочными ножками (5) производится установка весов по жидкостному уровню (4).



Весы электронные ВР-1038: 1 — грузоприемное устройство; 2 — блок индикации; 3 — пульт управления; 4 — жидкостной уровень; 5 — регулируемые опоры; 6 — «сеть» и предохранитель; 7 — «стоимость»; 8 — «масса»; 9 — «цена за 1 кг товара»; 10 — блок наблюдения.

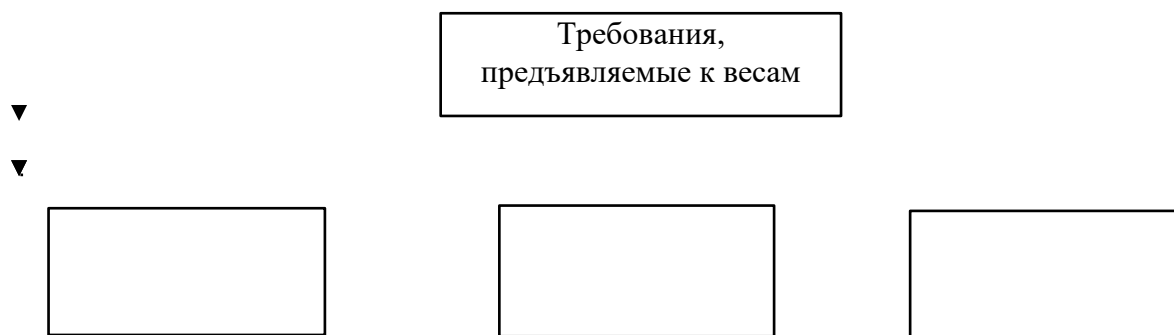
Рисунок 2 - Весы электронные ВР - 1038

2. Установите соответствие характеристики весов одному из перечисленных признаков классификации (укажите признак):

	Характеристика весов	Признак классификации весов	Номер характеристики весов
1	Шкальные	Принцип действия	
2	Передвижные	Вид отсчета показаний	
3	Циферблатные	Вид указательного устройства	

4	Стационарные	Способ снятия показаний	
5	Дистанционные	Место и способ установки	
6	Рычажные		
7	С визуальным отсчетом		
8	Местные		
9	Шкально-гирные		
10	С документальной регистрацией		
11	Настольные		
12	Гирные		
13	Электронные		

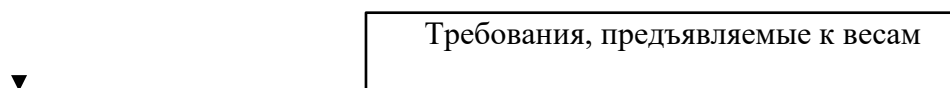
3. Заполните схему:



4. Дайте определения понятиям:

- точность
- чувствительность
- постоянство показаний
- устойчивость

5. К требованиям, предъявляемым к весам, допишите цифры с соответствующими характеристиками:



Метрологические _____

Торгово-эксплуатационные _____

Санитарно-гигиенические _____

Характеристики требований,
предъявляемых к весам

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. надежность; | 6. скорость взвешивания; |
| 2. чувствительность; | 7. удобство ухода; |
| 3. нейтральность материала; | 8. устойчивость; |
| 4. постоянство показаний; | 9. точность; |
| 5. наглядность показаний. | |

6. Расшифруйте индексы РН – 3Ц 13,

РС-500Ш13,

РП-500Г13

РС-30Ц24А

7. Какова последовательность действий при работе на электронных весах:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Т.д.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируют весоизмерительные устройства?
2. Каковы основные правила работы с весоизмерительными устройствами?
3. Требования к весоизмерительным устройствам.
4. Индексация весов.

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ТЕМА 2.4. ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10.
ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ

Цель работы - изучение конструкции и принципа действия приборов для измерения давления

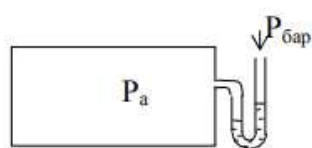
1.1 Классификация приборов для измерения давления.

Под давлением в общем случае понимают предел отношения нормальной составляющей усилия к площади, на которую действует усилие.

В зависимости от природы контролируемого процесса нас интересует абсолютное давление P_a или избыточное P_i . При измерении P_a за начало отсчета принимается нулевое давление, которое можно себе представить как давление внутри сосуда после полной откачки воздуха. Естественно, достигнуть $P_a = 0$ невозможно.

Барометрическое давление $P_{бар}$ - давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы.

Избыточное давление представляет собой разность между абсолютным и барометрическим давлением



$P_{\text{и}} = P_{\text{а}} - P_{\text{бар}}$
Если $P_{\text{абс}} < P_{\text{бар}}$, то $P_{\text{и}}$ называется давлением разрежения.

Классификация приборов для измерения давления:

I. По принципу действия:

- 1) жидкостные (основанные на уравнивании давления столбом жидкости);
- 2) поршневые (измеряемое давление уравнивается внешней силой, действующей на поршень);
- 3) пружинные (давление измеряется по величине деформации упругого элемента);
- 4) электрические (основанные на преобразовании давления в какую-либо электрическую величину).

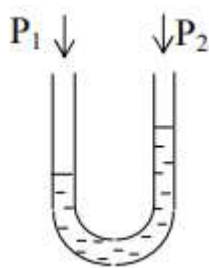
II. По роду измеряемой величины:

- 1) манометры (измерение избыточного давления);
- 2) вакуумметры (измерение давления разрежения);
- 3) мановакуумметры (измерение как избыточного давления, так и давления разрежения);
- 4) напорометры (для измерения малых избыточных давлений);
- 5) тягомеры (для измерения малых давлений разрежения);
- 6) тягонапорометры;
- 7) дифманометры (для измерения разности давлений);
- 8) барометры (для измерения барометрического давления).

1.2 Жидкостные манометры.

Широко применяются в качестве образцовых приборов для лабораторных и технических измерений. В качестве рабочей жидкости используется спирт, вода, ртуть, масла.

Двухтрубный манометр представляет из себя U-образную трубку, заполненную затворной жидкостью.

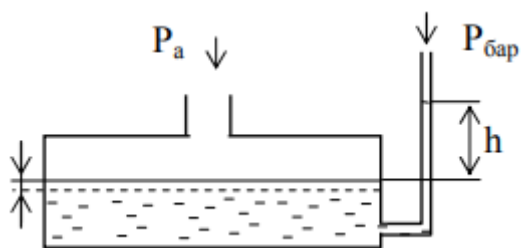


1.3 Чашечные манометры и дифманометры.

Чашечный (однотрубный) манометр является разновидностью U-образного трубного манометра (см. рис. 3, у которого одна из трубок заменена сосудом большого диаметра (чашкой). Измеряется давление $P_{\text{а}}$, действующее на жидкость в широком сосуде, а открытый конец трубки совмещен с атмосферой.

Уравнение равновесия: $P = \rho g (h + H)$.

Чашечные и трубные манометры применяются для тарировки и поверки рабочих приборов, реже - в качестве рабочих приборов.



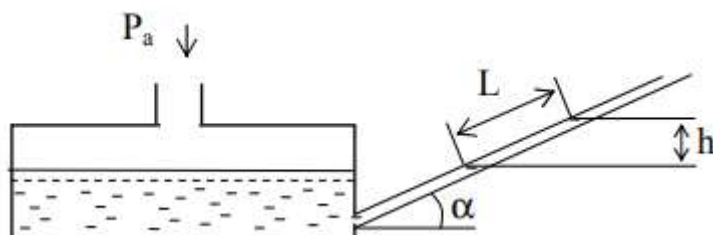
1.4 Микроманометры.

Применяются для измерения давлений, меньших 100 - 200 мм водяного столба. Представляют из себя жидкостной манометр с наклоненной по углом 20...50° трубкой.

