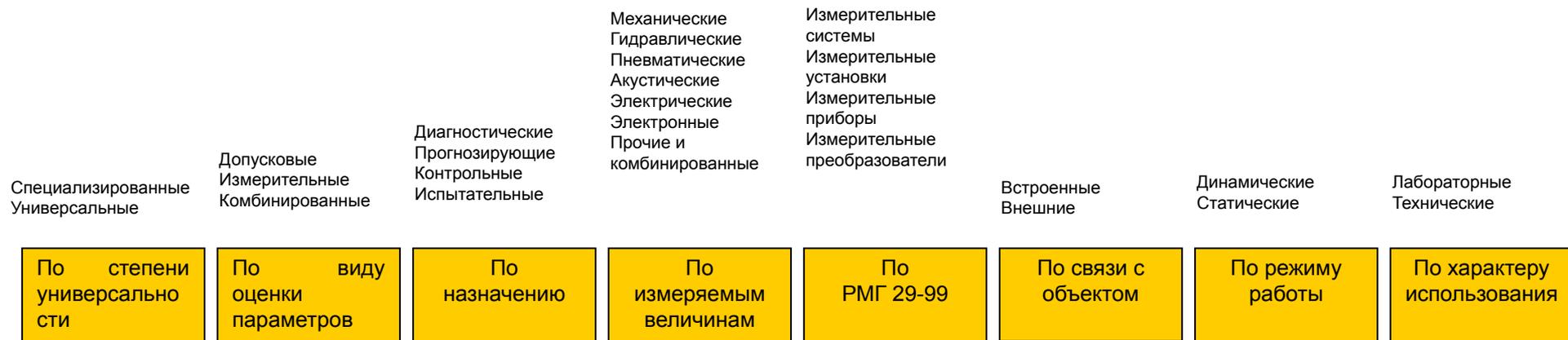


СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

План :

