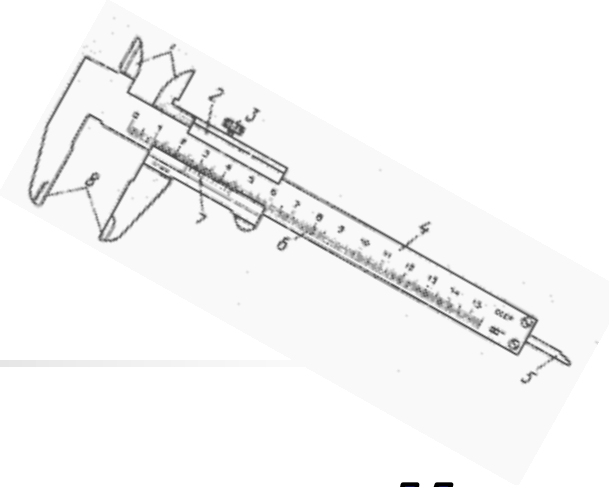
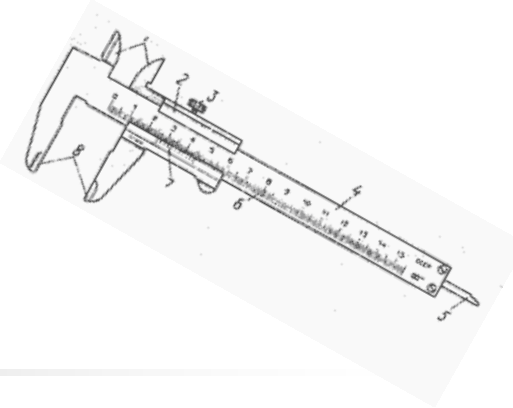
Тема лекции



Средства измерений. Погрешности и МХ СИ

Рассматриваемые вопросы



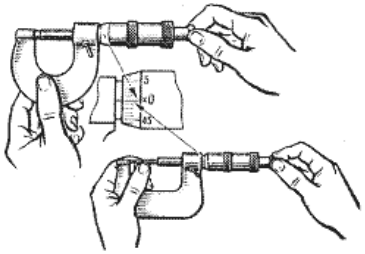
1. Средства измерений и их классификация.

2. Структурные элементы средств измерений.

3. Погрешности средств измерений.

4. Классы точности средств измерений.

Средства измерений



Средство измерения — техническое средство, предназначенное для измерений, воспроизводящее и (или) хранящее единицу измерения, а также кратные либо дольные значения единицы измерения, имеющее метрологические характеристики, значения которых принимаются неизменными в течение определенного времени.

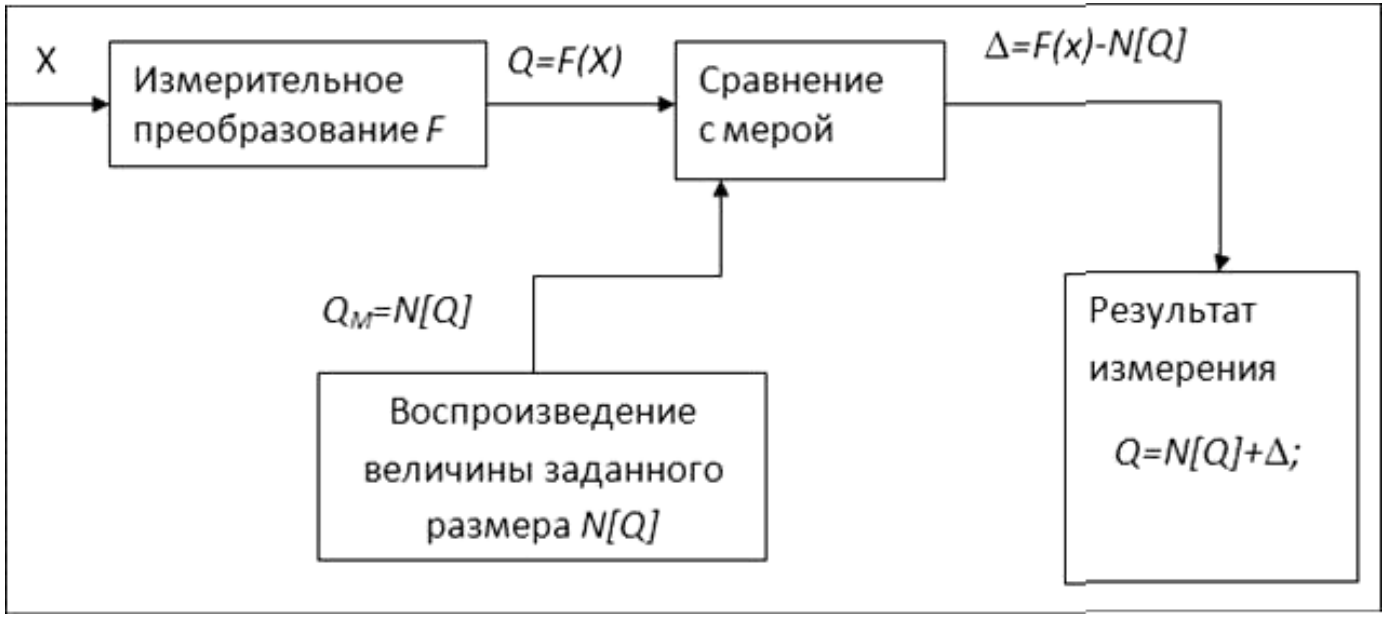
Под **метрологическими характеристиками** (МХ) понимают такие характеристики СИ, которые позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью.

Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативными документами (технические условия (ТУ), технические описания (ТО)), называют **нормируемыми метрологическими характеристиками.**

Средствами измерений (СИ) называют используемые при измерениях технические средства, имеющие нормированные метрологические характеристики.

Схема прямого измерения

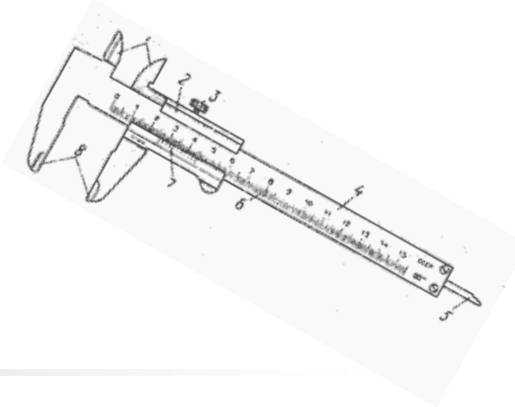
Чтобы провести метрологическую классификацию СИ, рассмотрим типичную структурную схему прямого измерения.



Все приведенные операции осуществляются с помощью технических средств, которые либо являются самостоятельными средствами измерений, либо входят в состав СИ.

