

Точность и качество измерений:

понятия погрешности, точности,
достоверности, сходимости, правильности.

Классы точности приборов.

Точность измерений

Точность измерения – это степень приближения результатов измерения к некоторому действительному значению физической величины.

Чем *меньше точность*, тем *больше погрешность* измерения и, соответственно, чем *меньше погрешность*, тем *выше точность*.

Погрешностью измерения называют отклонение результата измерения от истинного или действительного значения измеряемой величины.

$$\Delta X_{\text{ИЗМ}} = X - X_{\text{Д}}$$

Погрешности могут быть:

- систематические,
- случайные,
- грубые.

Погрешности:

- ▶ **Абсолютная погрешность измерения** (Δ) представляет собой разность между измеренной величиной и истинным или действительным значением этой величины.

$$\Delta = X - X_u$$

- ▶ **Относительная погрешность измерения** (δ) представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины.

$$(\delta) = \pm \Delta / X_u \quad (\delta) = (\pm \Delta / X_u) * 100$$

- ▶ *Приведенная погрешность измерения* представляет собой отношение абсолютной погрешности к нормированному значению величины

$$\gamma = (\pm \Delta/X_N) * 100$$

В отличие от относительной и приведенной абсолютная погрешность всегда имеет ту же размерность, что и измеряемая величина.

При многократных измерениях истинного значения, как правило, используют среднее арифметическое значение

$$X_{cp} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

***Случайная ($\Delta_{сл}$) и
систематическая ($\Delta_{с}$)***

*составляющие погрешности измерения
проявляются, как правило, одновременно.*

Общая погрешность при их независимости
определяется их суммой или через
среднеквадратическое отклонение

$$\Delta = \Delta_{сл} + \Delta_{с}$$

Профилактика — наиболее рациональный способ снижения погрешности и заключается в устранении влияния, например, температуры, магнитных полей, вибраций и т. п.

Сюда же относятся регулировка, ремонт и поверка средств измерений.



Точность измерения может выразаться следующим:

- интервалом, в котором с установленной вероятностью находится суммарная погрешность измерения;
- интервалом, в котором с установленной вероятностью находится систематическая составляющая погрешности измерений



Качество измерений

Под качеством измерений понимают совокупность свойств, обуславливающих получение результатов с требуемыми точностными характеристиками, в необходимом виде и установленные сроки.

Качество измерений характеризуется такими **показателями:**

- ▶ **точность,**
- ▶ **правильность,**
- ▶ **достоверность.**

Точность измерений — это близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины.

Правильность измерения определяется приближением значения систематической погрешности к нулю.



Достоверность измерения зависит от степени доверия к результату и характеризуется вероятностью того, что истинное значение измеряемой величины лежит в указанных границах действительного значения.



На погрешность результатов измерений оказывают влияние факторы:

- число наблюдений;
- степень исправленности наблюдений, т. е. наличие неисключенной составляющей погрешности наблюдений, которая образуется из таких составляющих, как метод и средство измерения, неточность изготовления меры и т. д.;
- вид и форма закона распределения погрешностей.

Оценка качества результатов измерения при недостаточности данных должна быть ориентирована на самый худший случай.

Тогда реальное значение будет всегда лучше и получение необходимого результата гарантируется.



Наряду с такими показателями, как *точность, достоверность и правильность,* качество измерительных операций характеризуется также ***СХОДИМОСТЬЮ*** и ***ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬЮ РЕЗУЛЬТАТОВ.***



Сходимость — это близость результатов двух испытаний, полученных одним методом, на идентичных установках и в одной лаборатории.

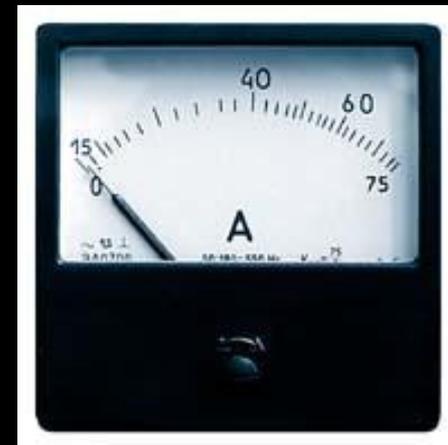
Воспроизводимость отличается от сходимости тем, что оба результата должны быть получены в разных лабораториях.



