

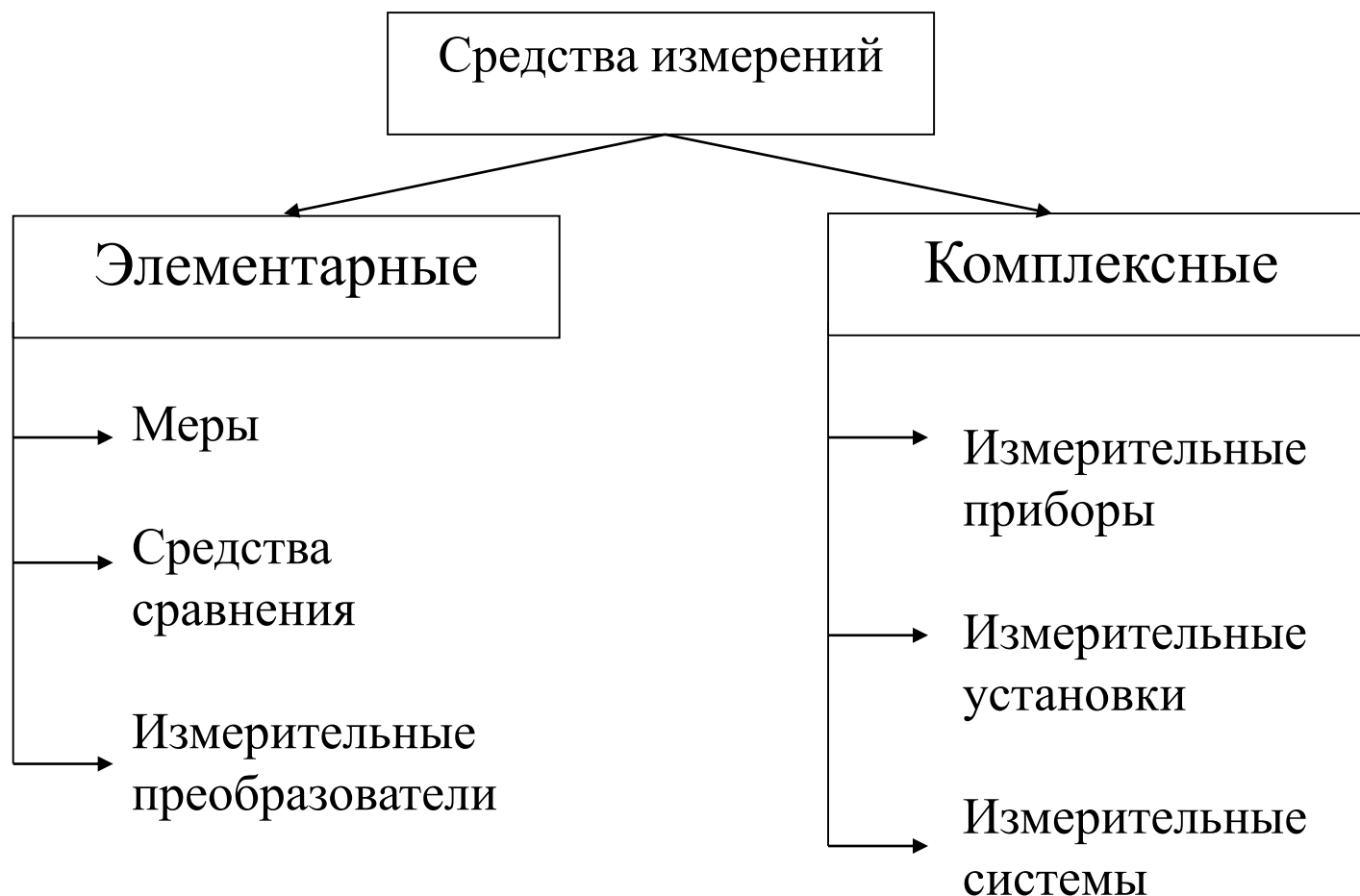


# СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

1. Классификация средств измерений.
2. Метрологические характеристики СИ.
3. Классы точности.