На первой стадии измерения необходим <u>измерительный преобразователь</u>

Измерительные преобразователи



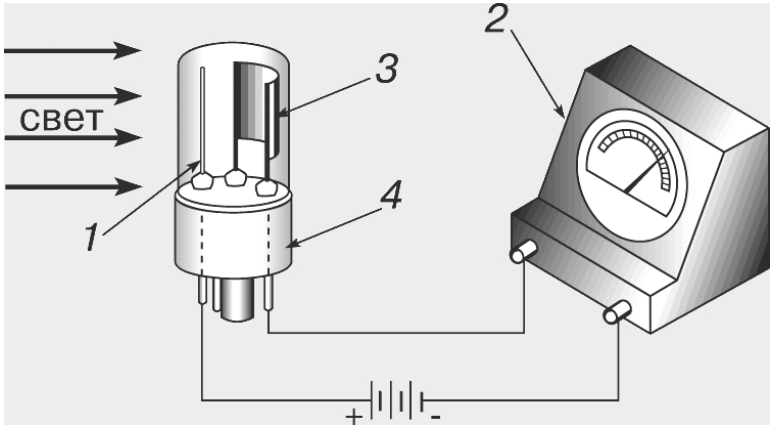
Измерительный преобразователь — СИ, предназначенное для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

По расположению в измерительной цепи различают **первичные** и **промежуточные** измерительные преобразователи (ИП).

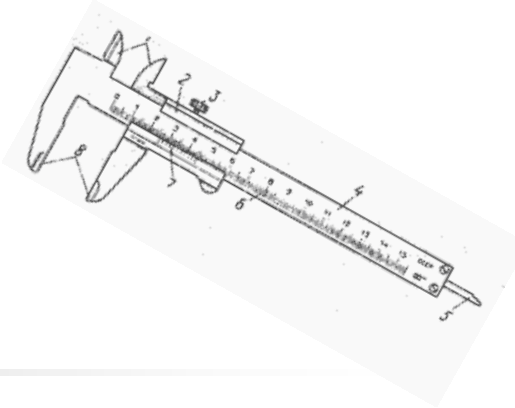
Первичный ИП, называемый также датчиком, — это тот ИП, на который непосредственно действует измеряемая физическая величина.

Остальные ИП называют промежуточными. Они расположены после первичного ИП и могут выполнять следующие операции: **масштабное** (линейное или нелинейное) **преобразование; масштабно-временное преобразование; аналого-цифровое преобразование; цифро-аналоговое преобразование; функциональное преобразование** (любые математические операции над значениями величины).

Измерительные преобразователи



Меры



Воспроизведение величины $Q_M = N \cdot Q$ заданного размера осуществляется посредством меры физической величины Q.

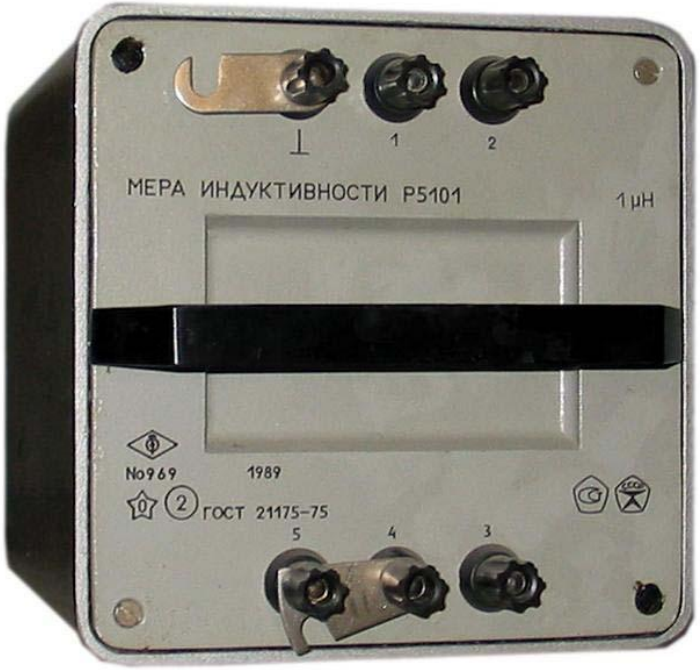
Мерой физической величины называют СИ, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых известны с необходимой точностью.

Меры подразделяются на **однозначные** и **многозначные.**

Однозначная мера - мера, воспроизводящая физическую величину одного размера *(гиря, стержень длиной 1 метр)*.

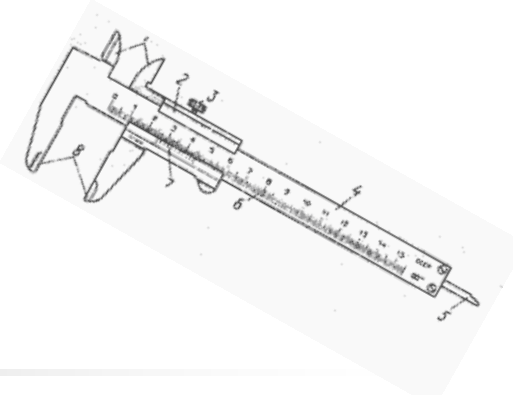
Многозначная мера - мера, воспроизводящая плавно или дискретно ряд значений одной и той же физической величины (*набор гирь разной массы, магазин сопротивлений)*.

Однозначные меры



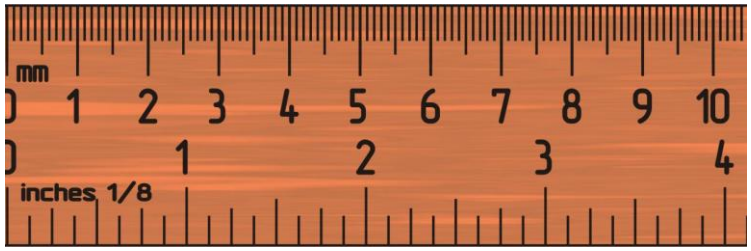
Воспроизводя или храня размер величины, которому присвоено определенное значение, мера тем самым хранит единицу этой величины. Иначе говоря, **мера выступает в качестве носителя единицы величины и поэтому служит основой измерения.**

Наборы мер



В измерительной практике широко применяют не только отдельные меры, но и **наборы мер** - **комплект мер разного размера одной и той же физической величины**, *(например, набор плоскопараллельных концевых мер длины, набор гирь)*.

Многозначные меры



К многозначным мерам относятся **магазины мер** - набор мер, конструктивно объединенных в одно устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях (например, магазин электрических сопротивлений или емкостей).

Стандартные образцы

Особый класс мер представляют собой стандартные образцы.

Стандартный образец — мера одной или нескольких величин, характеризующих состав или свойства вещества (материала), в виде образца этого вещества (материала). *Примерами стандартных образцов состава являются различные вещества, например, металлы и сплавы, жидкости с точно определенными значениями определяющего компонента и имеющихся примесей.*

Измерительные приборы и их классификация

Средство измерений, реализующие все операции, указанные на рассмотренной выше схеме, называется измерительным прибором.

Измерительный прибор — СИ, предназначенное для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы.

В отличие от меры измерительный прибор не воспроизводит значение физической величины. Измеряемая величина подводится к нему и воздействует на его первичный преобразователь.

Измерительные приборы принято классифицировать по определенным признакам: по **форме представления показаний;** по **методу измерений;** по **способу индикации** и другим признакам.

Виды измерительных приборов

По форме представления показаний измерительные приборы подразделяются на **аналоговые** и **цифровые**.

Аналоговый измерительный прибор - это измерительный прибор, показания которого или выходной сигнал являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. *Самыми распространенными аналоговыми измерительными приборами являются стрелочные измерительные приборы.*

Цифровой измерительный прибор – это измерительный прибор, автоматически вырабатывающий дискретные сигналы измерительной информации, показания которого представлены в цифровой форме.

Виды измерительных приборов

По методу измерений измерительные приборы подразделяются на **приборы прямого действия** и **приборы сравнения (компараторы)** .