$h = L \cdot \sin(\alpha)$ - высота поднятия уровня жидкости в узкой трубке,

$P = \rho \cdot g \cdot h$ - измеренное давление.

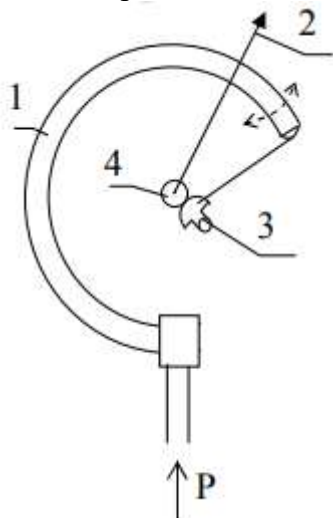
Погрешность: $\pm 1,5 \%$.



1.5 Пружинные манометры.

Состоят из трубчатой пружины 1 с поводком, зубчатого сектора 3 и шестерни 4 с прикрепленной к ней стрелкой 2.

При увеличении давления трубчатая пружина стремится разогнуться, в результате чего она через поводок начинает взаимодействовать на зубчатый сектор, отклоняя стрелку.



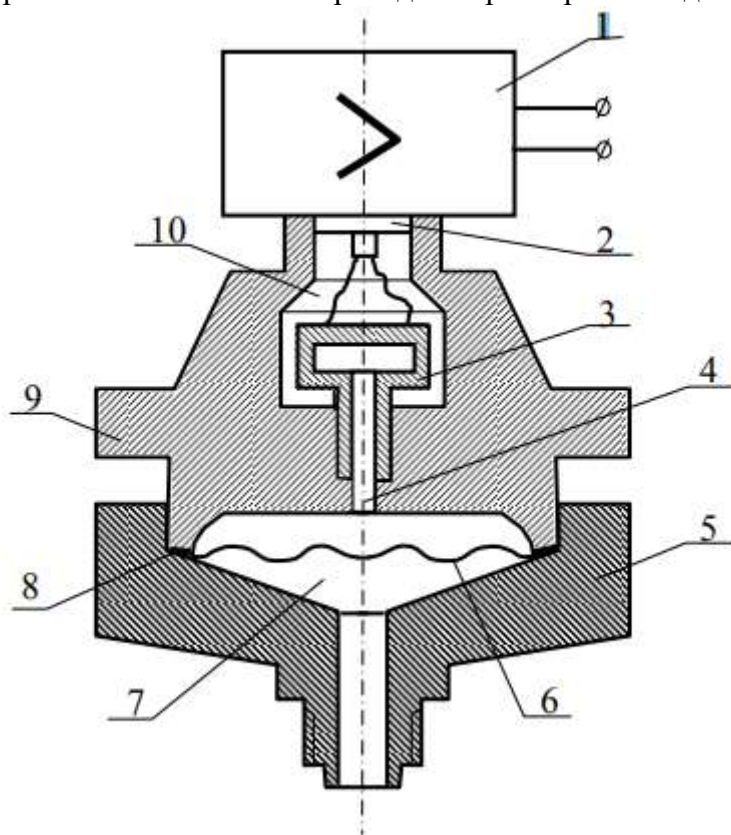
1.6 Электрические манометры.

Преобразователи давления типа "Сапфир".

Эти манометры обеспечивают непрерывное преобразование значение измеряемого параметра (давления избыточного, абсолютного, разряжения, разности давлений нейтральных и агрессивных сред) в унифицированный токовый сигнал для дистанционной передачи (0 - 5 мА, 0 - 20 мА и др.).

Мембранный тензопреобразователь 3 размещен внутри основания 9 (см. рис. 6). Внутренняя полость 4 тензопреобразователя заполнена кремнийорганической жидкостью и отделена от измеряемой среды металлической гофрированной мембраной 6, приваренной по наружному контуру к основанию 9. Полость 10 сообщена с окружающей атмосферой.

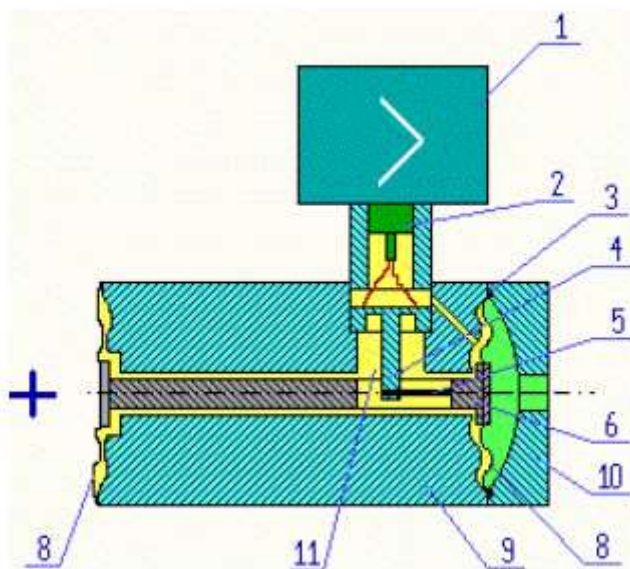
Измеряемое давление подается в камеру 7 фланца 5, который уплотнен прокладкой 8. Измеряемое давление воздействует на мембрану 6 и через жидкость воздействует на мембрану тензопреобразователя, вызывая ее прогиб и изменение сопротивления тензорезисторов. Электрический сигнал от тензопреобразователя передается из измерительного блока 1 по проводам через гермовывод 2.



Преобразователи Сапфир-22ДА моделей 2050 и 2060, предназначенные для измерения абсолютного давления, отличаются тем, что полость 10 вакуумирована и герметизирована.

Преобразователи Сапфир-22ДД моделей 2410, 2420, 2430, 2434, 2440 и 2444 (см. рис. 7), предназначенные для измерения разности давлений, отличаются тем, что в них используется тензопреобразователь мембранно-рычажного типа, который размещен внутри основания в замкнутой полости, заполненной кремнийорганической жидкостью, и отделен от измеряемой среды двумя металлическими гофрированными мембранами. Мембраны соединены между собой центральным штоком, перемещение которого передается рычагу тензопреобразователя, что вызывает деформацию тензопреобразователя.

Чувствительным элементом тензопреобразователя является пластина из монокристаллического сапфира (разновидность корунда - Al_2O_3) с кремниевыми пленочными тензорезисторами (структура КНС - кремний на сапфире).



Электрический сигнал от тензопреобразователя передается из измерительного блока в электронное устройство 1 по проводам через гермоввод 2. Измерительный блок выдерживает без разрушения воздействие односторонней перегрузки рабочим избыточным давлением. Это обеспечивается тем, что при такой перегрузке одна из мембран 8 ложится на профилированную поверхность основания 9.

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под гидростатическим давлением?
2. Каковы единицы измерения гидростатического давления в международной СИ?
3. Каков закон распределения гидростатического давления по глубине?
4. Каковы основные виды гидростатического давления?
5. Что понимают под абсолютным давлением?
6. Что понимают под манометрическим давлением?
7. Какое давление называют вакуумметрическим?
8. Какое давление называют барометрическим?
9. Что называют паскалем?
10. Что больше: абсолютное давление, равное 0,16 МПа, или избыточное, равное 0,07 МПа?
11. Что понимают под пьезометрическим напором?
12. Какова связь между давлением и пьезометрической высотой?
13. Каковы достоинства и недостатки жидкостных приборов для измерения давления?
14. Каковы достоинства и недостатки механических приборов для измерения давления в жидкостях?
15. Пьезометр – что это? Чему равен пьезометрический напор (в метрах водяного столба и миллиметрах ртутного столба) для давления, равного двум атмосферам?

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ТЕМА 2.5. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11.

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ

Цель работы – приобретение навыков анализа конструктивных особенностей и характеристик микрометрических средств измерений.

