

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЧИНСКИЙ ФИЛИАЛ

О. В. Пиляева

МЕТРОЛОГИЯ

Учебное пособие



Ачинск 2017

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»
Ачинский филиал

О. В. Пиляева

МЕТРОЛОГИЯ

Учебное пособие

Ачинск 2017

УДК 006.91
П 324

Рецензенты:

*В. Д. Очиров, кандидат технических наук, заведующий кафедрой
энергообеспечения и теплотехники ФГБОУ ВО Иркутский государственный
аграрный университет им. А. А. Ежовского*

*В. Б. Федченко, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили,
тракторы и лесные машины» института лесных технологий СибГАУ им.
академика М.Ф. Решетнева*

П 324 Пиляева О.В.

Метрология: учеб. пособие / О.В. Пиляева; Краснояр. гос. аграр. ун-т.
Ачинский ф-л.— Ачинск, 2017. – 49 с.

В учебном пособии изложены общие сведения дисциплины метрология.
Кратко рассмотрены вопросы о методах измерений и их погрешностях,
приведены задачи для самостоятельного решения.

Предназначается студентам различных направлений обучения.

DOI 10.1555/2409-3203-2017-0-10-1-50

© Пиляева О.В., 2017 г.

© Ачинский филиал ФГБОУ ВО «Красноярский
государственный аграрный университет», 2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
МЕТРОЛОГИЯ	5
1 Основы метрологии и история её развития	5
2 Система физических величин	11
3 Методы и погрешности измерений	15
4 Средства измерений и их характеристики	22
5 Поверка и калибровка средств измерений	38
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	44
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	48

ВВЕДЕНИЕ

Выдающийся русский ученый Д.И. Менделеев говорил: «Наука начинается там, где начинают измерять. Точная наука немыслима без меры».

Чтобы научиться справляться с проблемами измерений, надо осваивать высокое качество измерений. И это одна из главных задач метрологии. Метрология охватывает большой перечень тем, начиная от теоретических проблем и заканчивая практическими задачами.

Технический прогресс не стоит на месте и как следствие постоянно требуется совершенствование измерительной техники. Поэтому необходимо выполнение метрологических правил в различных областях человеческой деятельности, которые позволят свести к минимуму материальные издержки от неточных результатов измерений. Специфика этой дисциплины обусловлена изучением широкого аспекта федеральных законов и других различных нормативных документов разного уровня: международных, межгосударственных, региональных и государственных.

В учебном пособии приведен краткий обзор по дисциплине «Метрология», освоения которых поможет студентам лучше познать дисциплину.

МЕТРОЛОГИЯ

1 Основы метрологии и история её развития

Современный мир создан при помощи точных измерений (телевизор, компьютер, телефон, свет...).

Метрология- наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и способах достижения требуемой точности.

Как только человек стал обменивать или продавать результаты своего труда возник вопрос: Как велик эквивалент этого труда? Как велик продукт, предоставленный на обмен или продажу? Появилась потребность в мерах, единицах измерений. Первой мерой длины стал сам человек, например: ЯРД- это расстояние от кончика носа Генриха 1 до конца среднего пальца его вытянутой руки; ФУТ- соответствовал длине ступни Карла Великого. Поскольку длины рук и ног у разных людей были разными, то должное единство измерений не всегда удавалось обеспечить. В старину на Руси тоже были приняты свои меры длины (рис.1).

Следующим шагом были законодательные акты различных государств, предписывающие эталоны единиц измерений.

На Руси создание первой государственной службы единства измерений датируется 1550г. Об этом свидетельствует «Двинская грамота», подписанная Иваном Грозным.

С введением общих мер и весов торговля внутри государства больше не представляла проблем. Есть эталон, есть раздаточные копии, есть контролирующие эталоны. Система работает. Но как вести торговлю с другими странами? Развитие промышленности немыслима без расширения внешнеэкономических связей. Встал вопрос об единой унифицированной системы измерений. Первыми такую систему в 1791г предложили французы. Они измерили четверть меридиана Земли, проходящего через Париж, взяли его десятичную часть и сказали: «Это метр». Потом взяли десятую часть метра, сделали куб, налили в него дистиллированной воды и сказали: «Это

килограмм». Так появилась новая десятичная система измерений, основанная на двух величинах: килограмм и метр.

В 1875г в Париже, на дипломатической конференции между 17 странами была подписана метрическая конвенция и создано международное бюро мер и весов.

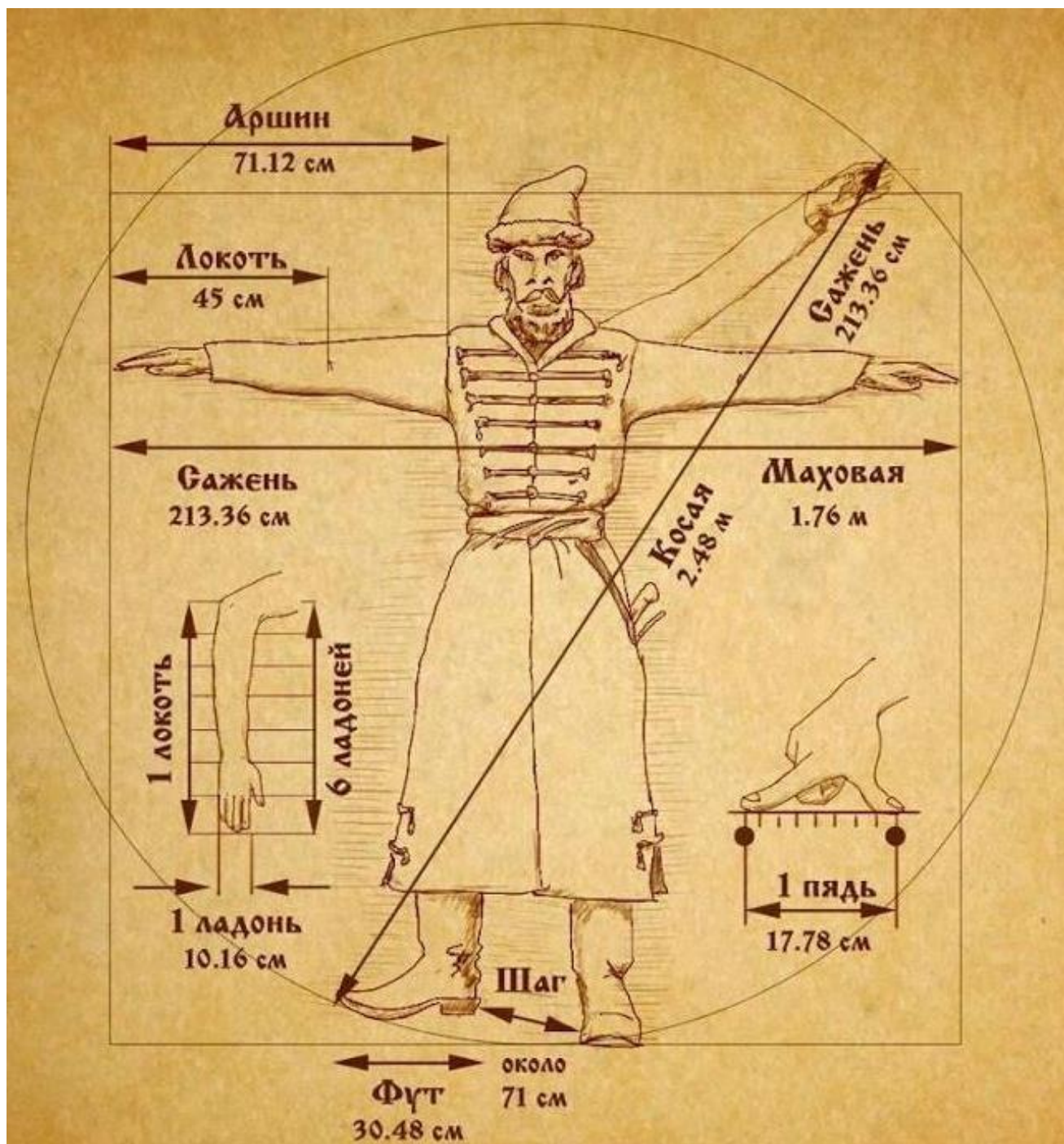


Рисунок 1- Старинные русские меры длины

Принятие государствами единых мировых эталонов является важным этапом на пути развития научно-технического прогресса и межгосударственной интеграции.

Эталон массы (рис.2) является платиново-иридиевая цилиндрическая гиря, ее масса 1 кг.

Хранится в Палате мер и весов в городе Севре (Франция).

Эталон метра- это расстояние, которое проходит в вакууме свет за $1/299792458$ доли секунды.

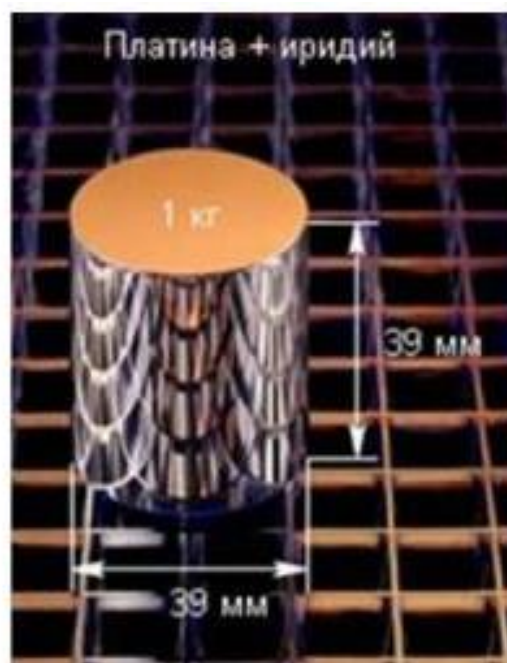


Рисунок 2– Эталон массы

Одна секунда — это интервал времени, равный 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения внешними полями (рис.3).