# Средства измерений

## 1 Классификация



# Средства измерений

## 1 Классификация

*Мера* – устройство, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью (однозначная – гиря, многозначная – штриховая мера длины – линейка, набор мер – набор гирь).

*Средство сравнения* – техническое средство или специально создаваемая среда, посредством которых возможно выполнять сравнения друг с другом мер однородных величин или показания измерительных приборов (рычажные весы, на одну чашку которых устанавливается эталонная гиря, а на другую поверяемая, - есть средство для их сравнения).

*Измерительный преобразователь* – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи (термопара в термоэлектрическом термометре, измерительный трансформатор тока).

# Средства измерений

## 1 Классификация

*Измерительный прибор* – СИ, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне (электронные весы, стрелочный вольтметр).

*Измерительная установка* – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте (установка для поверки вольтметров, силоизмерительная машина).

*Измерительная система* – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях (измерительная система теплоэлектростанции, позволяющая получать измерительную информацию о ряде физических величин в разных энергоблоках, она может содержать сотни измерительных каналов).

# Средства измерений

## 2 Метрологические характеристики

**Метрологическая характеристика средства измерения** — это характеристика одного из свойств средства измерения, влияющая на результат измерения и на его погрешность.

Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называют *нормируемыми* метрологическими характеристиками, а определяемые экспериментально — *действительными* метрологическими характеристиками.

Перечень метрологических характеристик, правила выбора комплекса нормируемых метрологических характеристик для средств измерений и способы их нормирования изложены в ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

# Средства измерений

## 2 Метрологические характеристики

### метрологические показатели

- *Длина деления шкалы* — это расстояние между серединами двух соседних отметок (штрихов, точек и т. п.) шкалы.
- *Цена деления шкалы* — это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (у микрометра она равна 0,01 мм).
- *Градуировочная характеристика* — зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений.
- *Диапазон показаний* — область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы, то есть наибольшим и наименьшим значениями измеряемой величины.

# Средства измерений

## 2 Метрологические характеристики

- *Диапазон измерений* — область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерения.
- *Чувствительность* прибора — отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к изменению измеряемой величины (сигнала) на входе. Так, если изменение измеряемой величины составило  $\Delta d = 0,01$  мм, что вызвало перемещение стрелки показывающего устройства на  $\Delta l = 10$  мм, то *абсолютная чувствительность* прибора составляет  $S = \Delta l / \Delta d = 10 / 0,01 = 1000$ . Для шкальных измерительных приборов абсолютная чувствительность численно равна передаточному отношению.

# Средства измерений

## 2 Метрологические характеристики

- *Вариация* (нестабильность) показаний прибора — алгебраическая разность между наибольшим и наименьшим результатами измерений при многократном измерении одной и той же величины в неизменных условиях.
- *Стабильность* средства измерений — свойство, выражающее неизменность во времени его метрологических характеристик (показаний).