Вопросы для обсуждения:

1. Принцип работы микрометрического инструмента.
2. Классификация микрометрического инструмента.
3. Особенности считывания результатов измерений, шкалы микрометров
4. Особенности комбинированного микрометрического инструмента.
5. Настройка микрометрического инструмента.

**РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ТЕМА 2.5. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12.
ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ИНДИКАТОРНЫМ
ИНСТРУМЕНТОМ**

Цель работы – приобретение навыков анализа конструктивных особенностей и характеристик средств измерений на базе индикаторных головок.

Вопросы для обсуждения:

1. Принцип работы индикаторных головок.
2. Классификация индикаторных головок.
3. Особенности считывания результатов измерений, шкалы головок.
4. Конструкции оснований индикаторного инструмента.
5. Настройка индикаторного инструмента.

**РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ТЕМА 2.5. ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13.
ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ ОПТИЧЕСКИМ
ИНСТРУМЕНТОМ**

Цель работы – приобретение навыков анализа конструктивных особенностей и характеристик средств измерений с оптическими и оптико-механическими преобразователями.

Вопросы для обсуждения:

1. Основные принцип работы оптического инструмента.
2. Классификация оптического инструмента.
3. Особенности считывания результатов измерений, шкалы инструмента
4. Особенности конструкции средств измерений, работающих на принципе интерференции света.
5. Настройка оптического инструмента.

**РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ТЕМА 2.6. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14.**

ИЗУЧЕНИЕ АМПЕРМЕТРОВ, ВОЛЬТМЕТРОВ И ГАЛЬВАНОМЕТРОВ НА РАЗЛИЧНОМ ПРИНЦИПЕ ДЕЙСТВИЯ

Цель работы

1. Изучение устройства и принципа действия приборов разных систем, их погрешности, достоинства, недостатки и область применения.
2. По шкале конкретного прибора определение его основных характеристик и абсолютной погрешности измерения.
3. Расчет значения сопротивления шунта и дополнительного сопротивления для расширения пределов измерения прибора.

1. Теоретическое введение

Классификация электроизмерительных приборов

Все электроизмерительные приборы классифицируются по следующим признакам:

1. **По роду измеряемой величины:** амперметры, вольтметры, омметры, ваттметры, счетчики электрической энергии, термометры и т.п.
2. **По роду тока:** приборы переменного тока, приборы постоянного тока, постоянный и переменный ток.
3. **По степени точности:** от 1 до 8 класса. С увеличением номера класса увеличивается значение относительной погрешности прибора. Класс точности прибора определяется по таблице 1. Он соответствует единственному числу на шкале прибора, записанному в виде десятичной дроби. Например, если на шкале нанесена надпись 1,0, это означает, что относительная погрешность прибора составляет 1%, и он соответствует 5-му классу точности.

Таблица 1. Классы точности электроизмерительных приборов.

Число на шкале прибора (его относительная погрешность в процентах)	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	4,0
Класс точности	1	2	3	4	5	6	7	8

В зависимости от условий эксплуатации приборы разделяют на три группы:

Группа А - для работы в сухих, отапливаемых помещениях.

Группа Б - для работы в закрытых, неотапливаемых помещениях.

Группа В - для работы в полевых (В₁) или морских (В₂) условиях.

По устойчивости к механическим воздействиям приборы делятся на обыкновенные;

обыкновенные с повышенной прочностью;

устойчивые к механическим воздействиям: тряскопрочные (ТП), вибропрочные (ВП) и т.п.

По принципу действия: в зависимости от того, какие физические законы заложены в принцип работы электроизмерительных приборов. Существуют приборы следующих систем: магнитно-электрической, электромагнитной, электродинамической, цифровой, тепловой, вибрационной, электростатической и т. д.

Приборы магнитоэлектрической системы

Приборы магнитоэлектрической системы работают на основе силового действия магнитного поля на ток, протекающий по проводнику, изготовленному в виде рамки. Как

правило, магнитное поле образуется постоянным магнитом, а легкая рамка может свободно вращаться в зазоре между полюсами магнита. В результате действия сил создается вращающий момент сил, а слишком большому повороту рамки противодействует спиральная пружина, противодействующий момент упругих сил у которой пропорционален углу поворота. Поэтому шкала у приборов этой системы равномерная, они не потребляют большого количества электроэнергии, обладают высокой чувствительностью и точностью. Но, с другой стороны, приборы магнитоэлектрической системы очень боятся механических перегрузок, равно как и электрических, из-за которых перегорают тонкие токопроводящие пружинки. Этими приборами нельзя измерить переменный ток, т. к. направление отклонения стрелки зависит от направления тока в рамке.

Приборы электромагнитной системы

Приборы электромагнитной системы работают, как правило, в цепях переменного тока. Принцип действия этих приборов основан на действии магнитного поля тока, протекающего по неподвижной катушке, на ферромагнитный сердечник, способный втягиваться в область большего поля. Поскольку по подвижной части прибора ток не протекает, то такие приборы прекрасно выдерживают электрические и механические перегрузки. Направление отклонения стрелки не зависит от направления тока в катушке, что позволяет использовать эти приборы в цепях и постоянного и переменного тока. К недостаткам приборов электромагнитной системы относятся: неравномерная шкала, невозможность измерений при малых токах (вблизи нуля шкалы нет вовсе) из-за большого собственного потребления электрической энергии, низкая точность и чувствительность.

Приборы электродинамической системы

Принцип действия этих приборов основан на действии магнитного поля, созданного неподвижной катушкой, на ток, протекающий по проводнику подвижной (вращающейся) катушки. При включении такого прибора в измерительную цепь с переменным током, одновременно изменяются направления магнитного поля и тока во вращающейся катушке, поэтому направление момента сил не меняется, т.е. приборы можно с успехом применять в цепях переменного тока. Сходство с приборами магнитоэлектрической системы (наличие подвижной рамки с током) приводит к тому, что чувствительность у приборов этой системы хорошая, но шкала, как и у приборов электромагнитной системы неравномерна. Такие приборы не способны выдерживать механические и электрические перегрузки.

Цифровые приборы

Для измерения механических, электрических или оптических характеристик вещества в лабораторных условиях часто используют универсальные цифровые приборы, поскольку у них отсутствуют недостатки характерные для обычных электроизмерительных приборов. Блок-схема универсального цифрового прибора показана на рис. 1.