Рисунок 3– Эталон времени

На сегодняшний день без метрологии невозможно организовать современное производство. В России в государственных научных метрологических центрах разрабатываются и хранятся сверхточные эталоны единиц физических величин, один из них трехкоординатная измерительная машина, откалиброванная лазерными интерферометрами, во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологической службы, с помощью нее эталонные размеры передаются на производственные заводы. Каждый завод калибрует свои менее точные измерительные машины по эталону. За эталонами следить специальное подразделение метрологической службы. Раз в год все эталоны обязательно проходят аттестацию. Благодаря развитию современных эталонов мы можем создавать надежную технику, обеспечивая прогресс.

Рассмотрим классификацию эталонов, составляющих эталонную базу страны[5].

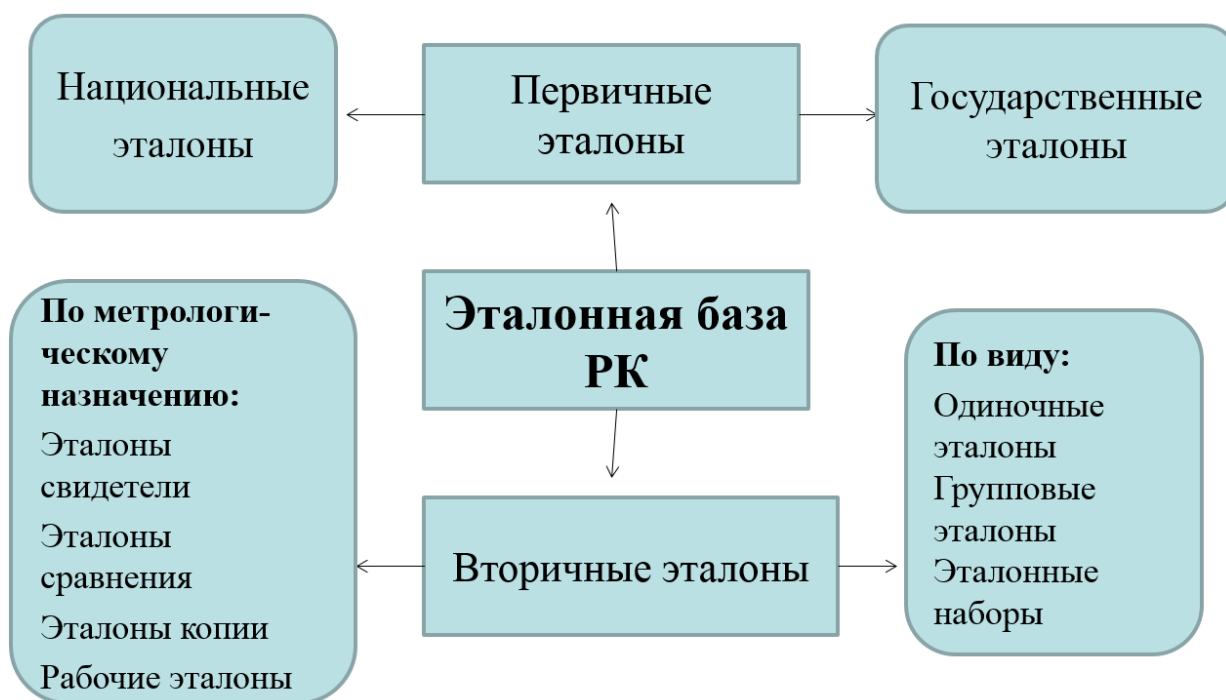


Рисунок 4– Классификация эталонов

Эталон должен обладать следующими свойствами: неизменность, воспроизводимость и сличаемость.

Неизменность – свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного периода времени.

Воспроизводимость – свойство эталона в воспроизведении единицы физической величины с наименьшими погрешностями для конкретного уровня развития измерительной техники.

Сличаемость – свойство эталона в сличении с другими эталонами средств измерений, нижестоящих по поверочной схеме.

Эталоны по метрологическому назначению можно разделить на первичные, специальные и вторичные (рис.5). Первичный или специальный эталон, официально утвержденные для страны, называются государственным. Классификация вторичных эталонов представлена на рис.6.



Рисунок5 – Система передачи информации о размере единиц, представленная в виде пирамиды

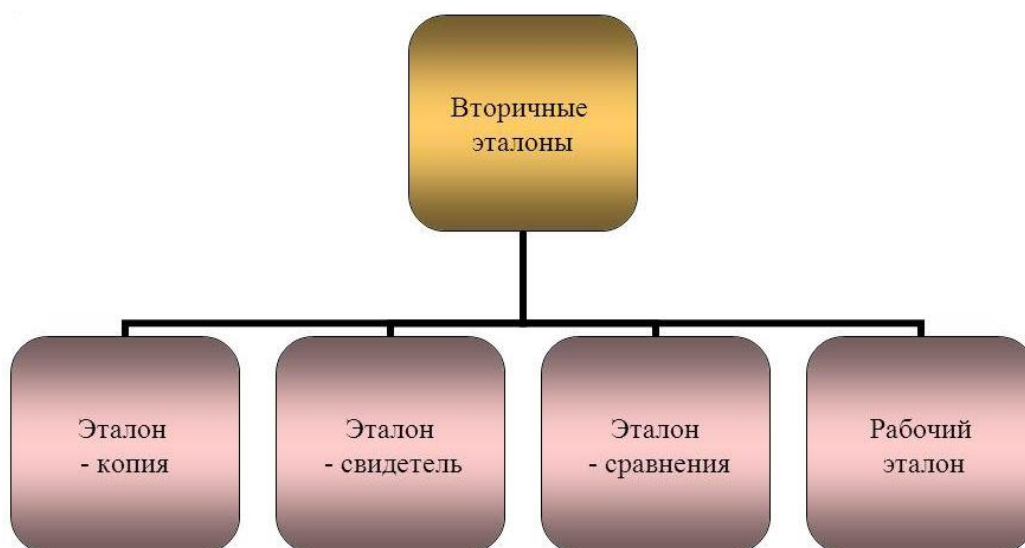


Рисунок 6 – Классификация вторичных эталонов

По международной и национальной принадлежности эталоны подразделяются на: международный, межгосударственный и национальный.

Эталонная база РФ по состоянию на 30.06.2017 г. имеет 164 государственных первичных эталонов единиц величин.

Рассмотрим некоторые основные определения дисциплины метрология.

Единство измерений– состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью.

Единство измерений обеспечивается их свойствами: сходимостью, воспроизводимостью и правильностью результатов измерений.

Средство измерения– техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Результат измерения– значение физической величины, найденное путем ее измерения.

2 Система физических величин

Совокупность физических величин в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются их функциями, называется системой физических величин. Физические величины принято делить на производные и основные.

К основным ФВ мы будем относить время (Т), длина (L) и масса(M). Совокупность производных и основных единиц физических величин, образованную в соответствии с принятыми принципами, называют системой единиц физических величин.

Производная единица– это единица производной величины системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или с основными и уже определенными производными[3].



Рисунок 7– Классификация величин

Таблица1 – Основные единицы физических величин системы СИ

Величина			Единица измерения		
Наименование	Размерность	Рекомендуемое обозначение	Наименование	Обозначение	
				Русск.	Междун.
Длина	L	l	метр	m	m
Масса	M	m	килограмм	kg	kg
Время	T	t	секунда	s	s
Сила электрического тока	I	I	ампер	A	A
Термодин. тем-ра	θ	T	кельвин	K	K
Кол-во вещества	N	n, ν	моль	моль	mol
Сила света	J	J	кандела	кандела	cd

Таблица 2 - Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования и обозначения

Величина		Единица	
Наименование	Размерность	Наименование	Выражение через основные и дополнительные единицы СИ
Плоский угол	-	радиан	$m \cdot m^{-1} = 1$
Телесный угол	-	стерадиан	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Частота	T^{-1}	герц	s^{-1}
Сила	$LM T^{-2}$	ньютон	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$

Продолжение таблицы 2.

Давление	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Электрический заряд, количество электричества	TI	кулон	$s \cdot A$
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Температура Цельсия	Θ	градус Цельсия	K
Световой поток	J	люмен	$cd \cdot sr$
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$

Продолжение таблицы 2.

Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность радионуклида)	T^{-1}	беккерель	s^{-1}
Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма)	L^2T^{-2}	грэй	$m^2 \cdot s^{-2}$
Эквивалентная доза ионизирующего излучения, эффективная доза ионизирующего излучения	L^2T^{-2}	зиверт	$m^2 \cdot s^{-2}$
Активность катализатора	NT^{-1}	катал	$mol \cdot s^{-1}$

Дольные единицы и десятичные кратные системы СИ, применяются в тех случаях, когда значения измеряемых величин оказываются больше или меньше, чем единица СИ, которая используется без приставки.

Таблица 3 – Некоторые множители и приставки кратных и дольных единиц

Приставка	Обозначение	Множитель
Экса	Э	10^{18}
Пета	П	10^{15}
Тера	Т	10^{12}
Гига	Г	10^9
Мега	М	10^6
Кило	к	10^3
Гекто	г	10^2
Дека	да	10^1
Деци	д	10^{-1}
Санتي	с	10^{-2}

Милли	м	10^{-3}
Микро	мк	10^{-6}
Нано	н	10^{-9}
Пико	п	10^{-12}
Фемто	ф	10^{-15}
Атто	а	10^{-18}

3 Методы и погрешности измерений

На сегодняшний день существует множество видов измерений, классификация которых приведена на рис.8.