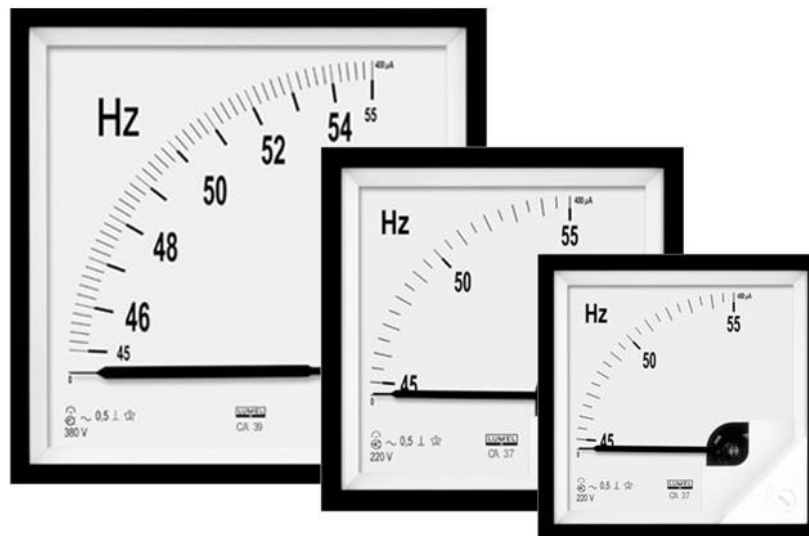
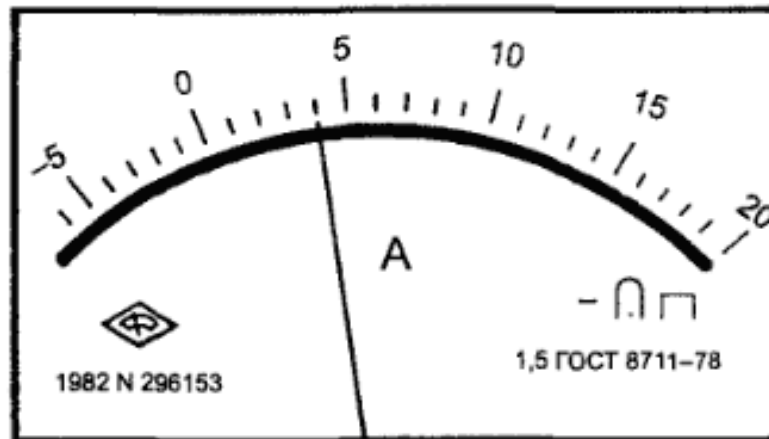
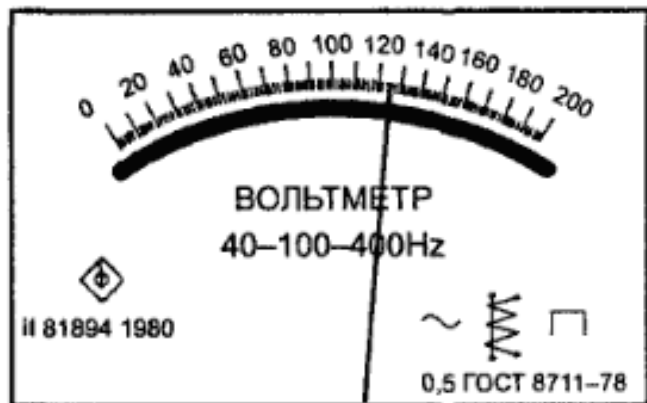
# Средства измерений

## 3 Классы точности

- *Класс точности* — обобщенная характеристика точности СИ. В соответствии с ГОСТ 8.401—80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования», классы точности устанавливаются для СИ, у которых погрешность нормируется в виде пределов допускаемой основной и дополнительных погрешностей.
- Классы точности присваиваются СИ при их разработке по результатам метрологической аттестации и подтверждаются (или не подтверждаются) при периодических поверках СИ в процессе эксплуатации.

# Средства измерений

## 3 Классы точности



# Средства измерений

## 3 Классы точности

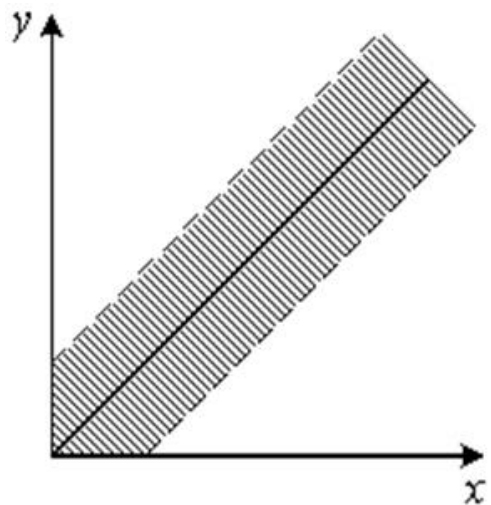
Способ выражения предела допускаемой основной погрешности определяется **назначением СИ** и **характером изменения погрешности** в пределах диапазона измерения.