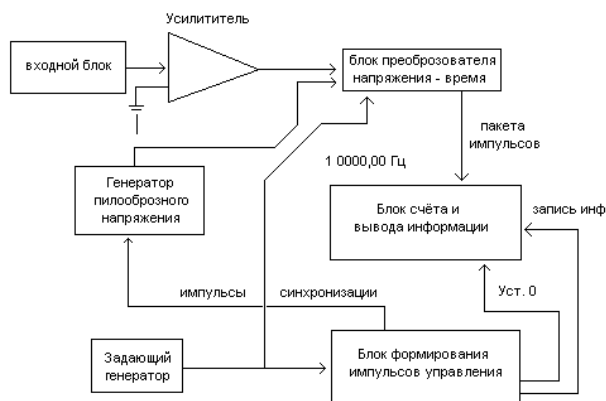


Рис. 1. Схема универсального измерительного прибора

Входной блок служит для ослабления слишком сильных сигналов в 1000, 100 или 10 раз, если это необходимо, т.е. для расширения пределов измерения. В этом блоке все измеряемые параметры (ток, напряжение, перемещение линейное или угловое, сила, температура и т.п.) при помощи соответствующих (иногда переносных) датчиков преобразуются в постоянное напряжение, пропорциональное измеряемому параметру. Это напряжение усиливается до значения, находящегося в интервале от 0 до 10 В, и поступает на один вход пороговой схемы сравнения (блок преобразования напряжение—время), а на второй вход схемы сравнения подается периодическое, линейно нарастающее (пилообразное) напряжение (например, со скоростью роста 1 В/с). На выходе схемы сравнения присутствует напряжение по времени от нуля и до того момента пор, пока мгновенное значение пилообразного напряжения не сравняется с измеряемым значением. Таким образом, получается преобразователь напряжение-время (длительность). Полученное импульсное напряжение (периодические пакеты) подается на один вход второй схемы сравнения, а на второй ее вход подается импульсный сигнал с частотой 100000 Гц или 1000000 Гц от кварцевого генератора, обеспечивающего высокую точность и стабильность частоты. На выходе второй схемы присутствует напряжение только тогда, когда оно есть одновременно на двух входах. Поэтому, на выходе второй схемы сравнения присутствуют импульсы напряжения стандартной частоты только в пределах каждого пакета, причем их количество пропорционально длительности пакета, а значит и измеряемому напряжению. Остается только периодически устанавливать счетное устройство на ноль перед началом каждого пакета, подсчитывать количество импульсов в пакетах и высвечивать полученное число на индикаторах. Такие задачи легко решаются при помощи интегральных микросхем. А все блоки вместе (входной блок, усилитель, блок напряжение - частота, блок индикации и счета, блок генератора стандартной частоты и блок формирования управляющих импульсов) составляют универсальный цифровой прибор. Такие приборы могут иметь весьма высокую точность (образцовые), очень много пределов измерения и много измеряемые параметров, но сравнительно дороги и требуют питания от стационарной сети, т. е. являются лабораторными приборами.

Приборы других систем

Приборы тепловой системы действуют по принципу изменения длины или сопротивления, они могут работать в цепях как переменного, так и постоянного тока.

Приборы индукционной системы работают по принципу действия магнитного поля неподвижного магнита на индуцируемый в подвижной части прибора ток.

Приборы с вибрационной системой использует явление резонанса при совпадении частот собственных механических колебаний подвижной части прибора с частотой переменного тока. Применялись такие приборы для измерений частоты переменного тока (сейчас не применяются).

Чтобы легко получить необходимую информацию о приборе, ГОСТом 5365-83 установлена специальная система их маркировки. Согласно этому ГОСТу, на шкале прибора при помощи условных обозначений указаны: единица измеряемой величины; класс точности прибора; ГОСТ, по которому он изготовлен; род тока и число фаз; система прибора; категория защищенности прибора; испытательное напряжение прочности электрической изоляции токоведущих частей относительно корпуса прибора; год выпуска и заводской номер прибора.

В Таблице 2 указаны обозначения, наносимые на шкалы электроизмерительных приборов.

Таблица 2. Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов.

Магнитоэлектрическая система	
------------------------------	---

Магнитоэлектрический логометр	
Выпрямительная система	
Термоэлектрическая система	
Электромагнитная система	
Электродинамическая система	
Индукционная система	
Электростатическая система	
Род тока	
а) постоянный	—
б) переменный	~
Примечание. Для указания диапазона частот используют следующие обозначения :	
а) наименьшие частоты	~
б) средние частоты	≈
в) наибольшие частоты	≡

Ток пульсирующий	
Импульс прямоугольный положительный	
Импульс прямоугольный отрицательный	
Перепад напряжения	
Установка прибора	
а) вертикальное положение шкалы	
б) горизонтальное положение шкалы	
в) наклонное положение шкалы	
Прочность изоляции прибора (измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ)	
Генераторный зажим	
Зажим, соединенный с корпусом	
Зажим для заземления	

Пылезащищенный корпус	Пз
Герметический корпус	Гм
Ударопрочные	УП
Нечувствительные к вибрации	ВН
Вибропрочные	ВП
Тряскопрочные	ТП
Обыкновенные с повышенной механической прочностью	ОП
Для сухого и влажного тропического климата	Т
Номинальная (нормальная) область частоты	45-500 Гц
Номинальное (нормальное) значение частоты	500

2. Пример решения.

Рассмотрим на примере прибора, шкала которого изображена на рис.2, какую информацию можно получить о нем.

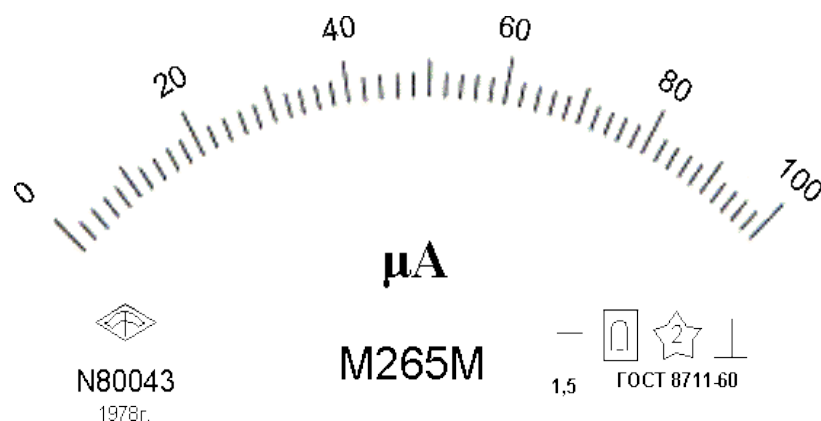


Рис. 2. Шкала измерительного прибора

1. Знак μA означает, что данный прибор является микроамперметром.
2. Максимальное значение шкалы равно 100. Это означает, что предел измерения данного прибора 100 мкА.
3. Определить цену деления можно, разделив номинальное (максимальное) значение шкалы (100 мкА) на количество делений шкалы (50): $C = 100 \text{ мкА} / 50 = 2 \text{ мкА/дел.}$
4. Знак «—» означает, что прибор предназначен для работы на постоянном токе.
5. Знак  означает, что измерительный механизм прибора имеет магнитоэлектрическую систему.
6. Знак  означает, что изоляция прибора испытана напряжением 2000 В.
7. Знак  означает, что прибор устанавливается вертикально.
8. Число «1,5» определяет класс прибора. То есть относительная погрешность прибора составляет 1,5 %. Прибор соответствует 6 классу точности и относится к группе технических приборов.

Расширение пределов измерения амперметра и вольтметра.

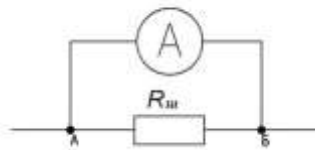
Для измерения электрического тока используют амперметры. При измерениях амперметр включается в электрическую схему последовательно, т.е. так, чтобы весь измеряемый ток проходил через прибор. Поэтому амперметры должны иметь как можно меньшее сопротивление, чтобы их включение не изменяло величины тока в цепи. Для расширения пределов измерения амперметров применяются шунты. Шунт - это точно подобранное сопротивление, подключаемое к амперметру параллельно, чтобы строго

определенная часть тока прошла мимо прибора. Пусть I_a - максимально возможный ток через прибор, который требуется включить в цепь с током, в n раз большим максимального, т.е. $I = n \cdot I_a$. Так как $I = I_{ш} + I_a$, и шунт с амперметром включены параллельно,

$$\frac{I_a}{I_{ш}} = \frac{R_{ш}}{R_a}$$

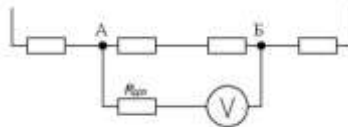
напряжения на них равны. Следовательно,

Отсюда
$$R_{ш} = R_a \cdot \frac{I_a}{I_{ш}} = R_a \cdot \frac{I_a}{I - I_a} = R_a \cdot \frac{1}{(I/I_a) - 1} = R_a \cdot \frac{1}{n - 1}.$$



Подключение шунта к амперметру.