По способу получения значений физической величины измерения могут быть прямыми и косвенными. Суть прямого измерения состоит в том, что искомое значение величины определяют непосредственно из опытных данных. Примерами прямых измерений могут служить следующие: измерение длины с помощью линейных мер или штангенциркулем, измерение температуры термометром. На прямых измерениях основываются более сложные измерения – косвенные, совокупные и совместные. При косвенном измерении искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, которые можно непосредственно замерить. Например, длину окружности можно определить по известной зависимости, замерив с определенной точностью ее диаметр. Замер среднего диаметра резьбы методом «трех проволок» или измерение углов (конусов) по зависимостям измеренных длин катетов и гипотенуз прямоугольных треугольников. Косвенные измерения в ряде случаев дают возможность получить более точные результаты, чем прямые измерения ввиду сложности последних.



Рисунок 8 – Классификация видов измерений

Например, погрешности прямых измерений углов угломерами на порядок ниже косвенных измерений углов с помощью синусных линеек. Измерения по характеру результата можно разделить на абсолютные и относительные. *Абсолютные* измерения основаны на прямых измерениях одной и (или) нескольких величин и (или) использовании физических констант. Например, при проведении линейных и угловых абсолютных измерений находят, как правило, одну величину, например, диаметр вала штангенциркулем. *Относительное* измерение – измерение отношения величины к одноименной величине, принятой за исходную или играющую роль единицы или эталона. Относительное измерение основано на сравнении измеряемой величины с известным значением меры (эталона). Искомую величину находят алгебраически суммированием размера меры (эталона) и показаний измерительного инструмента или измерительного прибора[1,2].

Все методы измерений могут осуществляться *контактным способом*, при котором измерительные поверхности прибора или инструмента

взаимодействуют с проверяемым изделием, или *бесконтактным способом*, при котором этого взаимодействия нет.

Любое измерение мы производим с помощью того или иного метода. К числу основных методов измерений относят метод непосредственной оценки и методы сравнения: дифференциальный, нулевой, замещения и совпадений.

Непосредственный метод– метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия

Методы сравнения с мерой– методы, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой

Нулевой метод– при котором разность между измеряемой величиной и мерой сводится к

Методы измерений

Дифференциальный метод– характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной величиной, воспроизводимой мерой

Метод совпадений– метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал

Метод замещения– метод сравнения с мерой, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой

Рисунок 9– Классификация методов измерения

Нельзя провести измерение с абсолютной точностью, всегда будут ошибки, которые вызываются несовершенством измерительных средств, методики измерений и т.д.

Погрешностью измерения называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины

$$\Delta x_{\text{изм}} = x_i - x_{\text{и}}$$

x_i – значение результата измерения;

$x_{\text{и}}$ – истинное значение измеряемой величины

Поскольку истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, за него при многократных измерениях принимается среднее арифметическое значение $\bar{X}$:

$$X_{\text{и}} = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

n – количество проведенных измерений.

Термин «истинное значение» величины применяют только в теоретических исследованиях. Погрешности измерений классифицируют по нескольким признакам: по способу выражения, по характеру проявления, по источникам возникновения (рис.10).

Погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины, называется абсолютной.

Относительная погрешность – отношение абсолютной погрешности измерения к ее истинному значению (выражается в %).

$$\delta = \pm \frac{\Delta X_{\text{изм}}}{\bar{X}} \cdot 100$$

Величина относительной погрешности может служить показателем точности измерений. Чем меньше величина δ , тем выше точность измерения.

По характеру зависимости от измеряемой величины X различают погрешности аддитивные – не зависящие от X ($\Delta X = \text{const}$ для любых значений X в пределах диапазона измерений) и мультипликативные – линейно или нелинейно зависящие от X (в этом случае ($\Delta X = f(X)$)).

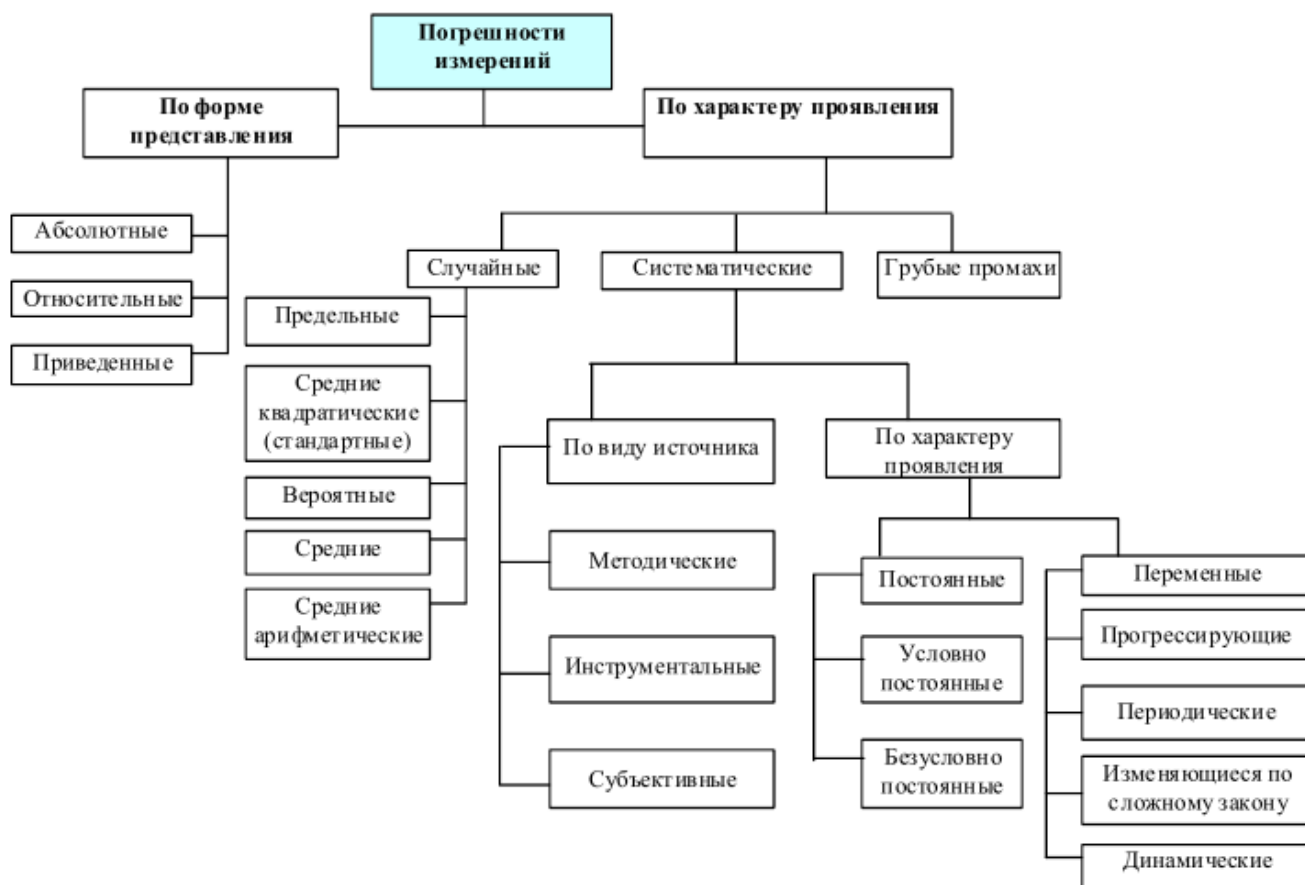


Рисунок 10– Классификация погрешностей измерения

Под систематической погрешностью понимают погрешность, которая при повторных измерениях остается неизменной или изменяется по какому-либо закону.

Для исключения систематической погрешности в производственных условиях проводят поверку средств измерений, устраняют те причины, которые вызваны воздействиями окружающей среды.

Случайные погрешности– погрешности, принимающие при повторных измерениях различные, независимые по знаку и величине значения, не подчиняющиеся какой-либо закономерности.

Промахи (грубые погрешности) приводят к явным искажениям результата измерений. Вызываются грубые погрешности резким кратковременным отклонением величины какого-либо влияющего фактора от своего установившегося значения. Момент проявления этого влияния для экспериментатора случаен и неизвестен.