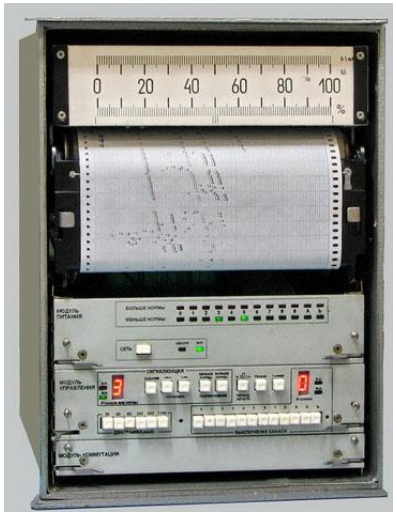
Измерительный прибор прямого действия – измерительный прибор, в котором предусмотрено одно или несколько преобразований сигнала измерительной информации в одном направлении, т. е. без применения обратной связи *(амперметр, ваттметр, ртутный термометр и т.п.).*

Измерительный прибор сравнения – измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно *(равноплечие весы, электроизмерительный потенциометр, фотометрическая скамья с фотометром, компаратор для линейных мер).*

Виды измерительных приборов

По способу индикации измерительные приборы подразделяются на **показывающие** и **регистрирующие**.

Показывающий измерительный прибор - измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины



Регистрирующий измерительный прибор - измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация значений может осуществляться в аналоговой или цифровой формах. <u>Различают самопишущие и печатающие регистрирующие приборы</u>

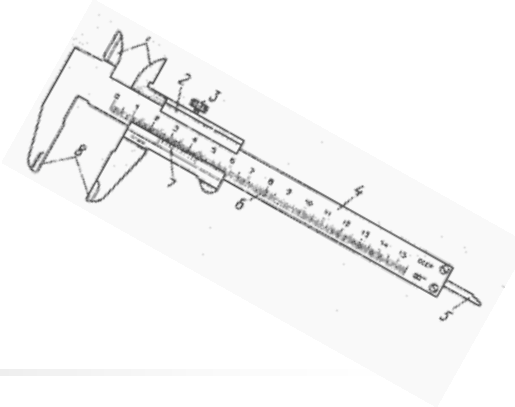
Виды измерительных приборов

Измерительные приборы подразделяются также на **суммирующие** и **интегрирующие**.

Суммирующий измерительный прибор — измерительный прибор, показания которого функционально связаны с суммой двух или нескольких величин, подводимых к нему по различным каналам.

Интегрирующий измерительный прибор — измерительный прибор, в котором значение измеряемой величины определяются путём её интегрирования по другой величине.

Измерительные установки

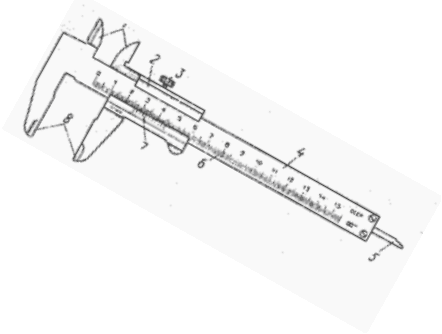


Совокупности СИ нередко объединяют в комплексы, называемые измерительными установками или измерительными системами.

Измерительная установка — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких величин и расположенная в одном месте.

Измерительную установку с включенными в нее эталонами называют ***поверочной или эталонной установкой,*** установку, предназначенную для испытаний какой-либо продукции, — ***испытательным стендом.***

Измерительные системы

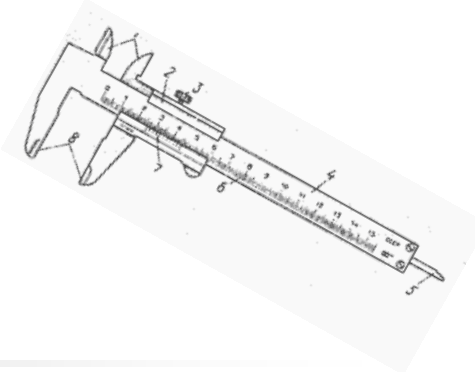


Измерительная система — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого пространства с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому пространству.

В отличие от измерительных установок, предусматривающих изменения режима и условий функционирования, измерительная система не воздействует на режимы работы, а предназначена только для сбора и/или хранения информации.

В зависимости от назначения измерительные системы разделяются на измерительные информационные системы (ИИС), измерительные управляющие системы (ИУС) и др.

Рабочие, образцовые и эталонные СИ



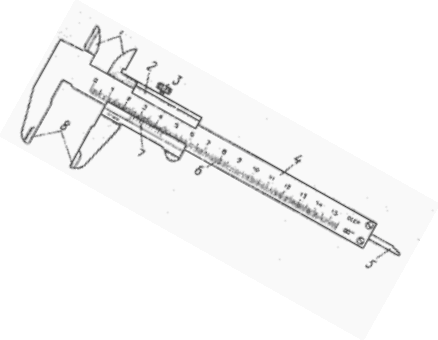
Важное значение имеет классификация СИ **по метрологическим характеристикам.** В соответствии с ней все средства измерений подразделяются на **рабочие, образцовые** и **эталоны**.

К рабочим относятся средства измерений, не предназначенные для воспроизведения и хранения единиц физических величин с целью передачи их размеров другим средствам измерений.

К **образцовым** средствам измерений относятся меры, измерительные приборы (системы) или измерительные преобразователи, применяемые для передачи размеров единиц другим средствам измерений.

Эталоны представляют собой средства измерений (обычно комплекс средств измерений), предназначенные для воспроизведения и (или) хранения единицы физической величины с целью передачи ее размера образцовым средствам измерений высшей точности. Эталон должен быть официально утвержден.

Классификация СИ



Средства измерений

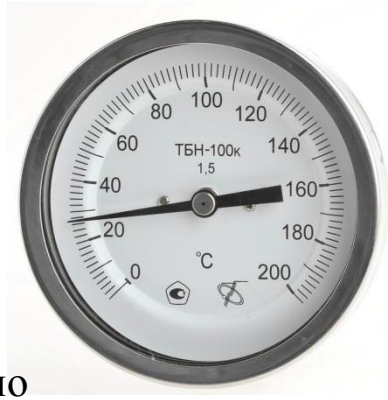
- **Измерительные приборы**
- **Измерительные системы**
- **Меры**
- **Измерительные преобразователи**
- **Измерительные установки**

Структурные элементы СИ

Преобразовательный элемент СИ - элемент СИ, в котором происходит одно из ряда последовательных преобразований измеряемой величины.

Измерительная цепь СИ - совокупность преобразовательных элементов средства измерений, обеспечивающая осуществление всех преобразований сигнала измерительной информации.

Отсчетное устройство СИ - часть конструкции средства измерений, предназначенная для отсчитывания значений измеряемой величины.