Чувствительность — отношение изменения сигнала Δy на выходе средства измерения к вызвавшему его изменению Δx сигнала на входе:

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

Порог чувствительности — наименьшее значение измеряемой величины, способное вызвать заметное изменение показаний прибора.



Основная нормируемая метрологическая характеристика средств измерений — это *погрешность*.

Основная погрешность — это погрешность при нормальных условиях эксплуатации:

- ▶ температура 20 ± 5 °С,
- ▶ относительная влажность воздуха 65 % при температуре 20 °С,
- ▶ напряжение в сети питания 220 В с частотой 50 Гц,
- ▶ атмосферное давление от 97,4 до 104 кПа,
- ▶ отсутствие электрических и магнитных полей (наводок).



В качестве *предела* допускаемой погрешности выступает **наибольшая погрешность**, при которой средство измерения по техническим требованиям может быть допущено к применению.



Классы точности средств измерений



При технических измерениях, когда не учитываются различные влияющие дестабилизирующие факторы, как правило, используется более грубое нормирование — присвоение средству измерения определенного **класса точности.**



Класс точности — это обобщенная метрологическая характеристика, определяющая различные свойства средства измерения.

Классы точности присваивают средствам измерений при их разработке по результатам государственных приемочных испытаний.



*Классы точности средств измерений, выраженные через **абсолютные погрешности**, обозначают прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами.*

Наиболее широкое распространение получило нормирование класса точности по ***приведенной погрешности***.



Класс точности средства измерений – это его характеристика, отражающая точностные возможности средств измерений данного типа.

Допускается буквенное или числовое обозначение классов точности. Средствам измерений, предназначенным для измерения двух и более физических величин, допускается присваивать различные классы точности для каждой измеряемой величины. Средствам измерений с двумя или более переключаемыми диапазонами измерений также допускается присваивать два или более класса точности.

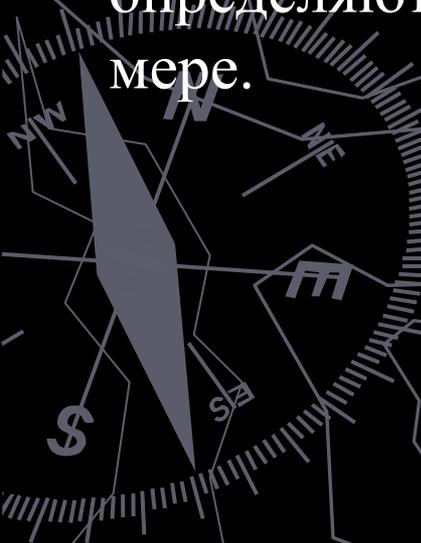
Если нормируется предел допускаемой абсолютной основной погрешности, или в различных поддиапазонах измерений установлены разные значения пределов допускаемой относительной основной погрешности, то, как правило, применяется буквенное обозначение классов.

Существует несколько способов задания классов точности приборов.

Первый способ используется для мер. При этом способе указывается порядковый номер класса точности меры.

Например, нормальный элемент 1 класса точности, набор гирь 2 класса точности.