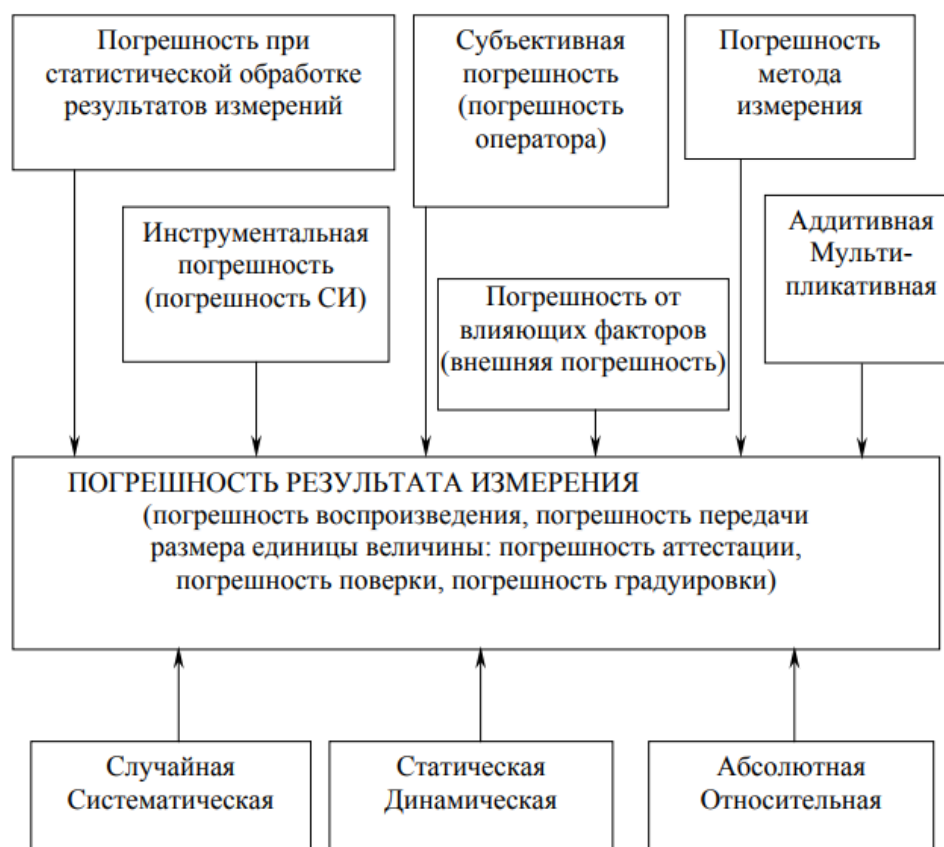


Рисунок 11– Погрешность результата измерений, ее составляющие

На погрешность результата измерений оказывает также влияние и погрешность средства измерения. Класс точности прибора указывают просто числом предпочтительного рода, например, 0,05. Это используют для измерительных приборов, у которых предел допускаемой приведенной погрешности постоянен на всех отметках рабочей части его шкалы (присутствует только аддитивная погрешность). Таким способом обозначают классы точности вольтметров, амперметров, ваттметров и большинства других однопредельных и многопредельных приборов с равномерной шкалой.

Основная погрешность средств измерений определяется погрешностью в нормальных условиях его применения.

Класс точности прибора (например, амперметра) дается выражением

$$K_A = \frac{\Delta_I}{I_{нр}} \cdot 100.$$

При установлении классов точности приборов нормируется приведенная погрешность, а не относительная. Причина этого заключается в

том, что относительная погрешность по мере уменьшения значений измеряемой величины увеличивается.

По ГОСТ в качестве значений класса точности прибора используется отвлеченное положительное число из ряда:

$$\{1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6\} \cdot 10\alpha, \alpha = 1, 0, -1, -2, -3, \dots$$

В интервале от 1 до 100 можно использовать в качестве значений класса точности числа:

$$(\alpha = 0) 1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6;$$

$$(\alpha = 1) 10; 15; 20; 25; 40; 50; 60.$$

Т.е. четырнадцать чисел 1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6; 10; 15; 20; 25; 40; 50; 60.

Необходимо отметить, классы точности от 6,0 и выше считаются очень низкими[1].

Характер погрешности	Форма выражения класса точности СИ	Предел допускаемой погрешности	Обозначение класса	Погрешность результата измерений	
				Абсолютная	Относительная
Аддитивная погрешность	Приведенная погрешность — в процентах. Нормирующее значение N — в единицах измеряемой ФВ	$\gamma = \pm 1,5 \%$	1,5	$\pm \Delta X = \frac{\gamma N}{100} = \text{const}$	$\pm \delta_x = \frac{\gamma N}{X} [\%]$
	Приведенная погрешность — в процентах. Нормирующее значение принято равным геометрической длине шкалы L в мм	$\gamma = \pm 1,5 \%$	$\underbrace{1,5}$	$\pm \Delta X = \frac{\gamma L}{100}$ [в долях шкалы] ΔX [в ед. ФВ] надо определять в конкретной точке шкалы	$\pm \delta_x = \frac{\pm \delta_x = \frac{\Delta X [\text{в ед. ФВ}]}{X} \times 100 \%$
Мультипликативная погрешность	Относительная погрешность — в процентах	$\delta_0 = \pm 1,5 \%$	$\bigcirc 1,5$	$\pm \Delta X = \frac{\delta_0}{100} X$	$\pm \delta_x = \delta_0 [\%] = \text{const}$
Аддитивная + мультипликативная составляющие	Приведенная погрешность (в процентах) определяется в двух точках шкалы, при $X = 0$ и $X = X_k$. Нормирующее значение выражено в единицах измеряемой ФВ	$\gamma_n = \pm 0,2 \%$ (при $X = 0$) $\gamma_k = \pm 0,5 \%$ (при $X = X_k$)	$\frac{\gamma_k}{\gamma_n}$ 0,5/0,2	$\pm \Delta X = \frac{\gamma_n}{100} X_k + \frac{(\gamma_k - \gamma_n)}{100} X$	$\pm \delta_x = \left[\gamma_k + \gamma_n \left(\frac{X_k}{X} - 1 \right) \right] [\%]$

Рисунок 12 – Классы точности электроизмерительных приборов

магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой		горизонтальное положение шкалы	
магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом		вертикальное положение шкалы	
электромагнитный прибор		наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту, например 60°	
электродинамический прибор		направление ориентировки прибора в земном магнитном поле	
ферродинамический прибор		класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения	2
индукционный прибор		класс точности при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы	
магнитоиндукционный прибор		измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ	
электростатический прибор		нормальное (номинальное) значение частоты	500 Hz
термоэлектрический прибор с изолированным преобразователем и магнитоэлектрическим измерительным механизмом		измерение постоянного тока	—
выпрямительный прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом		измерение переменного тока	~
защита от внешних магнитных полей		измерение постоянного и переменного тока	~
защита от внешних электростатических полей			

Рисунок 13 – Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

4 Средства измерений и их характеристики

Любое измерение мы можем осуществить только при помощи того или иного средства измерения. Существует огромное количество средств измерений, их классификация приведена на рис.14.

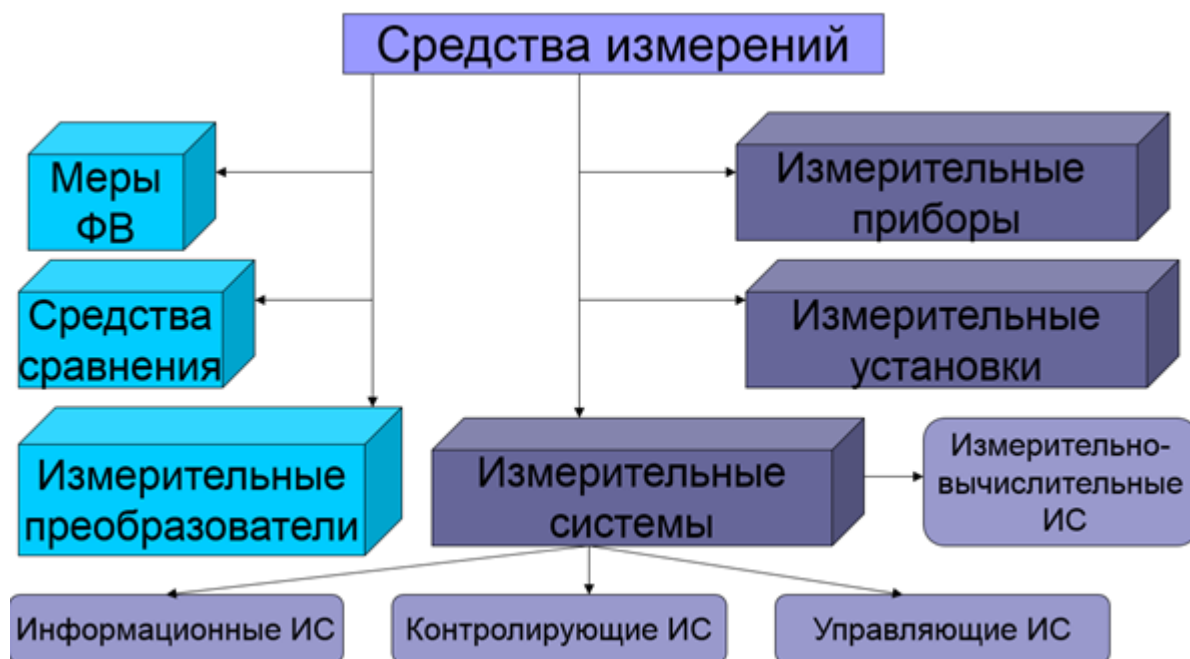


Рисунок14 – Классификация средств измерений

Чувствительность средства измерения– это отношение изменения сигнала на выходе к вызвавшему его изменению измеряемой величины.

$$S = \Delta L / \Delta X$$

ΔL – величина перемещения указателя средства измерения;

ΔX – изменение измеряемой величины, вызвавшее перемещение указателя.

Цена деления – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (рис.2).

Точнее тот прибор, у которого цена деления меньше.

$$C = a / S$$

a – интервал деления шкалы;

S – чувствительность.