Измерение напряжения осуществляется при помощи вольтметров. Вольтметры подключаются параллельно тому участку цепи, напряжение на котором надо измерить. Чтобы вольтметр не влиял на распределение токов в цепи, его сопротивление должно быть многократно больше, чем сопротивление участка цепи.



Подключение вольтметра.

Пусть измеряемое напряжение U в n раз превышает то напряжения U_v , на которое рассчитан вольтметр сопротивлением R_v . Тогда, применив закон Ома для участка цепи,

получим: $U = I(R_{доп} + R_v)$, $R_{доп} = \frac{U}{I} - R_v = R_v \left(\frac{U}{IR_v} - 1 \right) = R_v \cdot \left(\frac{U}{U_v} - 1 \right)$. Если $\frac{U}{U_v} = n$, то: $R_{доп} = R_v(n - 1)$.

Мощность тока на отдельных участках рассчитывается по формулам

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}, \text{ где } U, I, R - \text{напряжение, сила тока и сопротивление на соответствующих участках цепи.}$$

Расчет погрешностей прямых измерений.

Погрешность результата одного измерения, обусловленная неточностью отсчета, представляет собой абсолютную погрешность отсчета $\Delta x_{отсч}$, и численно равна половине цены деления шкалы прибора:

$$\Delta x_{отсч} = \pm 0,5C.$$

Точность результата измерения зависит от погрешности, обусловленной неточностью отсчета, и от погрешности, обусловленной неточностью прибора. Абсолютная погрешность результата измерения Δx есть сумма абсолютной погрешности отсчета $\Delta x_{отсч}$ и абсолютной погрешности прибора $\Delta x_{приб}$:

$$\Delta x = \Delta x_{отсч} + \Delta x_{приб}.$$

Абсолютную погрешность прибора $\Delta x_{идея}$ можно найти, зная относительную погрешность этого прибора ε (ее значение в процентах указано на шкале прибора в виде десятичной дроби):

$$\varepsilon = \frac{\Delta x_{приб}}{x_{max}} \cdot 100\%, \quad \Delta x_{приб} = \frac{\varepsilon \cdot x_{max}}{100\%}.$$

Поскольку, по мере увеличения значения измеряемой величины относительная погрешность измерения значительно уменьшается, то при измерениях нужно выбирать такие пределы, чтобы значение измеряемой величины находилось во второй половине шкалы прибора.

3. Контрольные вопросы и задачи

1. Получить у преподавателя шкалы, характеристики которых следует определить. Изучить надписи, имеющиеся на шкалах или корпусах электроизмерительных приборов. Зарисовать шкалу, охарактеризовать прибор.
2. Определить абсолютную погрешность измерения для данного прибора.
3. Рассчитать дополнительное сопротивление, сопротивление шунта, потребляемые мощности: шунта; дополнительного сопротивления и измерительных приборов. Данные для расчета взять из таблицы 3 в соответствии с вариантом, заданным преподавателем.

Таблица 3. Исходные данные для расчета

№ вар.	Предел измерения		Необходимо измерить		Внутреннее сопротивление	
	Амперметр, А	Вольтметр, В	Силу тока, А	Напряжения, В	R_A (амперметра), Ом	R_V (вольтметра), Ом
1	2	100	1000	2000	30	500
2	5	150	1500	2500	35	1000
3	10	200	2000	3000	40	1500
4	20	250	2500	3500	45	2000
5	30	300	3000	4000	50	2500
6	40	350	4000	4500	55	3000
7	50	400	5000	5000	60	3500
8	60	450	6000	5500	65	4000
9	70	500	7000	6000	70	4500
10	85	550	8500	6500	75	5000

4. Сделать вывод.
5. Классификация электроизмерительных приборов, их достоинства и недостатки.
6. Основные характеристики изученного электроизмерительного прибора, его

принцип действия.

7. Расширение пределов измерений вольтметра и амперметра.
8. Расчет погрешностей измерений.
9. Закон Джоуля-Ленца.

РАЗДЕЛ 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
ТЕМА 2.7. ИСПЫТАНИЯ. ПРИБОРЫ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15.
ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА
ПРЕДПРИЯТИЯХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Неразрушающий контроль - это широкая группа методов анализа, используемых для проверки, оценки или тестирования состояния материалов, деталей, компонентов, конструкций, оборудования и различной техники без разрушения исследуемого объекта.

Это очень ценные методы, которые могут значительно сэкономить как деньги, так и время на оценке объекта, поиске и устранении неисправностей, различных измерений и исследований. Методы неразрушающего контроля могут быть применены на металлах, пластмассах, керамике, композитах, металлокерамиках и различных покрытиях для обнаружения трещин, внутренних пустот, полостей поверхности, расслоений, дефектов сварных швов и любых других дефектов, которые могут привести к преждевременному разрушению конструкции или механизма. Многие методы неразрушающего контроля способны определять параметры дефектов, такие как размер, форма и ориентация.

Обзор методов неразрушающего контроля

Целью неразрушающего контроля является проверка объекта исследования безопасным, надежным и экономичным способом без ущерба для оборудования или необходимости остановки эксплуатации объекта. Это противоречит разрушающим испытаниям, когда испытываемая часть может быть повреждена или разрушена во время процесса проверки.

Методы неразрушающего контроля основаны на использовании преобразования электромагнитного излучения, звука и других сигналов с помощью специального оборудования.

Основные методы неразрушающего контроля:

- Ультразвуковой метод;
- Акустический метод;
- Метод магнитных частиц (магнитопорошковый);
- Метод контроля проникающими веществами;
- Вихрековый метод;
- Вибродиагностический метод;
- Электрический метод;
- Тепловой метод;
- Радиоволновой метод;
- Радиационный метод;
- Оптический метод;
- Метод визуальных испытаний.

Акустические методы неразрушающего контроля

В акустическом (ультразвуковом) методе неразрушающего контроля для выявления размера и положения дефектов используются звуковые волны, которые генерируются и направляются в исследуемый материал с помощью специального пьезоэлектрического

преобразователя и которые отражаются от границы материала или дефектов, если они присутствуют в материале. Далее отраженные волны фиксируются и анализируются преобразователем и на основе проанализированной информации на дисплее прибора можно сделать вывод о наличии или отсутствии дефектов, или отклонений.

Акустический метод неразрушающего контроля может быть использован для исследования и тестирования практически любого материала. При ультразвуковой дефектоскопии используются упругие волны ультразвукового диапазона (выше 20 кГц) и акустический неразрушающий контроль называют ультразвуковым.

В методах акустического неразрушающего контроля можно выделить контроль с применением акустической эмиссии.

Акустическая эмиссия

Тестирование акустической эмиссии (АЕТ) - это метод неразрушающего контроля, основанный на генерации волн, вызванных внезапным перераспределением напряжения в материале.

Когда часть оборудования подвергается внешнему воздействию - изменению давления, нагрузки или температуры, это вызывает высвобождение энергии в виде волн напряжений, которые распространяются на поверхность и регистрируются датчиками. Обнаружение и анализ сигналов акустической эмиссии может предоставить информацию о наличии разрывов в материале.

Из-за своей универсальности метод тестирования акустической эмиссии имеет множество применений в различных отраслях, таких как:

- Оценка целостности объекта;
- Обнаружение дефектов;
- Контроль качества сварки;
- Обнаружение активной коррозии на дне различных резервуаров для хранения;
- Обнаружение повреждений в системах высокоэнергетических трубопроводов;
- Инспекция сосудов под давлением;
- Обнаружение утечек.

Этот метод особенно эффективный для непрерывного наблюдения(мониторинга) за несущими конструкциями.

Магнитопорошковые методы неразрушающего контроля

Магнитопорошковый метод контроля или метод тестирования магнитных частиц (МТ) использует одно или несколько магнитных полей для обнаружения поверхностных или лежащих около поверхности пор, разрывов и трещин в ферромагнитных материалах. При использовании этого метода неразрушающего контроля металлический исследуемый объект подвергается воздействию сильного магнитного поля. Магнитное поле может применяться с постоянным магнитом или электромагнитом. При использовании электромагнита поле присутствует только при подаче тока.