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

МИ 2314-00 Кодификатор групп средств измерений

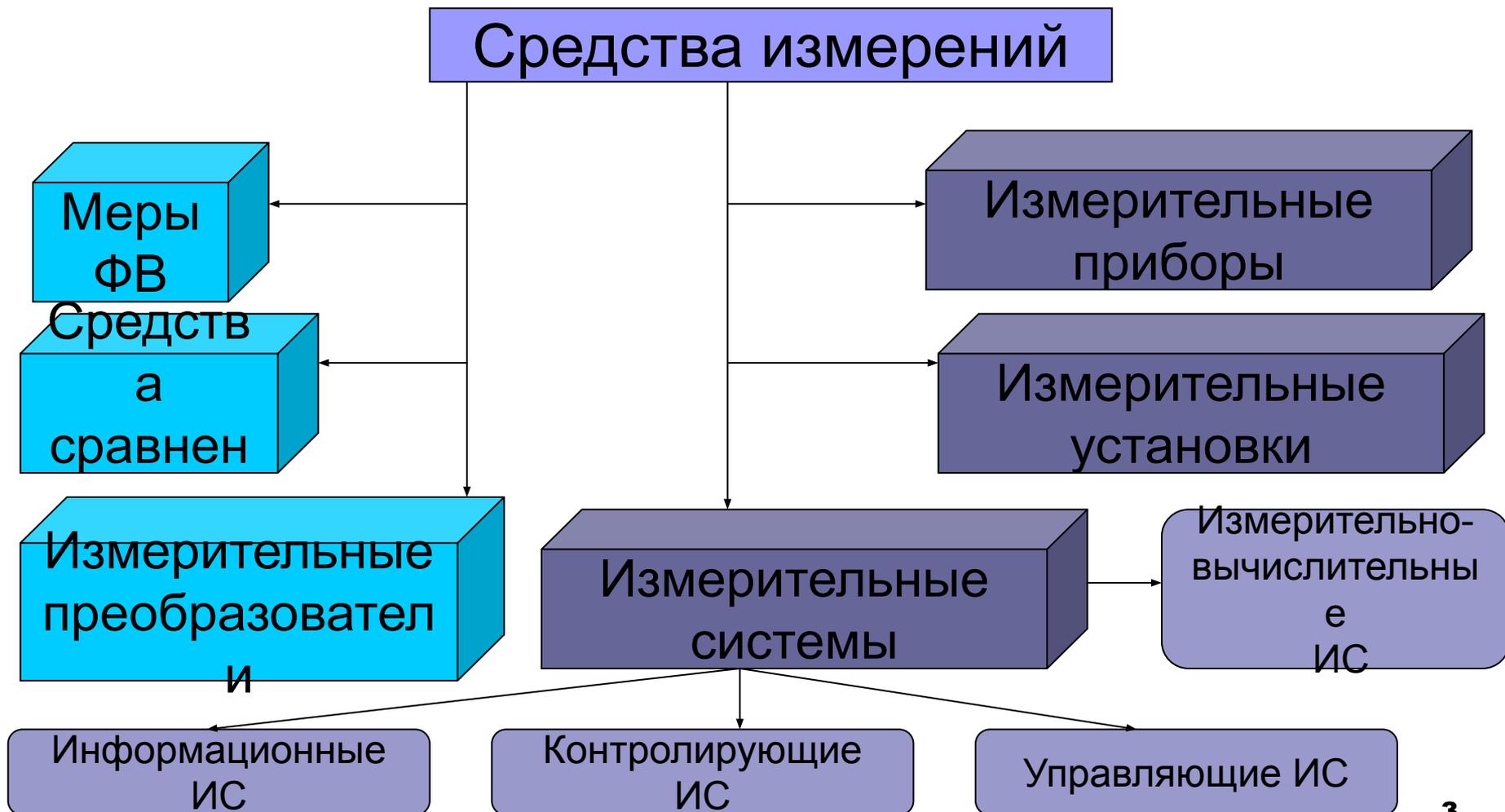


Виды средств измерений



Средства измерений

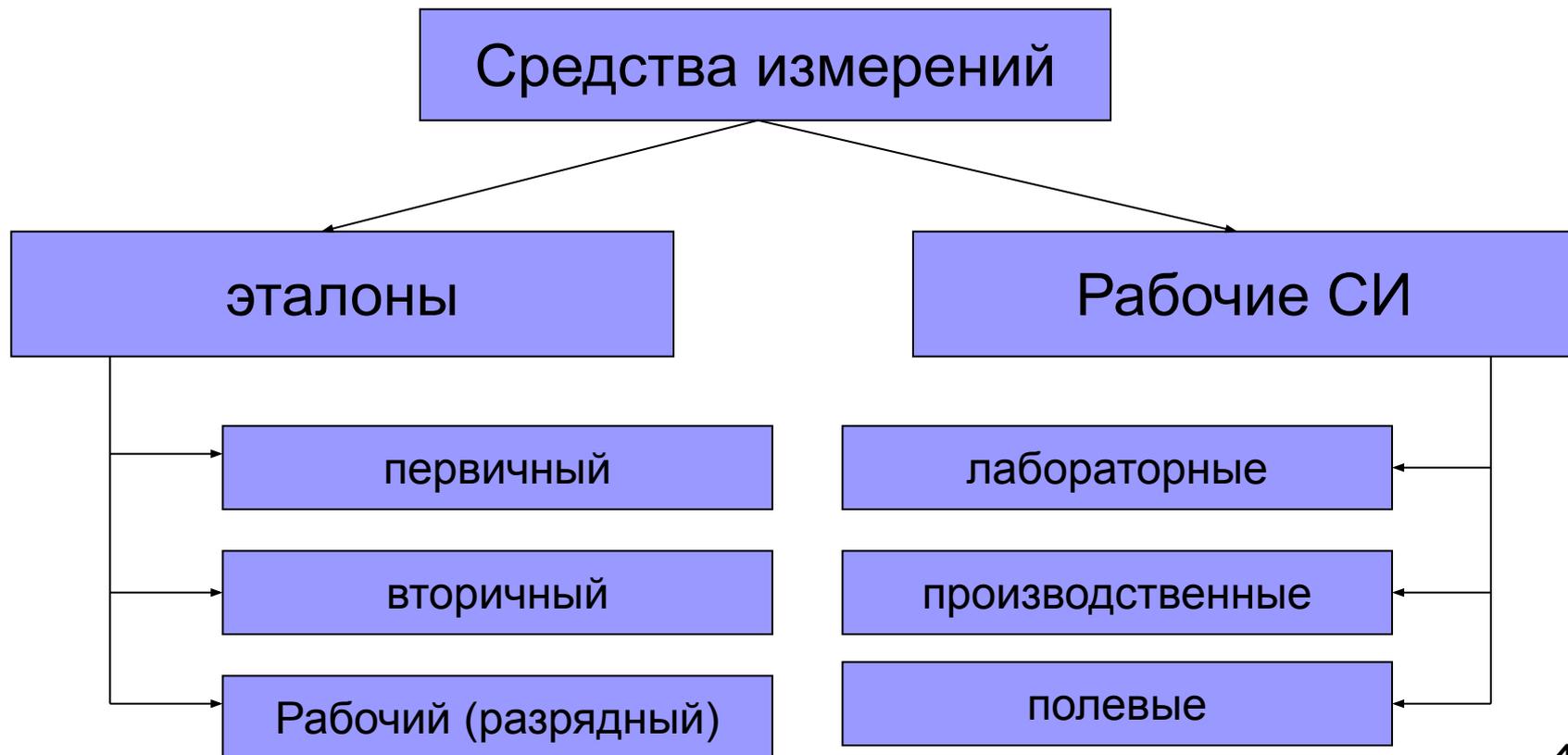
1 Классификация



Средства измерений

1 Классификация

По метрологическому назначению



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.