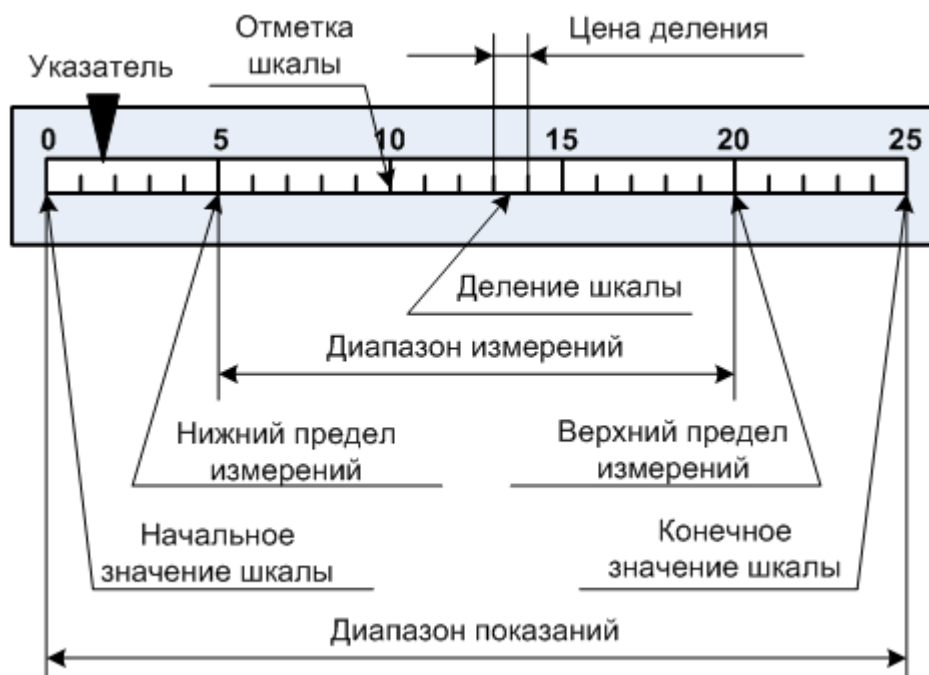


Рисунок 15 – Метрологические характеристики средств измерений

Интервал деления шкалы – расстояние между соседними делениями шкалы.

Диапазон показаний – наибольшее и наименьшее значения размера, которые можно отсчитать непосредственно по шкале (рис.15).

Плоскопараллельными концевыми мерами длины называют меры длины с постоянными значениями размеров, которые находятся между двумя параллельными плоскостями у детали, имеющей форму прямоугольного параллелепипеда.

Концевые меры предназначены для передачи размеров от эталона длины до изделия, для воспроизведения и хранения единиц длины. Применяются для установки, проверки и градуировки измерительных приборов и инструментов, для проверки и установки калибров, для измерения и разметки точных изделий, при различных лекальных, слесарных, сборочных и станочных работах.

Измерительные (рабочие) поверхности концевых мер длины обладают способностью прочно сцепляться друг с другом при надвигании одной меры

на другую. Эта способность, называемая притираемостью, позволяет составлять блоки из нескольких концевых мер разных размеров для получения требуемого размера. Притираемость мер объясняется их молекулярным притяжением, когда они покрыты тончайшей пленкой смазывающей жидкости (толщина не превышает 0,02 мкм).

Концевые меры выпускаются наборами, которые могут состоять из 83 (набор №1), 38 (набор №2), 10 (набор №4) и так далее мер. По точности изготовления концевые меры длины делятся на 7 классов точности, обозначаемых 00; 0; 1; 2; 3; 4; 5 (класс 00 самый точный, то есть, концевые меры в этом классе имеют самый маленький допуск на изготовление по сравнению с мерами тех же номиналов в других классах).

Первые пять классов точности (от 00 до 3) – это классы, допуск которых используется заводом, изготавливающим концевые меры. Допуск других двух классов (4 и 5) используется только при ремонте концевых мер длины с тем, чтобы по возможности дольше применять концевые меры на работах с невысокой точностью.

С целью повышения точности концевых мер длины для случая использования их в качестве образцовых помимо классов точности установлены еще и разряды концевых мер.

Разряд концевой меры характеризуется пределом допускаемой погрешности измерения (аттестации) ее длины. У нас в стране установлено 5 разрядов с 1-го по 5-й (для первого разряда наименования погрешность аттестации).

При измерении концевой меры длины с целью присвоения ей определенного разряда употребляют выражение «аттестация на разряд», потому что после такого измерения на набор концевых мер (в наборе могут быть меры только одного разряда) выдается аттестат, в котором указываются действительные отклонения каждой меры от нанесенного на ней номинального размера.

Наиболее частым материалом, используемым для изготовления концевых мер, являются хромистые стали марок 20ХГ, ХГ, ШХ15 и Х. Твердость измерительных поверхностей стальных концевых мер должна быть не менее 62 HRCЭ.

Шероховатость измерительных поверхностей концевых мер длины для того, чтобы обеспечить хорошую притираемость и износостойкость поверхностей, должна быть не более 0,063 мкм по критерию RZ.

Концевые меры могут использоваться в виде отдельной концевой меры, в виде блока концевых мер, в том числе со специальными принадлежностями.

Принадлежности выпускаются наборами, в которые входят: державки, боковички, лекальная линейка, основание.

Рассмотрим правила составления размера из концевых мер длины. Блок должен состоять из возможного меньшего количества мер (не более 4). Для осуществления этого, при определении размеров мер, входящих в блок, необходимо придерживаться следующего правила: размер первой концевой меры должен содержать последний или два последних знака размера блока, размер второй концевой меры – аналогично последние знаки остатка и так далее.

Это правило может быть пояснено следующим примером. Требуется составить блок размером 28,785 мм.

Размер блока _____	28,785 мм
Размер 1-й меры _____	1,005 мм
Остаток _____	27,78 мм
Размер 2-й меры _____	1,280мм
Остаток _____	26,5 мм
Размер 3-й меры _____	6,5 мм
Остаток _____	20 мм
Размер 4-й меры _____	20 мм

Перед применением концевые меры тщательно протирают мягкой тканью, смоченной в спирте или авиационном бензине. Далее идет этап

притирки концевых мер. Для этого прикладывается измерительная поверхность одной концевой меры к другой не более чем на одну треть длины и затем с легким нажимом надвигается вдоль длинного ребра до полного совмещения плоскостей. После этого таким же способом притираются остальные меры.

Основными точностными характеристиками концевых мер длины являются ее срединная длина и отклонение от плоскопараллельности. Срединная длина концевой меры определяется длиной перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей на противоположную измерительную поверхность.

Отклонение от плоскопараллельности меры называется большая по абсолютной величине положительная или отрицательная разность между длиной меры в любой точке и срединной ее длиной. Допустимые отклонения срединной длины и допустимые отклонения от плоскопараллельности концевых мер в зависимости от установленных классов точности не должны превышать величин, указанных в таблице 4.

Применение концевых мер по разрядам, то есть с учетом поправок к их номинальным размерам, повышает точность измерений, а также расширяет возможность использования мер грубых классов или мер, бывших в эксплуатации и прошедших ремонт.

Поскольку разряд характеризуется погрешностью измерений концевых мер, при применении их по разряду необходимо наличие аттестата, где указывается действительная величина концевой меры с точностью до десятых долей микрона и погрешности, с которой производились измерения.

Для приведенного выше примера набора блока по аттестату находим действительные размеры концевых мер:

- 1-я мера имеет размер – 1,00502 мм,
- 2-я мера имеет размер – 1,28012 мм,
- 3-я мера имеет размер – 6,5000 мм,
- 4-я мера имеет размер – 20,0002 мм.

Следовательно, размер блока по аттестату будет равен 28,78534 мм. При составлении блока из концевых мер по разряду на результаты измерений будут влиять предельные погрешности действительного значения срединной длины концевых мер, входящих в состав блока.

Предельные погрешности действительного значения срединной длины концевых мер и отклонения от плоскостности и параллельности не должны превышать величин, установленных в таблице 5 для соответствующего разряда[2].

Таблица 4

номинальные размеры мер мм	Классы мер											
	0		1		2		3		4		5	
	допускаемые отклонения, мкм											
	срединной длины	от плоскостности и параллельности	срединной длины	от плоскостности и параллельности	срединной длины	от плоскостности и параллельности	срединной длины	от плоскостности и параллельности	срединной длины	от плоскостности и параллельности	срединной длины	от плоскостности и параллельности
до 10	0,10	0,07	0,20	0,10	0,40	0,15	0,80	0,30	2,00	0,40	4,00	0,40
св.10 до 18	0,12	0,07	0,25	0,10	0,50	0,15	1,00	0,30	2,50	0,40	5,00	0,40
св.18 до 30	0,15	0,08	0,30	0,15	0,50	0,20	1,00	0,35	3,00	0,40	6,00	0,40
св.30 до 50	0,20	0,08	0,30	0,15	0,50	0,20	1,20	0,35	3,50	0,50	8,00	0,50
св.50 до 80	0,25	0,08	0,40	0,15	0,60	0,20	1,50	0,35	4,00	0,25	9,00	0,50
св.80 до 120	0,30	0,10	0,50	0,15	0,80	0,25	2,00	0,45	5,00	0,60	11,0	0,60

Таблица 5

номинальные размеры, мм	Разряды мер									
	1		2		3		4		5	
	погрешности и отклонения, мкм									
	погрешности срединной длины	отклонение от плоскопараллельности	погрешности срединной длины	отклонение от плоскопараллельности	погрешности срединной длины	отклонение от плоскопараллельности	погрешности срединной длины	отклонение от плоскопараллельности	погрешности срединной длины	отклонение от плоскопараллельности
до 10	0,05	0,07	0,07	0,10	0,10	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40
св.10 до 18	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,25	0,20	0,50	0,50	0,40
св.18 до 30	0,06	0,08	0,09	0,15	0,15	0,30	0,25	0,50	0,50	0,40
св.30 до 50	0,07	0,08	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	0,50	0,50	0,50
св.50 до 80	0,08	0,08	0,12	0,15	0,25	0,40	0,25	0,60	0,60	0,50
св.80 до 120	0,10	0,10	0,15	0,15	0,30	0,50	0,30	0,80	0,80	0,60

Устройство двустороннего штангенциркуля с глубиномером представлено на рисунке 16. Пределы измерений этого инструмента составляют 0—150 мм. С его помощью можно измерять как наружные, так и внутренние размеры, глубину отверстий с точностью до 0,05 мм.