Шкала СИ - часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок и проставленных у них чисел отсчета или других символов, соответствующих ряду последовательных значений величины

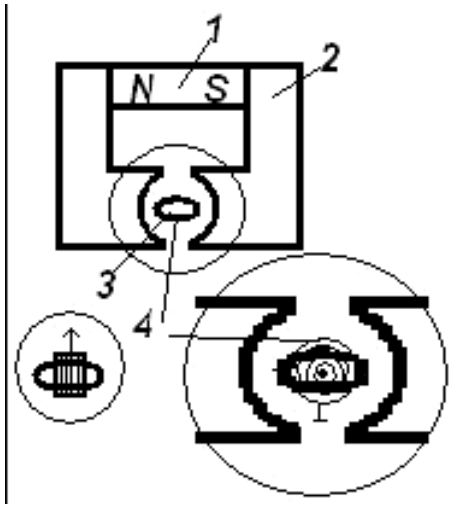
Указатель - часть отсчетного устройства, положение которой относительно отметок шкалы определяют показание средства измерений.

Измерительный механизм (ИМ) - часть конструкции средства измерений, состоящая из элементов, взаимодействие которых вызывает их взаимное перемещение.

Регистрирующее устройство СИ - часть регистрирующего измерительного прибора, предназначенная для регистрации показаний.

Магнитоэлектрические ИМ

Принцип действия основан на взаимодействии магнитных полей постоянного магнита и катушкой через который протекает измеряемый электрический ток.



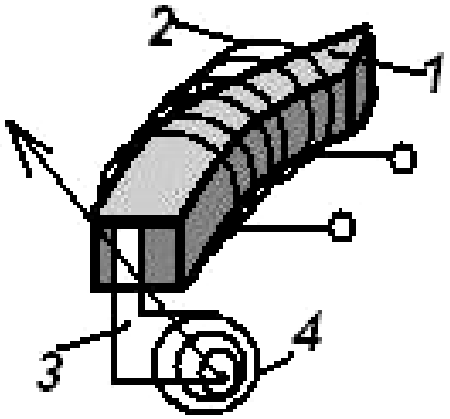
1 – постоянный магнит,
2 – магнитопровод,
3 – подвижная катушка, закрепленная на опорах,
4 – спиральная пружина.

В результате взаимодействия магнитных полей создается вращающий момент, под воздействием которого катушка поворачивается, закручивая спиральную пружину, которая создает противодействующий момент, величина которого пропорциональна углу закрученной пружины.

Электромагнитные ИМ

Принцип действия основан на взаимодействии магнитного поля катушки с измеряемым током и ферромагнитного сердечника.

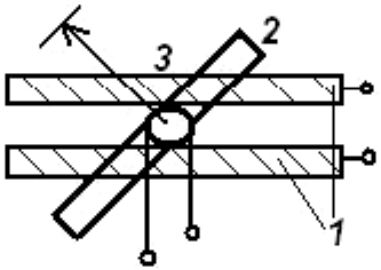
1 – каркас из немагнитного материала,
2 – катушка,
3 – сердечник,
4 – спиральная пружина.



При протекании измеряемого тока через катушку под действием магнитного поля сердечник втягивается внутрь катушки, поворачиваясь на опорах, закручивая спиральную пружину.

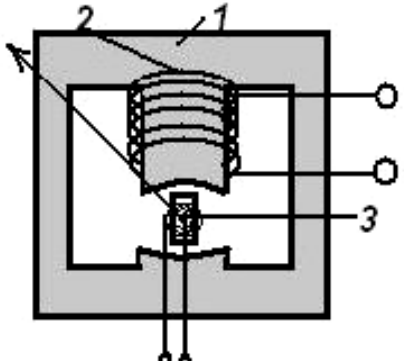
Электродинамические и ферродинамические ИМ

В электродинамических ИМ вращающий момент возникает в результате взаимодействия магнитных полей, его величина зависит как от тока, протекающего через подвижную катушку, так и через неподвижную.



1 – двухсекционная неподвижная катушка.
2 – подвижная катушка, установленная соосно неподвижной.
3 – спиральная пружина.

Принцип действия ферродинамических ИМ аналогичен действию магнитоэлектрического механизма. В отличие от него одно из магнитных полей создается не постоянным магнитом, а неподвижной катушкой.

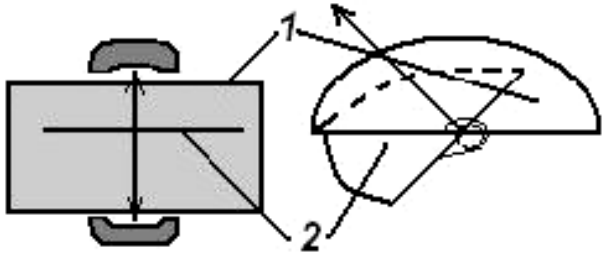


1 – магнитный провод.
2 – неподвижная катушка на магнитопроводе.
3 – подвижная катушка.

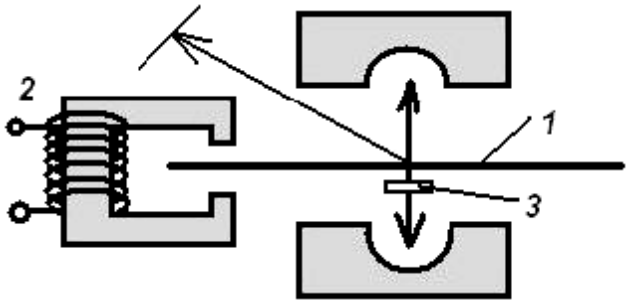
Электростатические и индукционные ИМ

Принцип действия **электростатических ИМ** основан на взаимодействии электрических полей разноименно-заряженных пластин. Измеряемое напряжение прикладывается между пластинами, при этом под действием возникающего электростатического взаимодействия подвижные пластины поворачиваются на оси и втягиваются внутрь пакета неподвижных.

1 – неподвижная пластина,
2 – подвижная.

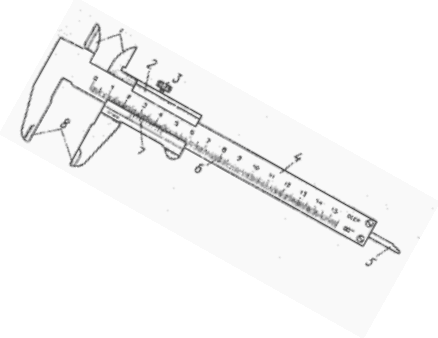


Принцип действия индукционных ИМ основан на взаимодействии магнитного поля катушки с измеряемым током.



1 – диск из проводящего материала,
2 – магнитопровод с катушкой,
3 – спиральная пружина.

Элементы шкалы ИП



Отметка шкалы — знак на шкале (чёрточка, зубец, точка и др.), соответствующий некоторому значению физической величины.

Числовая отметка шкалы — отметка шкалы, у которой проставлено число.

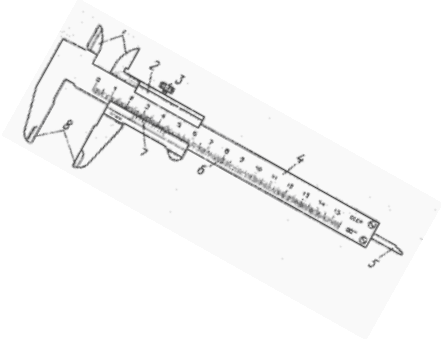
Нулевая отметка — отметка шкалы, соответствующая нулевому значению измеряемой величины.

Деление шкалы — промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

Цена деления шкалы — разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Длина шкалы — длина линии, проходящей через центры всех самых коротких отметок шкалы и ограниченной начальной и конечной отметками. Линия может быть реальной или воображаемой, кривой или прямой.