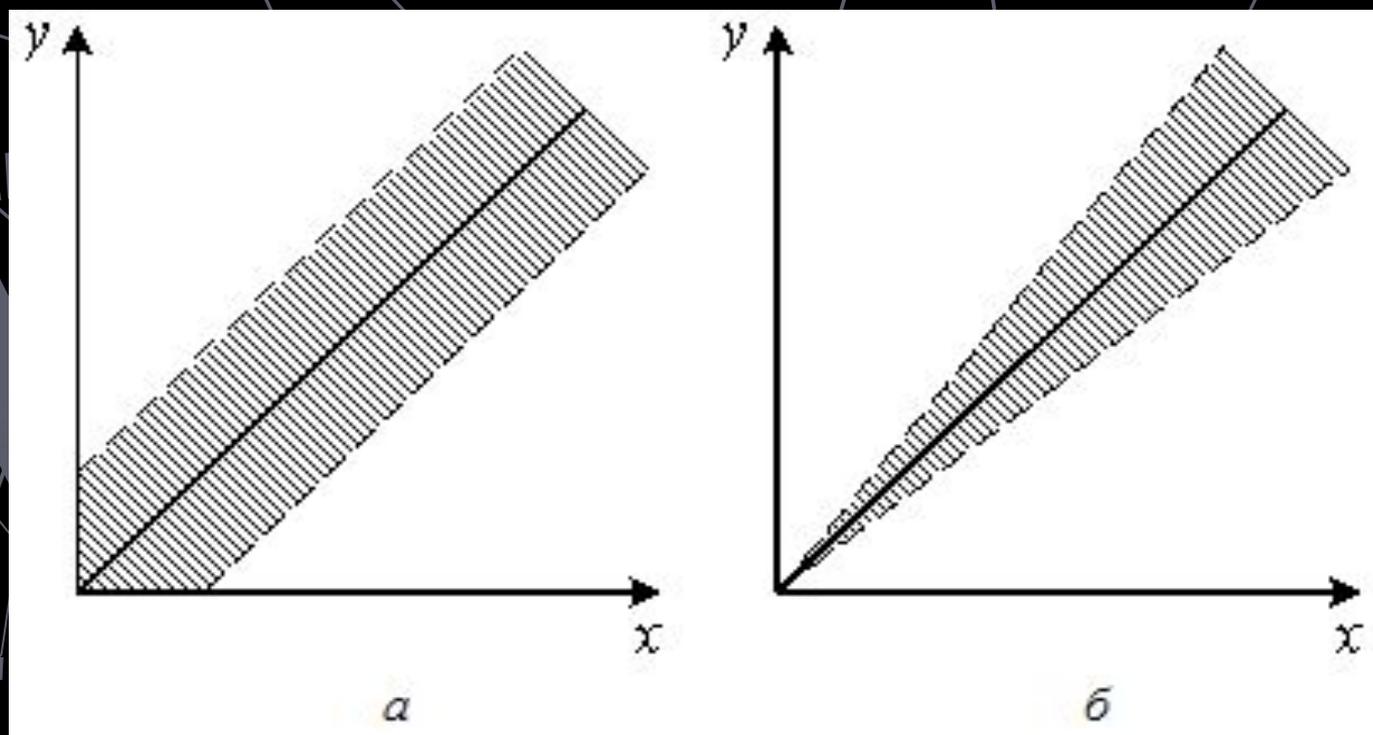
Порядок вычисления погрешностей в этом случае определяют по технической документации, прилагаемой к мере.



Второй способ предусматривает задание класса точности для приборов с преобладающими **аддитивными** погрешностями (это большинство аналоговых приборов). В этом случае класс точности задается в виде числа K (без кружочка), например 1,5; 2,0; 4,0. При этом нормируется основная приведенная погрешность γX прибора, выраженная в процентах, которая во всех точках шкалы не должна превышать по модулю числа K , то есть $|\gamma X| < K, \%$.

Число K выбирается из ряда значений (1,0; 1,5; 2; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0)* 10^n , где $n = 1, 0, -1, -2$.