Таблица 6 – Поверка концевых мер длины

Разряд поверя емых мер	Средства	Метод	Погрешность средства измерения, мкм
1	Эталон-копия Интерференционная установка для абсолютных измерений длины до 1 м в длинах волн вторичных эталонных излучений криптона-86, гелий-неоновых лазеров, ртути-198, кадмия-114	Прямых измерений	S_0 $= (1 \dots 7) \cdot 10^{-8}$
	Рабочий эталон Интерферометр для абсолютных измерений длины плоскопараллельных концевых мер длины до 100 мм в длинах волн кадмия, естественного криптона, гелия.	Прямых измерений	S_0 $= (7 \dots 10) \cdot 10^{-8}$
	Интерференционный компаратор. Плоскопараллельные концевые меры длины 10...1000 мм.	Сличения	

			S $= 0.01 \dots 0.05L$
2	Интерферометр. Концевые меры длины 1-го разряда 0,1...1000 мм	Сличения	$\Delta = 0.02 + 0,2L$
3	Контактный интерферометр. Концевые меры длины 2-го разряда 0,1...1000 мм	Сличения	$\Delta = 0,05 + 0,5L$
4	Контактный интерферометр. измерительная машина. Концевые меры длины 3-го разряда 0,1...1000 м	Сличения	$\Delta = 0,1 + 1L$
5	Оптиметр, измерительная машина. Концевые меры длины 4-го разряда	Сличения	$\Delta = 0,2 + 2L$

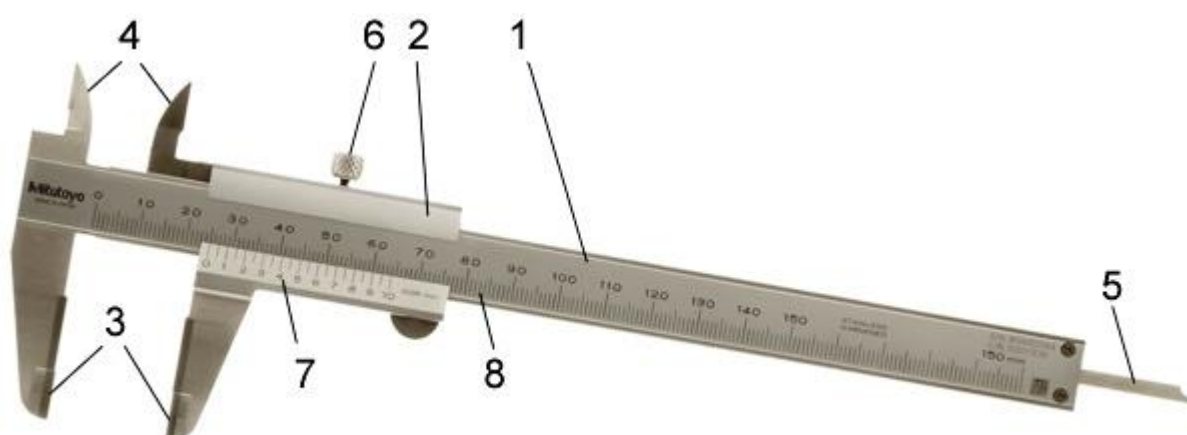


Рисунок 16– основные элементы прибора:

1- Штанга; 2-Рамка; 3-Губки для наружных измерений; 4-Губки для внутренних измерений; 5-Линейка глубиномера; 6-Стопорный винт для

фиксации рамки; 7-Шкала нониуса служит для отсчета долей миллиметров; 8-Шкала штанги

Губки для внутренних измерений 4 имеют ножевидную форму. Благодаря этому размер отверстия определяется по шкале без дополнительных вычислений. Если губки штангенциркуля ступенчатые, как в устройстве ШЦ-2, то при измерении пазов и отверстий к полученным показаниям необходимо прибавлять их суммарную толщину.

Величина отсчета по нониусу у различных моделей инструмента может отличаться. Так, например, у ШЦ-1 она составляет 0,1 мм, у ШЦ-II 0,05 или 0,1 мм, а точность приборов с величиной отсчета по нониусу 0,02 мм приближается к точности микрометров. Конструктивные отличия в устройстве штангенциркулей могут быть выражены в форме подвижной рамки, пределах измерений, например: 0–125 мм, 0–500 мм, 500–1600 мм, 800–2000 мм и т.д. Точность измерений зависит от различных факторов: величины отсчета по нониусу, навыков работы, исправного состояния инструмента.

Перед работой проверяют техническое состояние штангенциркуля и при необходимости настраивают его. Если прибор имеет перекошенные губки, пользоваться им нельзя. Не допускаются также забоины, коррозия и царапины на рабочих поверхностях. Необходимо, чтобы торцы штанги и линейки-глубиномера при совмещенных губках совпадали. Шкала инструмента должна быть чистой, хорошо читаемой.

Губки штангенциркуля плотно с небольшим усилием, без зазоров и перекосов прижимают к детали.

Определяя величину наружного диаметра цилиндра (вала, болта и т. д.), следят за тем, чтобы плоскость рамки была перпендикулярна его оси.

При измерении цилиндрических отверстий губки штангенциркуля располагают в диаметрально противоположных точках, которые можно найти, ориентируясь по максимальным показаниям шкалы. При этом плоскость

рамки должна проходить через ось отверстия, т.е. не допускается измерение по хорде или под углом к оси.

Чтобы измерить глубину отверстия, штангу устанавливают у его края перпендикулярно поверхности детали. Линейку глубиномера выдвигают до упора в дно при помощи подвижной рамки.

Полученный размер фиксируют стопорным винтом и определяют показания.

Работая со штангенциркулем, следят за плавностью хода рамки. Она должна плотно, без покачивания сидеть на штанге, при этом передвигаться без рывков умеренным усилием, которое регулируется стопорным винтом. Необходимо, чтобы при совмещенных губках нулевой штрих нониуса совпадал с нулевым штрихом штанги. В противном случае требуется переустановка нониуса, для чего ослабляют его винты крепления к рамке, совмещают штрихи и вновь закрепляют винты.

Для определения показаний штангенциркуля необходимо сложить значения его основной и вспомогательной шкалы.

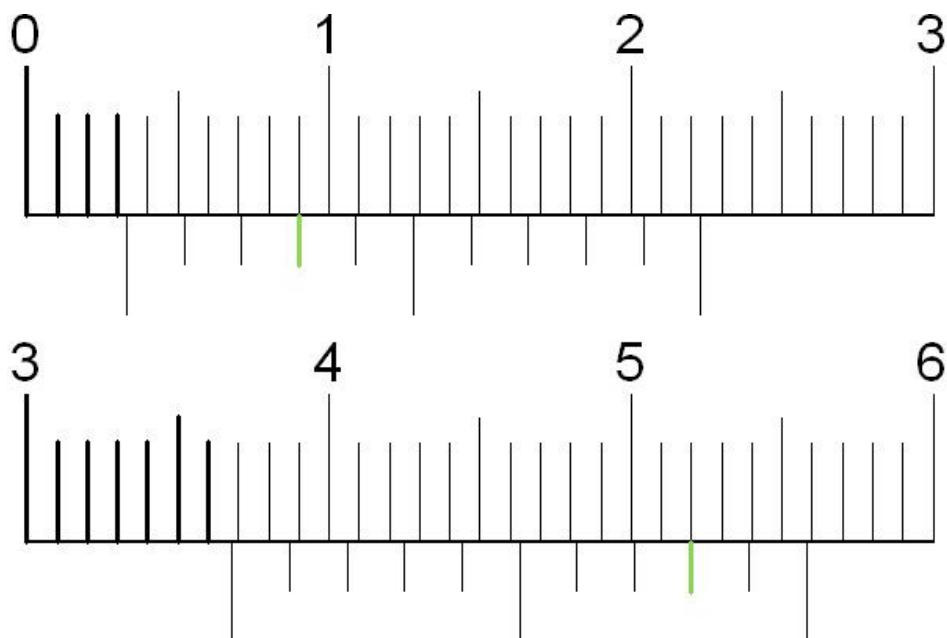


Рисунок 17- Пример отсчета

Количество целых миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо. Указателем служит нулевой штрих нониуса.

Для отсчета долей миллиметра необходимо найти тот штрих нониуса, который наиболее точно совпадает с одним из штрихов основной шкалы. После этого нужно умножить порядковый номер найденного штриха нониуса (не считая нулевого) на цену деления его шкалы.

Результат измерения равен сумме двух величин: числа целых миллиметров и долей мм. Если нулевой штрих нониуса точно совпал с одним из штрихов основной шкалы, полученный размер выражается целым числом.

На рисунке 17 выше представлены показания штангенциркуля ШЦ-1. В первом случае они составляют: $3 + 0,3 = 3,3$ мм, а во втором — $36 + 0,8 = 36,8$ мм.

Нониус с ценой деления 0,05 мм

Шкала прибора с ценой деления 0,05 мм представлена ниже. Для примера приведены два различных показания. Первое составляет $6 \text{ мм} + 0,45 \text{ мм} = 6,45 \text{ мм}$, второе — $1 \text{ мм} + 0,65 \text{ мм} = 1,65 \text{ мм}$.