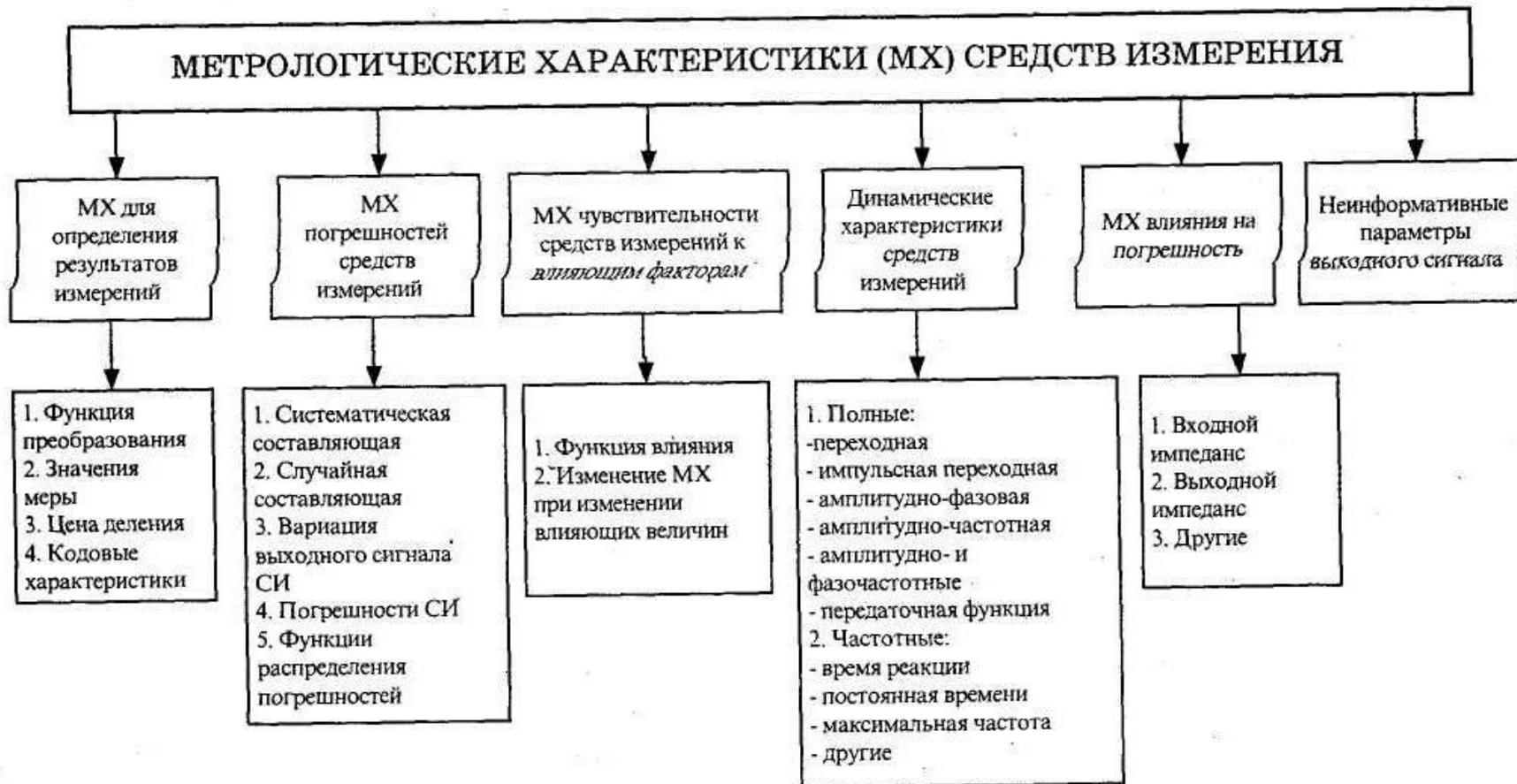
Средства измерений

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

2 Метрологические характеристики



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

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

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. При этом классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, должны соответствовать меньшие цифры или буквы, находящиеся ближе к началу алфавита.

Средства измерений

3 Классы точности

Если СИ имеют разные диапазоны измерений или являются многопредельными, то *более удобно нормировать предел допускаемой основной приведенной погрешности γ и выразить 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, практически равномерной и степенной 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, $N=X_{K1} + X_{K214} = 50 + 100 = 150 \text{ мА}$);

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, $N = X_{\text{НОМ}} = 50 \text{ Гц}$);
- 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 $N = X_{\text{К}} - X_{\text{Н}}$).