Поскольку линии магнитного потока плохо перемещаются в воздухе, то на краях пор и трещин магнитное поле концентрируется и вызывает притягивание очень мелких цветных ферромагнитных частиц, которые наносятся на поверхность объекта. После прекращения действия магнитного поля на краях разрывов и пор будет наблюдаться концентрация этих частиц, производя видимую индикацию места дефекта на поверхности детали. Магнитные частицы могут быть сухим порошком или жидким раствором магнитного порошка, также они могут быть окрашены цветным или флуоресцентным красителем, который флуоресцирует под ультрафиолетовым светом. Для выявления всех дефектов проводят 2 проверки – первая перпендикулярно поверхности, вторая – с ориентацией на 90 градусов к первому положению.

Методы неразрушающего контроля проникающими веществами

Контроль жидкостного пенетранта является эффективным инструментом для оценки поверхностей сварных швов, отливок и других компонентов, которые нельзя разобрать или разрушить. В дополнение к проверке на наличие трещин и пор, его также можно использовать для определения других характеристик поверхности, таких как пористость. Неразрушающий контроль проникающими веществами долгое время остается одним из самых надежных, эффективных и экономически выгодных методов для обнаружения поверхностных дефектов в непористых материалах.

Основным принципом испытаний на проникновение жидкости является то, что при нанесении на поверхность детали очень специальной жидкости (пенетранта) она проникает в открытые на поверхности трещины и пустоты. После нанесения жидкого красителя и обеспечения надлежащего времени выдержки часть жидкости очищается и наносится проявляющий порошок. Инспектор, который проводит анализ извлекает жидкость, просачивающуюся в трещины или поры, что приводит к появлению видимых следов, идентифицирующих дефекты.

При проведении осмотра проникающими веществами необходимо, чтобы испытываемая поверхность была чистой и не содержала каких-либо посторонних материалов или жидкостей, которые могли бы блокировать проникновение пенетранта в открытые пустоты или трещины.

Вихретоковые методы контроля

Вихретоковое тестирование является эффективным и точным методом. Вихретоковый метод контроля основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, проходящих по исследуемому образцу.

Вихревые токи могут использоваться для обнаружения трещин, измерения толщины материала или покрытия, измерения проводимости для идентификации материала, контроля термообработки. Методы вихревых токов обычно используются для неразрушающего контроля и мониторинга состояния большого разнообразия металлических конструкций, включая трубы теплообменников, фюзеляжи самолетов и конструктивные элементы летательных аппаратов.

К преимуществам вихретокового контроля относятся:

- Чувствительность к небольшим трещинам и другим дефектам;
- Способность обнаруживать поверхностные и около поверхностные дефекты,
- Результаты в режиме онлайн;
- Переносное компактное оборудование;
- Широкий спектр использования;
- Минимальная подготовка деталей;
- Отсутствие необходимости контакта с проверяемой деталью (зазор до 2мм);
- Возможностью проверки сложных форм и размеров исследуемого объекта.

Виброакустический метод контроля

Виброакустические методы неразрушающего контроля относятся к процессу мониторинга сигнатур вибраций оборудования или конструкции, характерных для части вращающегося механизма, и анализа этой информации для определения состояния этого оборудования.

Обычно используются три типа датчиков:

- Датчики смещения;
- Датчики скорости;
- Акселерометры.

Электрические методы неразрушающего контроля

Электрические методы неразрушающего контроля основаны на фиксации показателей электрического поля, взаимодействующего с исследуемым объектом или возникающем в контролируемом объекте в следствии стороннего воздействия. Электрический метод неразрушающего контроля позволяет определять некоторые характеристики материала: плотность, степень полимеризации, толщину материалов и покрытий.

Тепловой метод неразрушающего контроля

Термическое / инфракрасное тестирование используются для измерения или отображения температуры поверхности на основе инфракрасного излучения, выделяемого объектом, когда тепло проходит через этот объект или из него. Большая часть инфракрасного излучения длиннее длины волны, чем видимый свет, но может быть обнаружена с использованием тепловизионных устройств (тепловизоров), называемых «инфракрасными камерами». Для точного ИК-тестирования исследуемая часть должна находиться в прямой видимости с камерой, не должна быть закрыта посторонними предметами или крышкой, поскольку крышки будут рассеивать тепло и могут привести к ложным показаниям. При правильном использовании тепловое изображение может использоваться для обнаружения коррозионных повреждений, отложений, пустот, различных включений, а также многих других дефектов и отклонений.

Радиоволновые методы неразрушающего контроля

Неразрушающий контроль с использованием принципов радиоволнового исследования состоит в фиксации изменений параметров радиоманнитных волн, которые взаимодействуют с исследуемым объектом.

Радиационные методы неразрушающего контроля

Радиографическое тестирование (RT) - метод неразрушающего контроля, который включает использование либо рентгеновских лучей, либо гамма-лучей для просмотра внутренней структуры компонента. В нефтехимической промышленности радиографическое тестирование часто используется для проверки механизмов, таких как сосуды под высоким давлением и клапаны, для обнаружения дефектов. Радиографическое тестирование также используется для проверки качества сварных швов.

По сравнению с другими методами неразрушающий контроль качества с помощью рентгенографии имеет ряд преимуществ.

- Метод может использоваться на различных материалах;
- Собранные данные могут храниться для последующего анализа.

Радиография - эффективный инструмент, который требует очень небольшой подготовки поверхности. Многие радиографические системы компактны и имеют автономное питание, что позволяет использовать их в полевых условиях.

Типы радиографии

Существуют различные виды неразрушающего контроля с помощью радиографии, включая обычную рентгенографию и множественные формы цифрового радиографического тестирования. Все эти виды неразрушающего контроля работают по-разному и имеют свой собственный набор преимуществ и недостатков.

- Обычная рентгенография. В обычной радиографии используется чувствительная пленка, которая реагирует на излучение объекта для захвата изображения испытываемой части. Затем это изображение может быть проверено на предмет наличия повреждений или недостатков. Самое большое ограничение этого метода заключается в том, что пленки можно использовать только один раз, и они занимают много времени для обработки и интерпретации.

- **Цифровая радиография.** В отличие от обычной радиографии технология цифровой радиографии не требует пленки. Вместо этого он использует цифровой детектор для отображения рентгенографических изображений на экране компьютера почти мгновенно. Это позволяет значительно сократить время экспозиции, чтобы изображения могли быть интерпретированы быстрее. Цифровые изображения значительно выше по качеству, чем обычные рентгенографические изображения. Благодаря возможности получения высококачественных изображений технология может быть использована для выявления дефектов материала, посторонних предметов в конструкции, изучения качества сварных швов и проверки предметов на коррозию под изоляцией.

Визуальное и оптическое тестирование, как способы неразрушающего контроля

Визуальное тестирование является наиболее часто используемым методом тестирования в промышленности. Поскольку большинство методов тестирования требуют, чтобы оператор смотрел на поверхность проверяемой детали, визуальный осмотр присущ большинству других методов испытаний. Как следует из названия, визуальный контроль включает в себя визуальное наблюдение поверхности исследуемого объекта для оценки наличия видимых дефектов и отклонений. Проверки с использованием визуального контроля могут проводиться с помощью прямого просмотра с использованием зрения или могут быть улучшены с использованием оптических инструментов, таких как увеличительные стекла, зеркала, бороскопы, видеоэндоскопы и компьютерные системы просмотра.

Портативный блок видеонаблюдения с зумом позволяет осмотреть большие резервуары и суда, железнодорожные цистерны, канализационные линии. Роботизированные сканеры допускают наблюдение в опасных зонах, таких как воздуховоды, реакторы, трубопроводы. Коррозия, несоосность деталей, физические разрывы и трещины являются лишь некоторыми из дефектов, которые могут быть обнаружены с помощью технологии визуального и оптического тестирования.