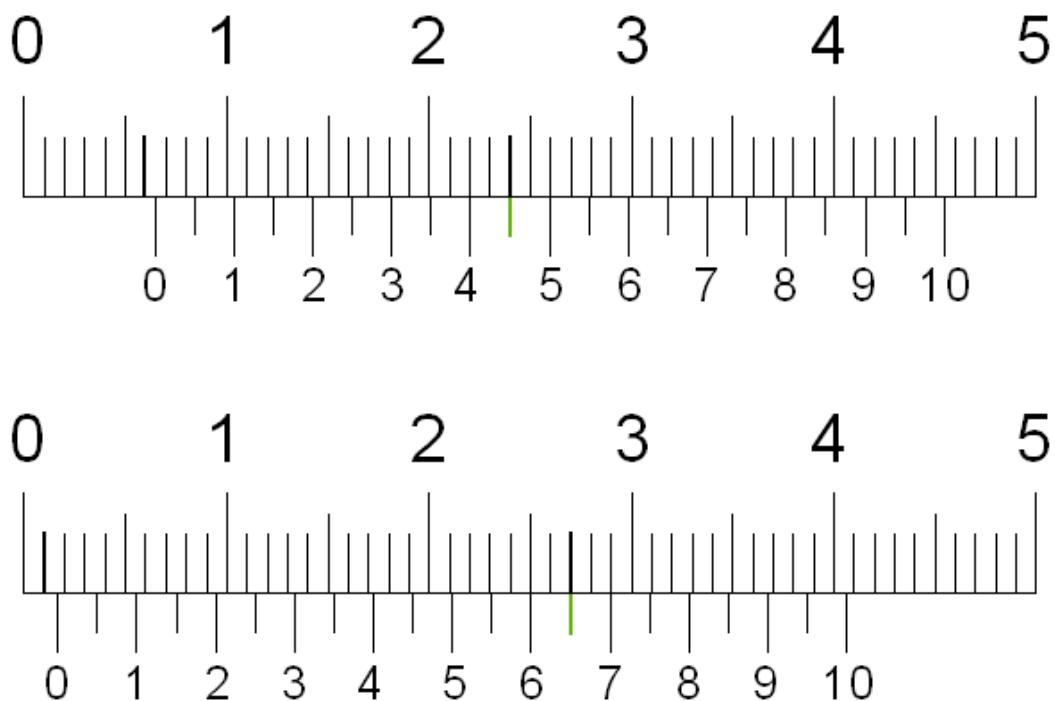


Рисунок 18– Пример отсчета

Аналогично первому примеру необходимо найти штрихи нониуса и штанги, которые точно совпадают друг с другом. На рисунке они выделены зеленым и черным цветом соответственно [3].

Современные цифровые штангенциркули по конструкции аналогичны. Такой прибор, как правило, может иметь клавишу включения/выключения, обнуления текущих показаний (функция будет полезна при калибровке), а также кнопочку для смены единиц измерения: миллиметры или дюймы с отображением до трех знаков после запятой. Цифровой штангенциркуль (150 мм) делается из нержавеющей стали, корпус – из специальной пластмассы. Работает от батареек, которые, как правило, продаются в комплекте с прибором. Определяемые размеры высвечиваются на электронном интерфейсе. Можно обнулять показания в любой точке, замерять величину отклонений от заданного размера[4,5].



Рисунок 19 – Цифровой штангенциркуль



Рисунок 20- Общий вид микрометра

Указателем при отсчете по шкале 2 стебля служит торец барабана, а продольный штрих 1 является указателем для круговой шкалы 3. Пронумерованная шкала стебля показывает количество миллиметров, а его дополнительная шкала служит для подсчета половин миллиметров.

Отметим последний полностью открытый барабаном штрих миллиметровой шкалы стебля. Его значение составляет целое число миллиметров, и на рисунке он обозначен зеленым цветом. Если правее этого штриха имеется открытый штрих дополнительной шкалы (выделен голубым), нужно прибавить 0,5 мм к полученному значению.

При отсчете показаний (рис.21) круговой шкалы 3 в расчет берут то её значение, которое совпадает с продольным штрихом 1. Таким образом, на верхнем изображении показания прибора составляют:

$$16 + 0,22 = 16,22 \text{ мм.}$$

$$17 + 0,5 + 0,25 = 17,75 \text{ мм.}$$

Распространенной ошибкой является случай, когда неверно учитывают (или не учитывают) величину 0,5 мм. Это связано с тем, что ближайший к барабану штрих дополнительной шкалы может быть открыт частично. [1]

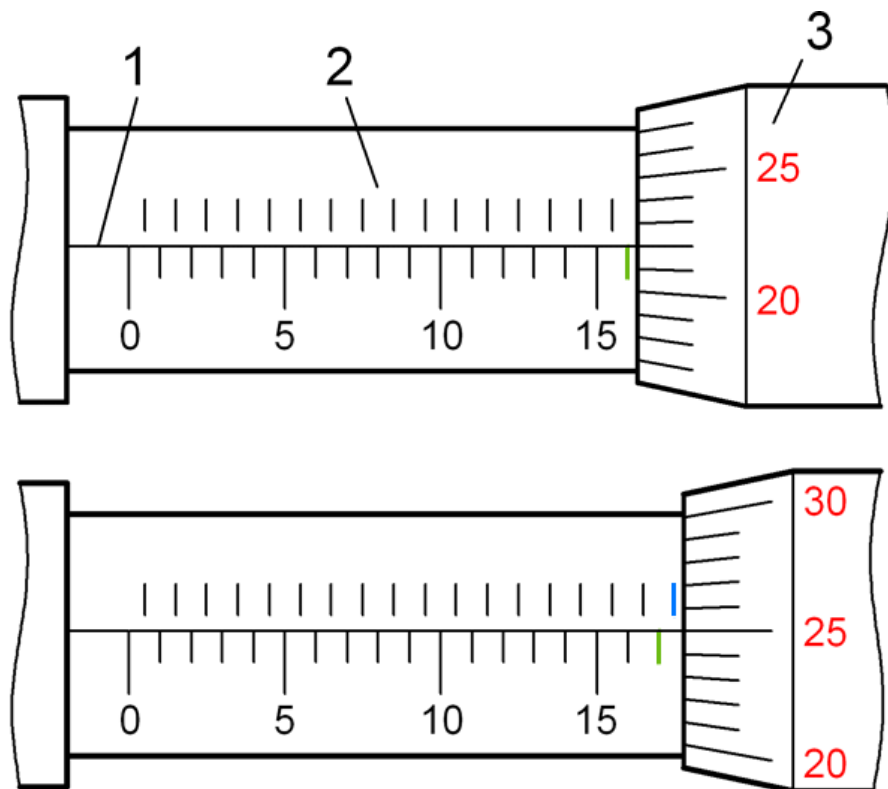


Рисунок 21 –Отсчет по гладкому микрометру

Проверку нулевых показаний микрометра проводят каждый раз перед началом работы, при необходимости выполняют настройку. Ниже приведена общая последовательность действий.

Проверить жесткость крепления пятки и стебля микрометра в скобе. Протереть чистой мягкой тканью измерительные поверхности.

Проверить нулевые показания инструмента. Для этого у МК-25 соединяют между собой рабочие поверхности пятки и микрометрического винта усилием трещотки (3 - 5 щелчков). Если прибор настроен правильно, его показания будут равны 0,00.

Для проверки микрометров с диапазоном измерений 25 - 50 мм, 50 - 75 мм и более используют соответствующие им эталоны (концевые меры длины), точный размер которых известен. Эталон, имеющий чистую торцевую поверхность, должен быть зажат без перекосов между измерительными поверхностями прибора усилием трещотки в несколько щелчков. Полученное значение сравнивают с известным, а при необходимости выполняют настройку микрометра в следующей последовательности.

Настройка на ноль

а) Фиксируют микрометрический винт при помощи стопорного устройства в положении с зажатой концевой мерой или соединенными вместе измерительными поверхностями.

б) Разъединяют барабан и микрометрический винт между собой. Для этого придерживают одной рукой барабан, а другой отворачивают корпус трещотки (достаточно полуоборота).

Также возможна конструкция прибора, в которой соединение барабана с микрометрическим винтом осуществлено с помощью винта или прижимной гайки с углублением. В этом случае воспользуйтесь ключом, идущим в комплекте.

в) Нулевой штрих барабана совмещается с продольным штрихом стебля. После этого барабан вновь соединяют с микрометрическим винтом, проводят новую проверку. Настройка повторяется при необходимости[4,5].

5 Поверка и калибровка средств измерений

Поверка средств измерений регламентируется нормативными документами. Осуществляют поверку органы государственной метрологической службы или аккредитованные метрологические службы юридических лиц. А что же включает в себя понятие поверки средств измерений?

Поверка средств измерения – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Какие средства измерения будут подвергаться поверке?

Поверке будут подвергаться те средства измерения, для которых метрологический надзор и контроль являются обязательным. Поверку средств измерений производят согласно поверочной схеме, которые подразделяются на локальные, межгосударственные, государственные и схемы для средств измерений[1].

Поверочная схема – нормативный документ, который устанавливает соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единиц от эталона рабочим средствам измерений с указанием методов и погрешностей при передаче.			
Локальная поверочная схема - распространяется на средства измерений, подлежащей поверке метрологическими службами юридических лиц.	Межгосударственная поверочная схема – применяется государствами-участниками Соглашения «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации» для обеспечения единства измерений путем разработки нормативного документа.	Государственная поверочная схема – распространяется на все средства измерений данной величины в РК.	Поверочная схема для средств измерений- нормативный документ, устанавливающий соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от эталона рабочим средствам измерений

По результатам поверки оформляется протокол поверки (форма протокола может быть различна, указывается в нормативных документах). Протокол анализируется, делается вывод о пригодности (непригодности) средства измерения. Существует несколько видов поверок: первичная, периодическая и внеочередная[3].