Виды шкал стрелочных ИП



У стрелочных измерительных приборов имеется шкалы, которые могут быть **именованными**, т.е. градуированными в единицах измеряемых величин, или **условными**. *Условные шкалы применяют в многопредельных приборах.*

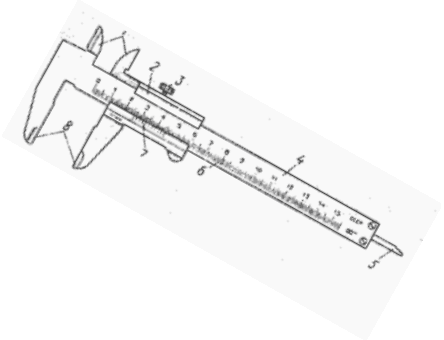
Шкалы приборов бывают **нулевые** и **безнулевые**.

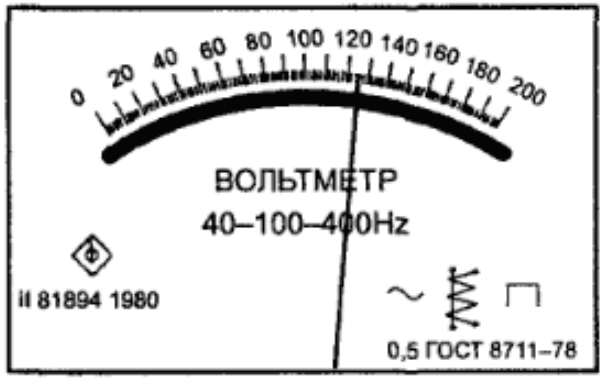
Нулевые шкалы могут быть **односторонними** *(нуль размещен в начале шкалы)* или **двухсторонними** *(нуль размещен между начальной и конечной отметками)*.

В зависимости от положения нуля между конечными отметками двухсторонние шкалы бывают **симметричными** и **несимметричными.** На безнулевых шкалах конечные отметки соответствуют нижнему и верхнему пределам измерения.

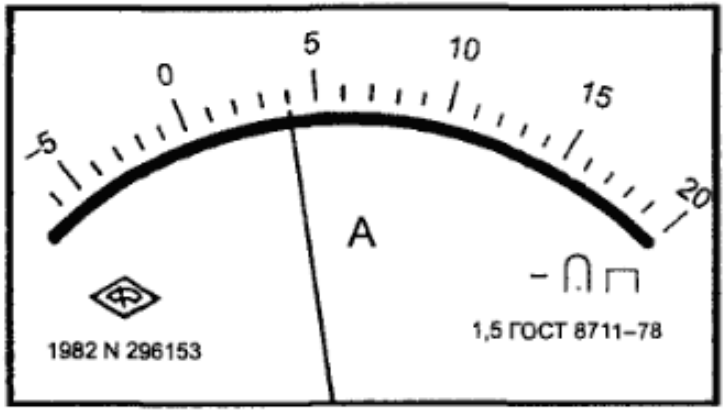
По характеру зависимости линейных или угловых расстояний между соседними отметками шкалы от измеряемой величины различают **равномерные, неравномерные, степенные, логарифмические** и др.

Виды шкал стрелочных ИП

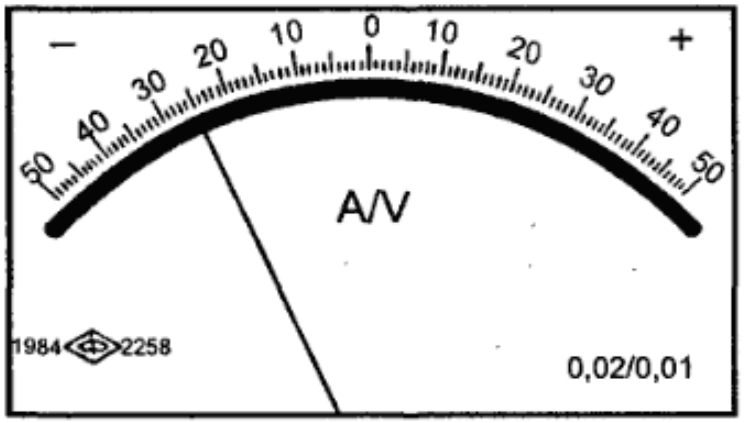




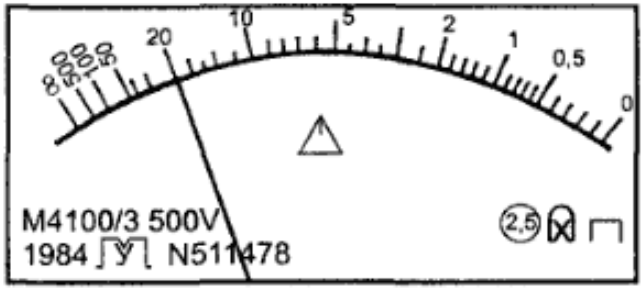
а



б

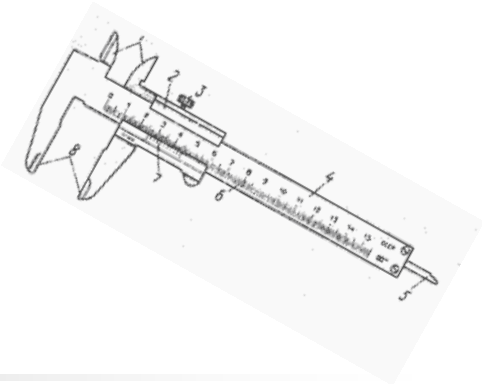


в



г

Погрешности измерений



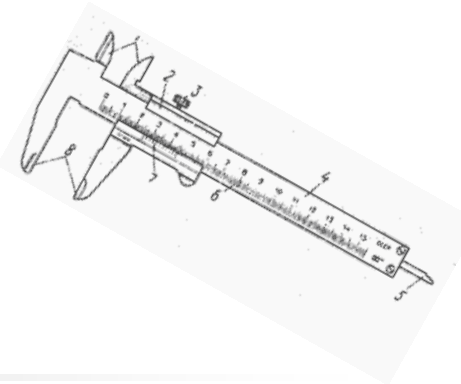
В первую очередь необходимо отличать **погрешности средств измерений** и **погрешности результатов измерений**.

Погрешность результата измерения $\Delta \boldsymbol{x}_{изм}$ – это отклонение результата измерения x от истинного (действительного) $x_и$ $(x_д)$ значения измеряемой величины:

$$\Delta x_{изм} = x - x_и; \qquad \Delta x_{изм} = x - x_д$$

Погрешность средства измерения - отклонение показания СИ от истинного (действительного) значения измеряемой величины. *Она характеризует точность результатов измерений, проводимых данным СИ.* Эти два понятия во многом близки друг к другу и классифицируются по одинаковым признакам.