Сравнение методов неразрушающего контроля

Ни один метод неразрушающего контроля не будет работать для всех задач обнаружения дефектов или измерений. Каждый из методов имеет преимущества и недостатки по сравнению с другими методами. В приведенной ниже таблице приведены основные виды неразрушающего контроля, общие сферы применения, преимущества и недостатки некоторых из наиболее часто используемых методов неразрушающего контроля.

Контрольные вопросы:

1. Обзор методов неразрушающего контроля?
2. Акустические методы неразрушающего контроля?
3. Магнитопорошковые методы неразрушающего контроля?
4. Методы неразрушающего контроля проникающими веществами?
5. Вихрековые методы контроля?
6. Виброакустический метод контроля?
7. Электрические методы неразрушающего контроля?
8. Тепловой метод неразрушающего контроля?
9. Радиоволновые методы неразрушающего контроля?
10. Радиационные методы неразрушающего контроля?
11. Визуальное и оптическое тестирование, как способы неразрушающего контроля?
12. Сравнение методов неразрушающего контроля?

Список информационных источников

Основные печатные и электронные издания

1. Кравченко, Е. Г. Нормирование точности и технические измерения : учебное пособие для СПО / Е. Г. Кравченко, В. Ю. Верещагин. – Саратов : Профобразование, 2022. – 172 с. – ISBN 978-5-4488-1194-4. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/105722.html>

2. Иванова Н.И. Методы и средства измерений, контроля и испытаний [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Иванова Н.И.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023.— 208 с.— Режим доступа: <https://ipr-smart.ru/133363>

Дополнительные источники

1. Виды и методы измерений, средства измерений : учебное пособие / Г. Н. Мартыненко, А. В. Муравьев, А. И. Коровкина, Д. Н. Китаев. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2022. — 53 с. — ISBN 978-5-7731-1059-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/127229.html>

2. Майбуров С.П. Методы и средства измерений и контроля : учебное пособие для самостоятельной работы студентов направления подготовки 27.03.01 – Стандартизация и метрология / Майбуров С.П., Иванов К.Г., Иванова С.Ю.. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2021. — 68 с. — ISBN 978-5-7937-1439-6.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Колледж СКФУ в г. Ставрополе

**Методические указания
к самостоятельной работе**

ОП. 07 Методы и средства контроля

Специальность	27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)
Форма обучения	очная

Ставрополь

1. Пояснительная записка

В настоящее время актуальными становятся требования к личным качествам современного студента – умению самостоятельно пополнять и обновлять знания, вести самостоятельный поиск необходимого материала.

Ориентация учебного процесса на саморазвивающуюся личность делает невозможным процесс обучения без учета индивидуально-личностных особенностей обучаемых, предоставления им права выбора путей и способов обучения. Соответственно появляется новая цель образовательного процесса – воспитание компетентной личности, ориентированной на будущее, способной решать типичные проблемы и задачи исходя из учебного опыта и адекватной оценки конкретной производственной ситуации.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом.

Самостоятельная работа выполняет ряд функций в образовательном процессе. К ним относятся: развивающая – приобщение к творческой деятельности, повышение уровня умственного труда; воспитывающая – формирование и развитие профессиональных качеств будущего магистра; информационно-обучающая – самостоятельный поиск и отбор необходимой информации.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных знаний и умений студентов,
- углубления и расширения теоретических знаний,
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу,
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации,
- развития исследовательских умений.

Самостоятельная работа студента подразделяется на внеаудиторную и аудиторную.

Внеаудиторная работа выполняется студентом по тщательно разработанному заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы определяется программой самостоятельной работы по дисциплине.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержания, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Аудиторная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Приступая к выполнению самостоятельной работы, студент должен внимательно ознакомиться с методическими рекомендациями по её выполнению.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов, на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание рефератов, подготовка сообщений

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала,
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении самостоятельных работ,
- обоснованность и четкость изложения ответа.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

По учебному плану специальности 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям) в учебной дисциплине ОП.07 Методы и средства контроля на внеаудиторную самостоятельную работу обучающихся отводится 6 часов.

2. Объем и содержание самостоятельной работы

№ п/п	Название тем (разделов)	Вид самостоятельной работы	Форма контроля	Объем часов
Раздел 1. Общие сведения об измерениях				
1	Тема 1.1 Общие сведения об измерениях	Подготовка презентаций по теме	Презентация	2
2	Тема 1.2 Метрологические характеристики средств измерения и контроля	Составление опорного конспекта по теме	Конспект	2
Итого				6

3. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

3.1. Методические рекомендации по составлению конспекта. Конспект, план-конспект – это жанры работы с другим источником. Цель этих жанров – зафиксировать, переработать тот или иной научный текст.

Конспект представляет собой дословные выписки из текста источника. При этом конспект – это не полное переписывание чужого текста. Обычно при написании конспекта сначала прочитывается текст-источник, в нём выделяются основные положения, подбираются примеры, идёт перекомпоновка материала, а уже затем оформляется текст конспекта. Конспект может быть полным, когда работа идёт со всем текстом источника или неполным, когда интерес представляет какой-либо один или несколько вопросов, затронутых в источнике.

План-конспект представляет собой более детальную проработку источника: составляется подробный, сложный план, в котором освещаются не только основные вопросы источника, но и частные. К каждому пункту или подпункту плана подбираются и выписываются цитаты.

Часто записей в виде плана и тезисов бывает недостаточно для полноценного усвоения материала. В этом случае прибегают к конспектированию, т.е. к переработке информации за счет ее свертывания.

Конспектом называется краткое последовательное изложение содержания статьи, книги, лекции. Его основу составляют план тезисы, выписки, цитаты. Конспект в отличие от тезисов воспроизводит не только мысли оригинала, но и связь между ними, в конспекте

отражается не только то, о чем говорится в работе, но и что утверждается, и как доказывается.

Существуют разнообразные виды и способы конспектирования. Одним из наиболее распространенных является, так называемый текстуальный конспект, который представляет собой последовательную запись текста книги или лекции. Такой конспект точно передает логику материала и максимум информации.

Общую последовательность действий при составлении текстуального конспекта можно определить таким образом:

1. Уяснить цели и задачи конспектирования.
2. Ознакомиться с произведением в целом: прочитать предисловие, введение, оглавление и выделить информационно значимые разделы текста.
3. Внимательно прочитать текст параграфа, главы и отметить информационно значимые места.
4. Составить конспект, для этого:
 - сделать библиографическое описание конспектируемого источника;
 - последовательно выделить в тексте тезисы и записать их с последующей аргументацией;
 - написать краткое резюме – обобщить текст конспекта, выделить основное содержание проработанного материала, дать ему оценку.

Конспекты могут быть плановыми, пишутся на основе составленного плана статьи, книги. Каждому вопросу плана соответствует определенная часть конспекта.

Удобно в этом случае воспользоваться вопросным планом. В левой части страницы вы ставите проблемы, затронутые в книге в виде вопросов, а в правой части страницы даете на них ответы.

Очень удобно пользоваться схематичной записью прочитанного. Составление конспектов-схем служит не только для запоминания материала. Такая работа становится средством развития способности выделять самое главное, существенное в учебном материале, классифицировать информацию.

Схемы могут быть простыми, в которых записываются самые основные понятия без объяснений. Такая схема используется, если материал не вызывает затруднений при воспроизведении.

Действия при составлении конспекта – схемы могут быть такими:

1. Подберите факты для составления схемы.
2. Выделите среди них основные, общие понятия.
3. Определите ключевые слова, фразы, помогающие раскрыть суть основного понятия.
4. Сгруппируйте факты в логической последовательности.
5. Дайте название выделенным группам.
6. Заполните схему данными.