1. СИ, для которых *преобладает аддитивная составляющая погрешности;*
2. СИ, для которых *преобладает мультипликативная составляющая погрешности;*
3. СИ, для которых *необходимо учитывать обе (аддитивную и мультипликативную) составляющие погрешности.*

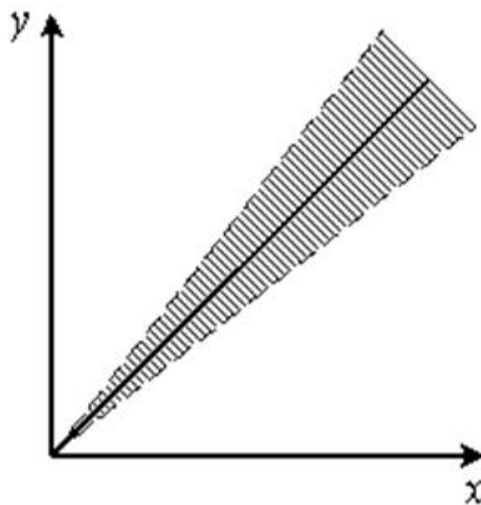
# Средства измерений

## 3 Классы точности

- Аддитивной погрешностью называется погрешность, постоянная в каждой точке шкалы.
- Мультипликативной называется погрешность, линейно возрастающая или убывающая с ростом измеряемой величины.



а



б

Полоса погрешностей

# Средства измерений

## 3 Классы точности

1 В группе СИ, для которых преобладает аддитивная составляющая погрешности, предел допускаемой *абсолютной погрешности*:

$$\Delta X = \pm a, \text{ где } a = \text{const.}$$

В ряде случаев оказывается удобно нормировать предел допускаемой абсолютной основной погрешности.

Класс точности в этом случае принято обозначать путем указания числа *a* (как, например, для микрометра  $\pm a = 0,01$  мм) либо в виде условных обозначений, в качестве которых используют римские цифры или прописные буквы латинского алфавита.

# Средства измерений

## 3 Классы точности

Если СИ имеют разные диапазоны измерений, то *более удобно нормировать предел допускаемой основной приведенной погрешности  $\gamma$  и выражать его в процентах:*

$$\gamma = \frac{\Delta X}{N} 100 [\%]$$

где  $N$  — нормирующее значение.

# Средства измерений

## 3 Классы точности

Нормирующее значение выбирается в зависимости от особенностей конкретного СИ. В соответствии с ГОСТ 8.401—80 нормирующее значение принимают равным:

- конечному значению шкалы прибора  $X_K$  для СИ с равномерной шкалой, если нулевая отметка находится на краю или вне шкалы (например, для амперметра со шкалой 0...10 А,  $N=X_K = 10 \text{ А}$ );
- сумме конечных значений шкалы прибора (без учета знаков), если нулевая отметка находится внутри шкалы (например, для миллиамперметра со шкалой 50...0...100 мА,  $N=X_{K1} + X_{K215} = 50 + 100 = 150 \text{ мА}$ );

# Средства измерений

## 3 Классы точности

- номинальному значению измеряемой величины, если таковое установлено (например, для частотомера, предназначенного для контроля частоты питающей сети со шкалой 45...50...55 Гц,  $N = X_{\text{НОМ}} = 50$  Гц);
- длине шкалы (выраженной в мм), если шкала имеет резко сужающиеся деления (логарифмические, гиперболические шкалы, как, например, шкала омметра).
- Для приборов со шкалой, градуированной в единицах ФВ, для которой принята шкала с условным нулем (например, для приборов, измеряющих температуру в градусах Цельсия), нормирующее значение принимается равным разности конечного и начального значений шкалы (т. е. диапазону измерений  $N = X_K - X_H$ ).



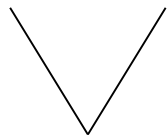
# Средства измерений

## 3 Классы точности

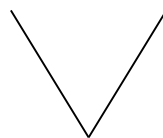
Если для СИ нормируется предел допускаемой основной приведенной погрешности, то условное обозначение класса точности представляет собой само число  $\gamma$ , выраженное в процентах (например, 0,5 или 2,0).