Погрешности СИ



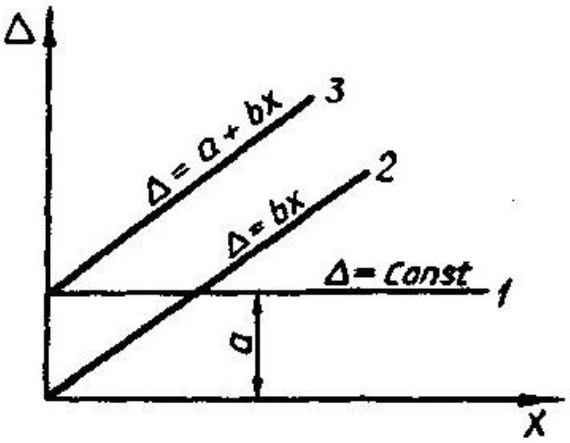
По форме представления различают **абсолютные, относительные** и **приведенные** погрешности СИ

Абсолютная погрешность СИ – разность между показаниями измерительного прибора и действительным значением измеряемой величины. В качестве действительного значения измеряемой величины принимают показания эталонного СИ:

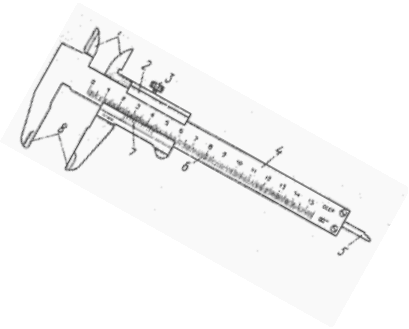
$$\Delta X = X_n - X_{эт}$$

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой физической величины и может быть задана:

- численным значением (линия 1): $\Delta = \pm a$;
- линейной зависимостью (линии 2 и 3): $\Delta = \pm bx$; $\Delta = \pm (a + bx)$;
- в виде функции $\Delta = f(x)$ или графика, таблицы.



Погрешности СИ



Точность измерения обычно характеризуются **относительной погрешностью СИ.**

Относительная погрешность СИ определяется как отношение абсолютной погрешности СИ к действительному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{\text{эт}}} \cdot 100\%$$

где ΔX – абсолютная погрешность СИ; *Хэт* – показание эталонного (образцового) средства измерения.

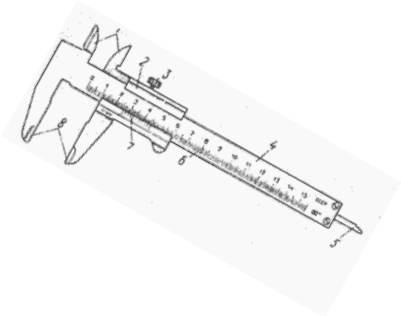
В большинстве случаев для характеристики электроизмерительных приборов используют ***приведенную погрешность.***

Приведенная погрешность СИ – отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к нормирующему значению:

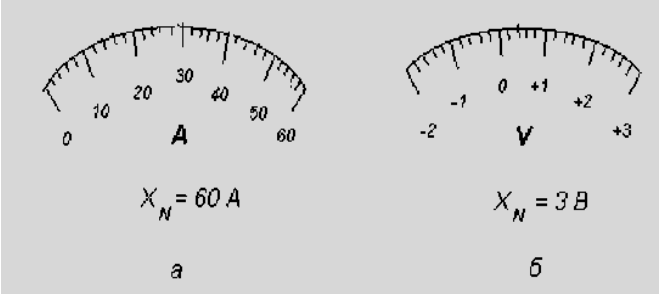
$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100\%$$

где ΔX – абсолютная погрешность СИ; X_N – некоторое нормирующее значение.

Выбор нормирующего значения X_N



Для СИ с равномерной или степенной шкалой, если нулевое значение лежит на краю шкалы или вне ее, нормирующее значение X_N выбирается равным **пределу измерения** (рис. а);



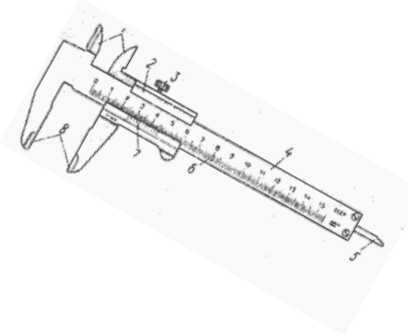
Если нулевое значение лежит внутри диапазона измерений, то нормирующее значение X_N выбирается равным **большему из модулей пределов измерений** (рис. б).

Средствам измерений, для которых принята шкала с условным нулем, нормирующее значение X_N устанавливается равным модулю разности пределов измерений. *Например, для милливольтметра с пределом измерений от 200 до 600° С.*

$$X_N = 600 - 200 = 400^\circ C;$$

Для средств измерений с установленным номинальным значением нормирующее значение принимается равным этому номиальному значению. *Например, для частотомера с диапазоном измерений 45 - 55 Гц и номинальной частотой 50 Гц нормирующее значение* X_N **= 50 Гц.**

Погрешности СИ



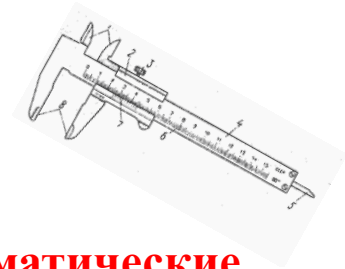
По причине возникновения погрешности СИ принято делить на **инструментальные (приборные) погрешности, методические и субъективные**.

Инструментальная погрешность обусловлена несовершенством применяемых средств измерений. *Причинами ее возникновения являются неточности, допущенные при изготовлении и регулировке приборов, изменение параметров элементов конструкции и схемы вследствие старения.*

Методическая погрешность обусловлена несовершенством метода измерений или упрощениями, допущенными при измерениях. *Она возникает из-за использования приближенных формул при расчете результата или неправильной методики измерений. Выбор ошибочной методики возможен из-за несоответствия (неадекватности) измеряемой физической величины и ее модели.*

Субъективные (операторные) погрешности - погрешности, обусловленные степенью внимательности, сосредоточенности, подготовленности и другими качествами оператора.

Погрешности СИ



По характеру проявления различают **случайные, систематические, прогрессирующие (дрейфовые) и грубые** погрешности (промахи)

Случайными называют составляющие погрешности СИ, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. *Случайные погрешности обусловлены внутренними шумами элементов электронных схем, наводками на входные цепи средств измерений, пульсацией питания и т.п.*

Систематическая погрешность СИ — составляющая погрешности, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

Прогрессирующая (дрейфовая) погрешность — непредсказуемая погрешность, медленно меняющаяся во времени. Она представляет собой нестационарный случайный процесс.

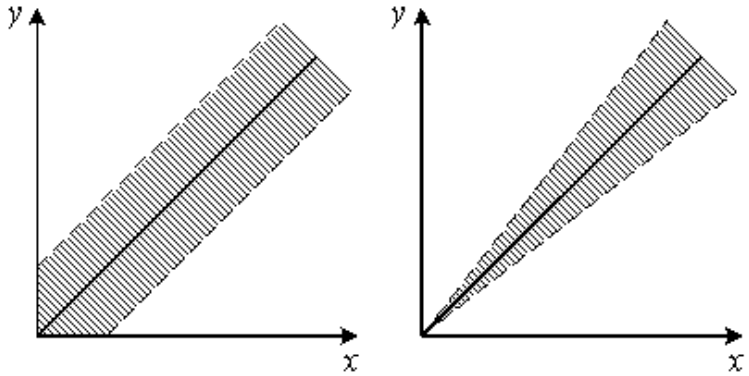
Грубая погрешность (промах) — погрешность, возникшая вследствие недосмотра экспериментатора или неисправности аппаратуры (например, если экспериментатор неправильно прочёл номер деления на шкале прибора, если произошло замыкание в электрической цепи).