Те учащиеся, которые не могут положиться на свою память, должны иметь зрительную опору, которая является удобным способом проверки и запоминания информации.

Такой опорой может служить опорный конспект. Это творческий вид работы был введен в учебную деятельность Шаталовым В.Ф. известным педагогом-новатором и получил название «опорный сигнал». В опорном сигнале содержание информации «кодируется» с помощью сочетания графических символов, знаков, рисунков, ключевых слов, цифр и т.п. Такая запись учебного материала позволяет быстро и без труда его запомнить, мгновенно восстановить в памяти в нужный момент.

При любом виде конспектирования важно не забывать о том, что:

Записи полезно делить, для этого используются:

1. Подзаголовки.
2. Абзацные отступы.

3. Пробельные строки.

Всё это повышает удобочитаемость, организует запись.

При конспектировании нужно пользоваться оформительскими средствами:

1. Делать в тексте конспекта подчёркивания, а на полях тетради отчёркивания «например, вертикальные»
2. Заключать законы, основные понятия, правила и т.п. в рамки.
3. Пользоваться при записи различными цветами.
4. Писать разными шрифтами.

3.2. Методические рекомендации по выполнению презентации. Одним из актуальных и распространённых направлений внедрения использования информационных технологий в образовательный процесс учебного заведения являются мультимедийные презентационные технологии.

У термина презентация (от лат. praesento — передаю, вручаю или англ. present — представлять) два значения — широкое и узкое. В широком смысле слова презентация — это выступление, доклад, защита законченного или перспективного проекта, представление на обсуждение рабочего проекта, результатов внедрения и т.п. В узком смысле слова презентации — это электронные документы особого рода. Они отличаются комплексным мультимедийным содержанием и особыми возможностями управления воспроизведением (может быть автоматическим или интерактивным). Далее этот термин будет использоваться в узком смысле этого слова.

Презентация наглядно отображает на экране в сжатом виде весь отобранный автором материал. Документы этого типа готовятся с помощью специальных программных средств, но при этом широко используются и традиционные универсальные средства, такие как текстовые и табличные процессоры, графические редакторы, средства обработки звуковой и видеоинформации.

Сравнение таких программных средств подготовки электронных презентаций, как Corel Presentation 9, Presentation и Microsoft PowerPoint позволило сделать выбор в пользу последнего — в силу его широкого распространения, доступности интерфейса при достаточно больших возможностях анимации предоставляемого материала, импорта различных графических приложений, видео- и звуковых материалов.

Общая характеристика основных структурных элементов презентации

Основной единицей электронной презентации в среде PowerPoint является слайд, или кадр представления информации, учитывающий эргономические требования визуального восприятия информации.

Каждая электронная презентация с одной стороны, должна быть в значительной степени автономным программным продуктом, а с другой — отвечать некоторым общим стандартам по своей внутренней структуре и форматам содержащихся в ней исходных данных (формат рисунков, дизайн таблиц и т.п.).

Обязательными структурными элементами, как правило, являются:

- обложка;
- титульный слайд;
- оглавление;
- основной материал (включая текст, схемы, таблицы, иллюстрации, графики);
- информационные ресурсы по теме.

При этом содержательное наполнение указанных слайдов может быть прокомментировано следующим образом.

Обложка должна быть по возможности красочной. Для этого следует оформить ее с помощью графических вставок и фонов. Дизайн обложки должен способствовать улучшению эмоционального состояния человека и повышать его интерес к предмету.

Титульный слайд должен включать:

- название темы;
- информацию об образовательном учреждении;

сведения об авторе;
дату разработки;
информацию о местоположении информации в сети, на локальном компьютере и имя файла.

Оглавление является очень важным структурным элементом презентации. С одной стороны, оно должно быть достаточно подробным, чтобы обеспечивать оперативный доступ (через гипертекстовые ссылки) к ее сравнительно небольшим содержательным частям, с другой стороны, максимально обозримым, т.е. находиться на одном слайде. Практика показывает, что таким требованиям, как правило, удовлетворяет двухуровневое оглавление (разделы и подразделы).

Оглавление может представлять сокращенное графически-текстовое изображение содержания, помогающее понять структуру материала, идеи, заложенные в нем, и сопоставляющее отдельные фрагменты содержания презентации с некими графическими образами, способствующими ассоциативному запоминанию.

Основной материал в электронной презентации, как правило, представлен в краткой форме, что имеет достаточно веские основания для существования наряду с полным учебным материалом. Такое представление дает качественно иной ракурс для рассмотрения содержания, что достаточно эффективно как на этапе вводных занятий по теме, так и на этапе обобщения и систематизации учебного материала.

Изложение содержания материала может осуществляться в виде текста, рисунков, таблиц, графиков и т.п. При этом графическое представление учебного материала позволяет передать необходимый объем информации при краткости его изложения.

Информационное обеспечение презентации удобно организовать в виде гипертекстовой системы, при которой фрагменты текста с элементами графики соединяются между собой с помощью специальных гиперсвязей в сеть. С помощью гиперссылок можно получить на экране дополнительную или поясняющую информацию, организовать многократное обращение к одним и тем же информационным объектам из разных мест презентации.

Каждый слайд, презентующий материал, как правило, содержит:
область отображения местоположения страницы в контенте презентации;
одно или несколько текстовых полей. Текст может включать небольшие графические вставки (формулы, графики, таблицы и т.п.);
область для размещения элементов управления на странице.

Следует выделить наиболее общие требования к средствам, формам и способам представления содержания самостоятельного материала в электронной презентации:
сжатость и краткость изложения, максимальная информативность текста;
объединение связанных информационных элементов в целостно воспринимающиеся группы;

каждому положению (каждой идее) должен быть отведен отдельный абзац текста;
основная идея абзаца должна находиться в самом начале (в первой строке абзаца).
Это связано с тем, что лучше всего запоминаются первая и последняя мысли абзаца;

предпочтительнее использование табличного (матричного) формата предъявления материала, который позволяет представить материал в компактной форме и наглядно показать связи между различными понятиями;

при проектировании характера и последовательности предъявления материала должен соблюдаться принцип стадийности: информация может разделяться в пространстве (одновременное отображение в разных зонах одного слайда) или во времени (размещение информации на последовательно демонстрируемых слайдах);

вся вербальная информация должна тщательно проверяться на отсутствие орфографических, грамматических и стилистических ошибок;

графика должна органично дополнять текст. Динамика взаимоотношений визуальных и вербальных элементов и их количество определяются функциональной направленностью материала.

При этом большие иллюстрации могут храниться в отдельном альбоме рисунков (графиков, схем, фотографий), оформляемом в виде самостоятельного модуля презентации.

Список информационных источников

Основные печатные и электронные издания

1. Кравченко, Е. Г. Нормирование точности и технические измерения : учебное пособие для СПО / Е. Г. Кравченко, В. Ю. Верещагин. – Саратов : Профобразование, 2022. – 172 с. – ISBN 978-5-4488-1194-4. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/105722.html>

2. Иванова Н.И. Методы и средства измерений, контроля и испытаний [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Иванова Н.И.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023.— 208 с.— Режим доступа: <https://ipr-smart.ru/133363>

Дополнительные источники

1. Виды и методы измерений, средства измерений : учебное пособие / Г. Н. Мартыненко, А. В. Муравьев, А. И. Коровкина, Д. Н. Китаев. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2022. — 53 с. — ISBN 978-5-7731-1059-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/127229.html>

2. Майбуров С.П. Методы и средства измерений и контроля : учебное пособие для самостоятельной работы студентов направления подготовки 27.03.01 – Стандартизация и метрология / Майбуров С.П., Иванов К.Г., Иванова С.Ю.. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2021. — 68 с. — ISBN 978-5-7937-1439-6.