Первичную поверку проводят на месте: изготовления, проведения ремонта и применения СИ.	Периодическую поверку СИ проводят через определенные межповерочные интервалы (установленные с расчетом обеспечения пригодности к применению СИ).	Внеочередная поверка – проводится до наступления сроков периодической поверки в следующих случаях: - При корректировки межповерочных интервалов; - При необходимости подтверждения межповерочного интервала; - При повреждении пломбы с рисунком поверительного клейма или утере документа о поверке; - При отправке потребителю СИ, не реализованных изготовителем по истечению половины межповерочного интервала на них.
--	--	---

Сертификат о поверке выдается только в том случае, если приняты положительные результаты, на средства измерения навешивают номерную пломбу или наносят номерные наклейки с рисунком поверительного клейма.



Рисунок 22-Поверительное клеймо


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
 МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»
 (ФБУ «РОСТЕСТ - МОСКВА»)

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ

№ СП 1009907

Действительно до "07"августа 2016г.

Эталон (средство измерений) Дальномер лазерный
наименование и тип (если в состав средств измерений входят несколько автономных блоков, то приводятся их перечень)
Leica Disto D3a

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если имеются) отсутствует
заводской номер (номера) 813210365
 принадлежащее ООО "Фирма САЛПЕРС"
наименование юридического (физического) лица, ИНН
ИНН 6229023947

поверено в соответствии с МП ГЦИ СИ ООО "Автопрогресс М"
наименование и номер документа на методику поверки
 с применением эталонов 3.1.ZMA.0271.2015
наименование, заводской номер, разряд класс или погрешность
 при следующих значениях влияющих факторов T= 21,5°C
приводят перечень влияющих факторов, нормированных в документе на методику поверки, с указанием их значений

и на основании результатов периодической (первичной) поверки признано пригодным к применению.

Поверительное клеймо 

Начальник лаборатории № 445  Богомолов А.В.
Подпись фамилия, инициалы

Поверитель  Давыдов В.М.
Подпись фамилия, инициалы
 "07" августа 2015г.



Давайте теперь рассмотрим вопрос: Что такое калибровка?

Калибровка средств измерений – это совокупность операций, устанавливающих соотношения между значением величины, полученной с помощью данного средства измерения, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, с целью установления действительных метрологических характеристик и пригодности средства измерения не подлежащего государственному метрологическому надзору[6].

Калибровку разрешено проводить подразделениям метрологических служб юридических лиц, которые имеют аккредитацию. Основные

требования, предъявляемые к калибровочным лабораториям: право на проведение калибровки, техническая база, документированная система качества работ калибровочных, нормативные документы по организации и порядку проведения калибровки.

По результатам проведения калибровки выдается сертификат о калибровке и на средство измерения наносится знак.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)

СЕРТИФИКАТ О КАЛИБРОВКЕ

№ СК 0048926 55526

Средство измерений Люксметр-яркометр-пульсметр RADEX LUPIN

Заводской № 000117

Изготовитель ООО "КВАРТА-РАД", г. Москва, Россия

Предназначенное для измерений освещенности, яркости, коэффициента пульсации

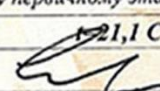
Наименование характеристики	Диапазоны измерений	Погрешность
Град-ка освещенности по источн. А	(10 ... 200000)лк	±10 %
Градуйровка яркости по источнику А	(10 ... 70000)кд/м ²	±10%
Коэффициент пульсации	(1 ... 100) %	±10%

принадлежащее ООО "КВАРТА-РАД"
ИНН 7724195205

откалибровано по методике ГОСТ Р 8.665-2009

с применением эталонов: ГЭ силы света и освещенности непрер. изл
учения 0 р. по ГОСТ 8.023-2003
3.1.ZMA.0087.2013, аттестован до 03.03.2015
диапазон (35..500) кд, погр. ±0,3 %
Прослеживаемость к Государственному первичному эталону ГЭТ 5-03

Значения влияющих факторов 21,1 С W= 50%

Начальник лаборатории № " 448 "  Квачев А.В.
подпись фамилия и. о.

Инженер по метрологии   Голованова В.А.
подпись фамилия и. о.

" 06 " февраля 2015 г.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что называют погрешностью измерений?
- 2) Дайте определение и приведите примеры абсолютных и относительных измерений
- 3) Что называется эталоном?
- 4) Какими свойствами должен обладать эталон?
- 5) По каким признакам классифицируются виды измерений?
- 6) Перечислите основные методы измерений.
- 7) Как на шкале прибора обозначают классы точности?
- 8) Что такое цена деления шкалы прибора?
- 9) Что называется поверкой средств измерений?
- 10) Что называют калибровкой средств измерений?

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Задача. Для измерения тока нагрузки в цепь включен амперметр М366 класса точности 1,0 с пределом измерения 1,5А. измерение произведено при постоянной рабочей температуре $t_p = +10^\circ\text{C}$ (нормальной считать температуру $t_n = +20^\circ\text{C}$). $E = 10\text{В}$; $r_i = 0,1\ \text{Ом}$; $R_A = (1 \pm 0,1)\ \text{Ом}$; $R_H = 10\ \text{Ом}$; $I_A = 0,9\ \text{А}$. Определите величину методической погрешности в абсолютной и относительной формах и величину поправки.

Решение. Действительное значение тока в цепи

$$I_{\text{дст}} = \frac{E}{R_H + r_i} = \frac{10}{0,1} 0,99\ \text{А}$$

Измеренное значение тока

$$I_A = \frac{E}{R_H + r_i + R_A} = 0,90\ \text{А}.$$

Абсолютное значение методической погрешности измерения тока

$$\Delta I_{\text{мет}} = I_A - I_{\text{дст}} = 0,9 - 0,99 = -0,09\text{А}$$

следовательно, поправка

$$I_{\Pi} = -\Delta I_{\text{мет}} = 0,09\text{А}$$

Относительная методическая погрешность измерения тока

$$\delta_{I_{\text{мет}}} = \frac{\Delta I_{\text{мет}}}{I_{\text{дст}}} = -\frac{0,09}{0,99} \cdot 100 \approx -9,1\%$$

Ответ. $\Delta I_{\text{мет}} = -0,09\text{А}$; $I_{\Pi} = 0,09\text{А}$;

$$\delta_{I_{\text{мет}}} = -9,1\%$$

Задача. При измерении отверстия $\varnothing 20\text{H}13^{(+0,33)}$ получены следующие результаты: 20,32; 20,18; 20,26; 20,21; 20,28; 20,42 мм.

Необходимо проверить, является ли размер $\varnothing 20,42$ промахом.

Решение. Поскольку $n=6$, применяется критерий Шовине:

$$X_{\text{и}} = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{X} = \frac{20,32 + 20,18 + 20,26 + 20,21 + 20,28 + 20,42}{6} = 20,28$$

По формуле найдем СКО

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{0,04^2 + (-0,1)^2 + (-0,02)^2 + (-0,07)^2 + 0,14^2}{6-1}} = 0,14$$

$$|\bar{X} - X_i| = |20,28 - 20,42| = 0,14 < 1,7\sigma_x$$

значит, что результат выходит за заданный предельно допустимый размер, но его нельзя считать промахом, потому расчетное СКО меньше табличного.

Задача. Показания часов в момент поверки 12ч 03 мин. Действительное значение времени 12ч 00мин. Определить абсолютную и относительную погрешности часов.

Решение. Абсолютная погрешность часов $\Delta x = x - x_d = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с}$.

Относительную погрешность часов определяем следующим образом: $\delta = \frac{x}{x_d} \cdot$

$$100\% = \frac{180\text{с}}{43200\text{с}} \cdot 100\% \approx 0,4\%$$

Ответ: $\Delta x = 180\text{с}$; $\delta = 0,4\%$

Задача. Определить приведенную погрешность амперметра, если его диапазон измерений от -5А до +5А, значение поверяемой отметки шкалы равно 3А, а действительное значение измеряемой величины— 2,98А.

Решение. Приведенную погрешность амперметра определим:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_N} \cdot 100\% = \frac{3 - 2,98}{10} \cdot 100\% \approx 0,2\%$$

Ответ: $\gamma \approx 0,2\%$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что в современном мире высокоточные измерения и обработка результатов измерений приобретают все большее значение во многих сферах деятельности человека. Без измерений не может сегодня обойтись ни одна наука, поэтому метрология тесно связана со многими дисциплинами. Соблюдение правил метрологии в различных сферах деятельности позволяет свести к минимуму материальные потери от недостоверных результатов измерений.

Поэтому одной из главных задач дисциплины «Метрология» научить студента правильно применять современные измерительные технологии и различные методы измерений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) А.И. Аристов Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Аристов.— М.: Издательский центр «Академия», 2017.— 384с.
- 2) Эрастов В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебн. пособие.— М.: ФОРУМ, 2008.— 208с.
- 3) URL: <http://tehnouzel.ru> (дата обращения 10.09.2017)
- 4) Голуб О.В. Стандартизация, метрология и сертификация [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.В. Голуб, И.В. Сурков, В.М. Позняковский. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2014. — 334 с.
- 5) Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 187 с.
- 6) Воробьева Г.Н. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Н. Воробьева, И.В. Муравьева. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2015. — 108 с.

Научное издание

МЕТРОЛОГИЯ

Учебное пособие

Пиляева Ольга Владимировна

Издательство Ачинский филиал ФГБОУ ВО
«Красноярский государственный аграрный университет»
662150, Красноярский край г. Ачинск, ул. Коммунистическая, 49
<http://afkras.ru/>; e-mail: kras.gau@mail.ru