Средства измерений

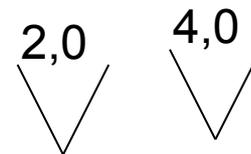
3 Классы точности

Конкретное значение приведенной погрешности для присвоения СИ класса точности следует выбирать из ряда предпочтительных чисел, регламентированного ГОСТ 13600—68 (выбирается ближайшее число со стороны больших значений).

Класс точности указывается в технической документации на СИ и в виде условного обозначения наносится на шкалу или корпус измерительного прибора.

Если для СИ нормируется предел допускаемой основной приведенной погрешности, то условное обозначение класса точности представляет собой само число γ , 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



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*:

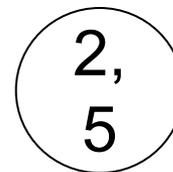
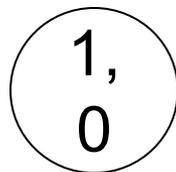
$$\delta_x = \delta_0 = \frac{\Delta X}{X} = \pm b = \text{const.}$$

Средства измерений

3 Классы точности

Для СИ этой группы числовое значение b , выраженное в процентах, выбирается из того же ряда предпочтительных чисел и указывается в технической документации в качестве класса точности.

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



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 γ_H — приведенная погрешность в начале шкалы;

γ_K — приведенная погрешность в конце шкалы.

Средства измерений

3 Классы точности

Числовые значения $\gamma_{\text{н}}$ и $\gamma_{\text{к}}$, выраженные в процентах, выбираются из ряда чисел, регламентированных ГОСТом, и приводятся в технической документации в качестве класса точности СИ, имеющего аддитивную и мультипликативную составляющие погрешности.

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

$$\frac{\gamma_{\text{к}}}{\gamma_{\text{н}}}$$

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

Средства измерений

3 Классы точности

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

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

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

Средства измерений

4 Выбор средства измерений

1. Выбор СИ по коэффициенту уточнения.

Это самый простой способ, предусматривающий сравнение точности измерения и точности изготовления объекта контроля. Здесь предусматривается введение коэффициента уточнения K_T (коэффициента закона точности) при известном допуске T и предельном значении $[\Delta_{изм}]$ погрешности измерения

$$K'_T = T / 2[\Delta_{изм}]$$

В соответствии с ГОСТ 8.051-81 значения пределов допускаемой погрешностей $[\Delta_{изм}]$ для линейных размеров задаются в зависимости от допусков и качества (по таблицам) как

$$[\Delta_{изм}] = (0,20-0,35)T = \rho T$$

Средства измерений

4 Выбор средства измерений

Для линейных размеров указанное соотношение между $[\Delta_{\text{изм}}]$ и T от 20 до 35% соответствует $K_T=2,5-1,4$. При выборе СИ по величине K_T необходимо иметь соответствующие справочные данные о погрешностях конкретных СИ. Если измеряемый размер попадает в стандартизированный ГОСТ 8.051-81 интервал 0...500 мм, то используют среднее значение $K_{T,CP}=(2,5+1,4)/2$, а предел основной допускаемой погрешности СИ находят как

$$\Delta_g = \frac{T/2}{1.3K_{T,CP}} \geq \Delta_{cu}$$

Затем по таблицам выбирают ближайшее СИ с такой погрешностью.

Средства измерений

4 Выбор средства измерений

2. **Выбор СИ по принципу безошибочности контроля** предполагает предварительную оценку вероятности ошибок первого и второго рода.
 - Оценивают (или обосновано задают) законы распределения контролируемого параметра и погрешности измерения.
 - Задают соответствующие вероятности ошибок первого и второго рода.
 - По таблицам (справочные данные) находят соответствующее значение коэффициента уточнения K_T .
 - При известном допуске на параметр выбирают СИ по таблицам.

Средства измерений

4 Выбор средства измерений

- 3. Выбор СИ с учетом безошибочности контроля и его стоимости** осуществляется как метод оптимизации по критериям точности (классу точности γ или абсолютной предельной погрешности $\Delta_{\text{СИ}}$) СИ, его стоимости $C_{\text{СИ}}$ и достоверности измерения.
- 4. Выбор СИ по технико-экономическим показателям** является предпочтительным при эксплуатационном контроле ТС, поскольку позволяет принять во внимание как метрологические характеристики СИ, так и технико-экономические показатели эксплуатации самой ТС с учетом её ресурса, межконтрольной наработки, издержки на ТО и ремонт. В основу метода положен критерий оптимизации точности измерения, устанавливающий связь между точностью и удельными издержками на контрольно-диагностические операции с учетом дополнительных ТО и ремонтов ТС из-за погрешностей в оценке параметров её технического состояния.