Погрешности СИ

Следует различать **статические и динамические погрешности СИ, аддитивные и мультипликативные.**

Статическая погрешность СИ – погрешность средства измерения, используемого для измерения постоянной величины.

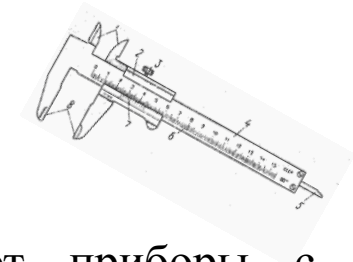
Динамическая погрешность СИ - погрешность свойственная условиям динамического измерения. Динамическая погрешность появляется при измерении переменных величин и обусловлена инерционными свойствами СИ.



Аддитивной погрешностью СИ называется погрешность, постоянная в каждой точке шкалы.

Мультипликативной погрешностью СИ называется погрешность, линейно возрастающая или убывающая с ростом измеряемой величины.

Погрешности СИ



В технических и научных измерениях применяют приборы с определенной заранее заданной точностью – **основной погрешностью.**

Основная погрешность СИ - это погрешность средства измерений в нормальных условиях эксплуатации. Эти условия устанавливаются НТД на виды СИ или отдельные их типы.

Для большинства средств измерений нормальными считаются следующие внешние условия:

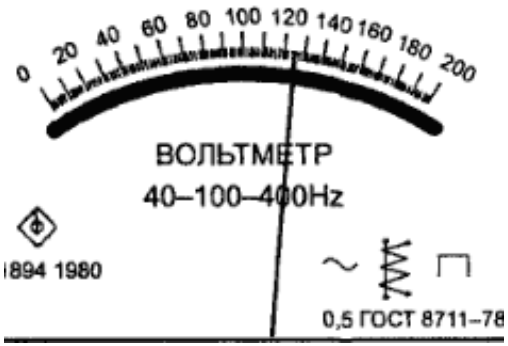
- *температура окружающей среды (293± 5) К;*
- *относительная влажность 65% ± 15%;*
- *атмосферное давление 101,3 кПа ± 4 кПа (750 мм рт. ст. ± 30 мм рт. ст.);*
- *напряжение питания 220 ± 2% (220 ± 10).*

Если прибор работает в условиях, отличных от нормальных, то возникает **дополнительная погрешность**, увеличивающая общую погрешность прибора.

К дополнительным погрешностям относятся: **температурная,** вызванная отклонением температуры окружающей среды от нормальной (20°С), **установочная**, обусловленная отклонением положения прибора от нормального рабочего положения, и т.п.

Класс точности СИ

Очень часто на шкале СИ, на передней панели указан его класс точности.



Класс точности СИ - обобщенная характеристика СИ, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками СИ, влияющими на точность, значение которых установлено стандартами на отдельные виды СИ.

Для мер массы и длины **класс точности представляется**, как правило, **пределами основной абсолютной погрешности.**

В большинстве случаев классы точности СИ выражаются **пределами допускаемой приведенной** или **относительной погрешности**.

Классы точности СИ

Если основная абсолютная погрешность имеет аддитивный характер, т.е. границы погрешностей измерительного прибора не изменяются в пределах диапазона измерении, то **класс точности представляется пределами допускаемой приведенной погрешности:**

$$K = |\gamma| = \pm \frac{\Delta X_{max}}{X} \cdot 100\%$$

где ΔX_{max} – предел допускаемой основной абсолютной погрешности СИ; K – отвлеченное положительное число, выбираемое из следующего ряда чисел.

$$1; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4,5; 6 \cdot 10^{n}, \quad n = 0, -1, -2 \text{ и т. д.}$$

Электроизмерительные приборы делятся по степени точности на девять классов: **0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; и 4,0.**

Класс точности СИ

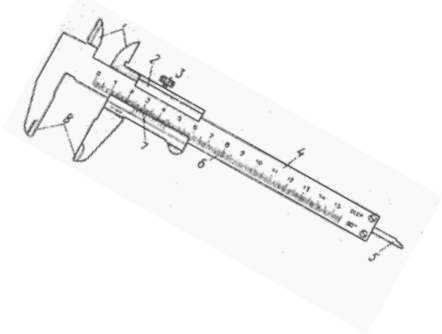
Если основная абсолютная погрешность имеет **мультипликативный характер,** т.е. границы погрешностей измеренного прибора линейно меняются в пределах диапазона измерений, то класс точности представляется пределами допускаемой относительной погрешности в виде:

$$K = |\delta| = \pm \frac{\Delta X_{max}}{X} \cdot 100\%$$

где ΔX_{max} – предел допускаемой основной абсолютной погрешности СИ; X- показание прибора; K – класс точности.

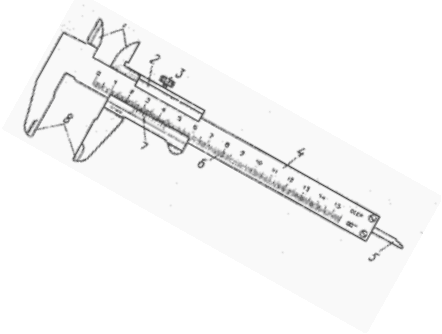
Класс точности СИ характеризует их точностные свойства, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью этих средств, так как точность зависит также от метода измерений и условий их выполнения.

Условные обозначения на шкалах СИ



магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом	
электромагнитный прибор	
электродинамический прибор	
ферродинамический прибор	
индукционный прибор	
магнитоиндукционный прибор	
электростатический прибор	
термоэлектрический прибор с изолированным преобразователем и магнитоэлектрическим измерительным механизмом	
выпрямительный прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом	
защита от внешних магнитных полей	

горизонтальное положение шкалы	
вертикальное положение шкалы	
наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту, например 60°	60°
направление ориентировки прибора в земном магнитном поле	
класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения	2
класс точности при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы	1,5
измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ	2
нормальное (номинальное) значение частоты	500 Hz
измерение постоянного тока	—
измерение переменного тока	~



Обозначения единиц измеряемых величин на СИ

Наименование	Обозначе-ние	Наименование	Обозначе-ние
Ампер	A	Ом	Ω
Килоампер	kA	Килоом	kΩ
Миллиампер	mA	Магом	MΩ
Микроампер	μA	Миллиом	mΩ
Вольт	V	Микроом	μΩ
Киловольт	kV	Микрофарада	μF
Милливольт	mV	Пикофарада	pF
Ватт	W	Генри	H
Киловатт	kW	Миллигенри	mH
Мегаватт	MW	Микрогенри	μH

Метрологические характеристики СИ

Метрологические характеристики (МХ) - такие характеристики СИ, которые позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью.

МХ необходимы для обеспечения:

- Возможности установления точности измерений
- Достижения взаимозаменяемости СИ, сравнения СИ между собой и выбора нужных СИ по точности и другим характеристикам
- Определения погрешностей измерительных систем и установок на основе МХ входящих в них СИ

В технической документации на средства измерений следует приводить перечень метрологических характеристик и нормы на них, исходя из того, что метрологические характеристики должны позволять:

Прогнозировать характеристики погрешности результатов измерений - при приобретении средства измерений или при планировании измерений

Оценивать характеристики погрешности результатов измерений - при выполнении измерений в реальных условиях эксплуатации

Контролировать сохранность метрологических характеристик средств измерений при их испытаниях с приемлемыми затратами без потери достоверности контроля

Характеристики погрешностей
Характеристики чувствительности СИ к влияющим факторам
Динамические характеристики
Характеристики, предназначенные для нахождения результатов измерений
Группы метрологических характеристик (МХ) средства измерений
Характеристики свойств СИ, влияющих на погрешность вследствие взаимодействия средства измерений с др. объектами, включая объект, свойством которого является измеряемая физическая величина

Градуировочная характеристика может быть:

Простой

Например, показанием измерительного прибора считать отсчет по его шкале

Сложной

Например, переходной характеристикой, выраженной дифференциальным уравнением

Иногда градуировочную характеристику выражают с помощью поправок.