Для СИ с резко нелинейной шкалой (когда нормирующее значение  $N$  равно длине шкалы) условное обозначение класса точности имеет вид

2,0



4,0



# Средства измерений

## 3 Классы точности

2. В группе СИ, для которых преобладает *мультипликативная составляющая* погрешности, предел допускаемой *абсолютной погрешности* можно записать в следующем виде:

$$\Delta X = \pm bX,$$

где  $b$  — положительное число, не зависящее от  $X$ .

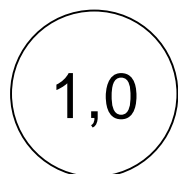
Переходя к *относительным погрешностям*:

$$\delta_x = \delta_0 = \frac{\Delta X}{X} = \pm b = \text{const.}$$

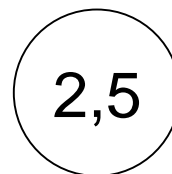
# Средства измерений

## 3 Классы точности

Условное обозначение класса точности на шкале или на корпусе прибора имеет вид, например



1,0



2,5

# Средства измерений

## 3 Классы точности

3 В группе СИ, для которых необходимо учитывать как *аддитивную*, так и *мультипликативную* составляющие погрешности, предел *допускаемой абсолютной погрешности* можно выразить в виде суммы двух членов:

$$\Delta X = \pm(a + b X),$$

Где  $X$  — значение измеряемой величины;

$a$  и  $b$  — положительные числа, не зависящие от  $X$ .

Предел допускаемой основной погрешности для приборов этой группы нормируется по величине приведенной погрешности.

Нормирующей величиной является конечное значение шкалы  $X_K$ , но *приведенная погрешность определяется в двух точках шкалы: при  $X=0$  (начальная отметка шкалы) и при  $X=X_K$  (конечная отметка шкалы).*

# Средства измерений

## 3 Классы точности

Приведенная погрешность для любой точки шкалы (в процентах)

$$\pm \gamma_x = \frac{a + bX}{X_k} 100 \qquad \gamma_{(X=0)} = \frac{a}{X_k} 100 = \gamma_H [\%]$$

$$\gamma_{(X=X_k)} = \left( \frac{a}{X_k} + b \right) 100 = \gamma_K [\%]$$

где  $\gamma_H$  — приведенная погрешность в начале шкалы;  
 $\gamma_K$  — приведенная погрешность в конце шкалы.

# Средства измерений

## 3 Классы точности

*Условное обозначение класса точности на шкале или на корпусе прибора имеет вид дроби*

$$\frac{\gamma_k}{\gamma_n}$$

$$\frac{0,5}{0,2}$$

# Средства измерений

## 3 Классы точности

Для средств измерения этой группы *предел допускаемой основной абсолютной* и *предел допускаемой основной относительной* погрешностей можно записать

$$\pm \Delta X = a + bX = \frac{\gamma_H X_K}{100} + \frac{(\gamma_K - \gamma_H)}{100} X \text{ [в ед. ФВ]}$$

$$\pm \delta_x = \frac{\Delta X}{X} = \gamma_K + \gamma_H \left( \frac{X_K}{X} - 1 \right) [\%]$$

Общие требования

Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности		Примеры	
	формула	график	регламентации пределов допускаемой основной погрешности, %	обозначения класса точности на средстве измерений
Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности  (Δ)	$\pm a$		—	М
	$\pm (a + bx)$		—	С



Общие требования

Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности		Примеры	
	формула	график	регламентации пределов допускаемой основной погрешности, %	обозначения класса точности на средстве измерений
Пределы допускаемой относительной погрешности	$\pm q$		$\pm 0,5$	$\textcircled{0,5}$
	$\pm \left[ c + d \left( \left  \frac{X_K}{x} \right  - 1 \right) \right]$		$\pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \left  \frac{X_K}{x} \right  - 1 \right) \right]$	<b>0,02/0,01</b>

Общие требования

Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности		Примеры	
	формула	график	регламентации пределов допускаемой основной погрешности, %	обозначения класса точности на средстве измерений
Пределы допускаемой приведенной основной погрешности  $(\gamma = \frac{\Delta}{X_N})$	$\pm p$	—	$\pm 0,5$	0,5 ∇
			$\pm 1,5$	<b>1,5</b>