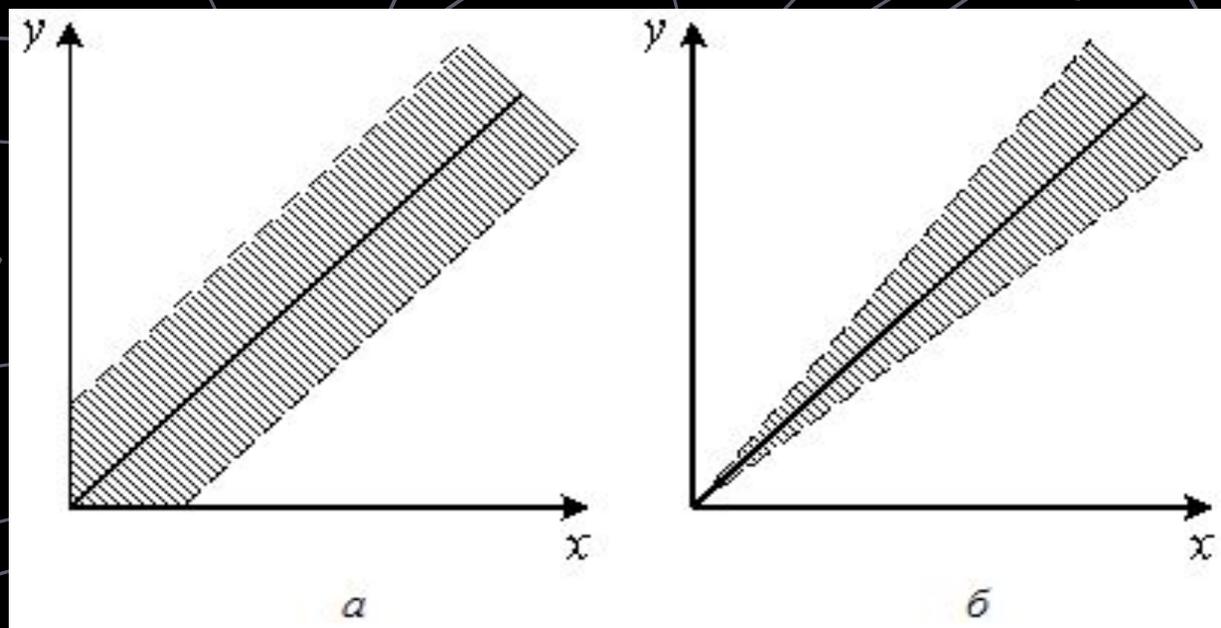
Аддитивной погрешностью (получаемой путем сложения), или *погрешностью нуля*, называют погрешность, которая остается постоянной при всех значениях измеряемой величины. Показана на рисунке а



Третий способ предусматривает задание класса точности для приборов с преобладающими мультипликативными погрешностями. В этом случае нормируется основная относительная погрешность, выраженная в процентах, так, что $|\delta X| < K, \%$. Класс точности задается в виде числа K в кружочке, например

Число K выбирается из приведенного выше ряда.

Мультипликативная погрешность (получаемая путем умножения), или *погрешность чувствительности СИ*, линейно возрастает или убывает с изменением измеряемой величины. В большинстве случаев аддитивная и мультипликативная составляющие присутствуют одновременно. Рисунок б.



Четвертый способ предусматривает задание класса точности для приборов с соизмеримыми аддитивными и мультипликативными погрешностями.

Аддитивные погрешности не зависят от измеряемой величины X , а *мультипликативные* прямо пропорциональны значению X .

Источники аддитивной погрешности - трение в опорах, неточность отсчета, шум, наводки и вибрации. От этой погрешности зависит наименьшее значение величины, которое может быть измерено прибором..

Причина мультипликативных погрешностей: влияние внешних факторов и старение элементов и узлов приборов.

В этом случае класс точности задается двумя числами a/b , разделенными косой чертой, причем $a > b$. При этом нормируется основная относительная погрешность, выраженная по формуле:

$$\delta_X < [a + b (X_k / X - 1)], \%$$

где X_k - максимальное конечное значение пределов измерения.

Число a отвечает за мультипликативную составляющую погрешности, а число b за аддитивную. Значения a и b выбираются из вышеприведенного ряда.

К приборам, класс точности которых выражается дробью, относятся цифровые приборы, а также мосты и компенсаторы

Обозначение классов точности

Форма выражения погрешности	Формула допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Обозначение классов точности	
			в документации	на средстве измерения
Приведенная	$\gamma = 100 \frac{\Delta X}{X_N}$	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
		$\gamma = 0,5$	Класс точности 0,5	0,5
Относительная	$\delta = 100 \frac{\Delta X}{X_{ном}}$	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5
	$\delta = \pm \left[c + d \left \frac{X}{X_{ном}} - 1 \right \right]$	$\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left \frac{X}{X_{ном}} - 1 \right \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01
Абсолютная	$\Delta X = \pm (a \text{ или } aX + bx)$		Класс точности М	М