Поправкой называют величину, которую следует добавить к полученному по упрощенной зависимости $a_x = \varphi(y)$ числу, чтобы найти значение сигнала СИ.

Характеристики погрешности средств измерений

Метрологические характеристики

- *цена наименьшего деления шкалы;*
- *цена младшего разряда выходного кода АЦП или индикатора цифрового прибора;*
- *значение наименьшей ступени физической величины*

Вариация

Метрологические характеристики - отражают погрешности отсчитывания результата измерения или его округления при представлении результатов измерений или значений физических величин в цифровом коде.

Вариация (гистерезис) — разность между показаниями СИ в данной точке диапазона измерения при возрастании и убывании измерений величины и неизменных внешних условиях:

$$H = \left| X_в - X_у \right|$$

где $X_в$ и $X_у$ — значения измерений образцовыми СИ при возрастании и убывании величины X.

Гистерезис выходного сигнала средства измерений заключается в том, что выходной сигнал СИ зависит не только от размера измеряемой физической величины, но и от направления и скорости изменения физической величины непосредственно перед ее измерением. Вариация равна модулю разности математических ожиданий погрешности СИ при использовании его для измерения физической величины, которая непосредственно перед измерением медленно и плавно уменьшалась и медленно и плавно увеличивалась.

4. Динамические характеристики СИ

Динамические характеристики СИ – это характеристики динамических свойств СИ, отражающих зависимость выходного сигнала от изменяющегося во времени входного сигнала.

Переходная

Показывает, как изменяется выходной сигнал при изменении скачком входного

Импульсная

- Это отклик средства измерений на единичный импульс

Амплитудно - фазовая

– Это построенная в полярной системе координат зависимость амплитуды и сдвига фаз между выходным и входным сигналом от частоты

Совокупность амплитудно - частотной и фазо-частотной

АЧ характеристика – это зависимость амплитуды от частоты входного сигнала.

ФЧ характеристика – это зависимость угла сдвига фаз между выходным и входным сигналами от частоты

Общая классификация МХ средств измерений

Метрологические характеристики средств измерений

Характеристики, предназначенные для нахождения результатов измерений

1. Функция преобразования
2. Значения меры
3. Цена деления
4. Кодовые характеристики

Характеристики погрешностей

1.Систематическая составляющая
2. Случайная составляющая.
3. Вариация выходного сигнала СИ.
4. Погрешности СИ
5. Функции распределения погрешностей

Характеристики чувствительности СИ к влияющим факторам

1. Функция влияния.
2. Изменение МХ при изменении влияющих величин

Динамические характеристики

1. Полные:
- переходная
- импульсная переходная
- амплитудно-фазовая
- амплитудно-частотная
2. Частные:
- время реакции
- постоянная времени
-максимальная частота

условиями применения, чувствительностью, быстродействием, стабильностью, помехозащищенностью, надежностью и др.

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ (для преобразователей — это диапазон преобразования).

Чувствительность средств измерений – способность реагировать на изменения входного сигнала и оценивается отношением изменения выходного сигнала к вызвавшему его изменению входного сигнала.

$$S = \Delta y / \Delta x.$$

Чувствительность – величина обратная цене деления *C* шкалы прибора. Для аналоговых средств измерения чувствительность показывает, на сколько делений шкалы отклоняется стрелка прибора при измерении единицы физической величины

$$C = \frac{1}{S}$$

Порог чувствительности – минимальное изменение входного сигнала СИ, вызвавшее изменение выходного сигнала.

Быстродействие характеризуется интервалом времени, необходимым для производства единичного измерения.

Стабильность отражает постоянство во времени метрологических характеристик. Часто эта характеристика представляется обратной величиной – **нестабильностью** показателей во времени.

Помехозащищенность – способность прибора сохранять в процессе измерений свои характеристики при наличии внешних помех.

Надежность – свойство средства измерений функционировать при сохранении метрологических и других характеристик в заданных пределах и режимах работы. За показатели безотказности принимают среднюю наработку на отказ (среднее значение наработки средства измерений между отказами) и вероятность безотказной работы за заданный промежуток времени.

4.4 Метрологические характеристики измерительных преобразователей

Метрологические характеристики однозначных и многозначных мер

Для однозначных мер нормируются

- Номинальное значение величины, воспроизводимое мерой
- Предел допускаемой основной относительной погрешности воспроизведения значения величины
- Действие влияющих величин на значения воспроизводимой величины нормируется одним из способов: пределами допускаемых дополнительных погрешностей - по каждой влияющей величине раздельно; функциональной зависимостью значения воспроизводимой величины от влияющих величин - для введения поправок

Для многозначных мер нормируются

- Диапазон значений величины, воспроизводимых мерой
- Значение наименьшей ступени величины, воспроизводимой мерой
- Выходное сопротивление или импеданс - для мер, воспроизводящих электрические величины, или характеристика взаимодействия меры с устройством, для которого воспроизводится величина
- Пределы допускаемой основной относительной погрешности воспроизведения значений величины
- Пределы допускаемой дополнительной погрешности, нормируются по каждой величине раздельно
- Для мер, управляемых дистанционно указывается вид входного кода, диапазон его возможных значений, номинальная цена единицы младшего разряда входного кода, время реакции выходного сигнала на изменение входного кода на величину, равную 80% от диапазона значений этого кода

4.6 Метрологические характеристики цифровых измерительных приборов

Метрологические характеристики, нормируемые для цифровых приборов:

- Диапазон измерения
- Пределы допускаемой основной относительной погрешности
- Входное сопротивление (импеданс), нормируется только для электроизмерительных приборов
- Количество разрядов, представляемых на индикацию
- Цена единицы младшего разряда индикации результатов измерений
- Вид, число разрядов и цена единицы младшего разряда выходного кода, нормируется в случаях наличия связи с компьютером или печатающим устройством
- Пределы допускаемой дополнительной погрешности
- Максимальная частота измерений (представляется в *1/с*) или длительность цикла одного преобразования (представляется в *с*)
- Погрешность датирования отсчетов
- Максимальная скорость обмена информацией с внешними устройствами, нормируется в случаях, когда такая связь предусмотрена

4.6 Метрологические характеристики аналоговых измерительных приборов

Метрологические характеристики, нормируемые для аналоговых измерительных приборов:

- Диапазон изменения измеряемой величины
- Предел допускаемой основной приведенной погрешности (выражается в %)
- Собственное сопротивление или импеданс (нормируется только для электроизмерительных приборов)
- Предел допускаемой дополнительной погрешности (выражается в долях от предела допускаемой основной приведенной погрешности и нормируется для каждой влияющей величины раздельно)
- Основная погрешность аналоговых измерительных приборов (нормируется без разделения на мультипликативную и аддитивную составляющие)
- Класс точности

Спасибо

за внимание