

Тема 1.4. Метрологические характеристики средств измерений

*Практическая работа № 2:
«Определение погрешностей
измерений по классу точности
прибора»*

Практическое занятие:
Определение погрешностей
измерений по классу точности
прибора

Цель: научиться определять погрешности измерений по классу точности прибора.

Краткие теоретические сведения

Согласно ГОСТ 8.401-80, класс точности – это обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемой основной и дополнительной погрешности, а так же рядом других свойств, влияющих на точность осуществляемых с их помощью измерений.

Классы точности присваивают СИ при их разработке по результатам государственных приемочных испытаний. Если СИ предназначены для измерения одной и той же физической величины, но в разных диапазонах или для измерения разных физических величин, то этим СИ могут присваиваться разные классы точности как по диапазонам, так и по измеряемым физическим величинам.

Существует несколько способов задания классов точности приборов.

1-ый 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.

2-ой способ предусматривает задание класса точности для приборов с преобладающими аддитивными погрешностями (это большинство аналоговых приборов).

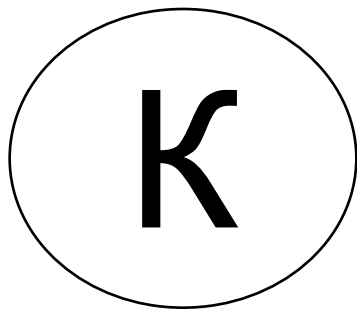
В этом случае класс точности задается в виде числа K (без кружочка). При этом нормируется основная приведенная погрешность прибора, выраженная в процентах, которая во всех точках шкалы не должна превышать по модулю числа K . Число K выбирается из ряда значений $(1,0; 1,5; 2; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0) \cdot 10^n$,

где $n = 1, 0, -1, -2$.

Для пределов допускаемой
приведенной погрешности в виде
ряда чисел

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_{\text{н.г}}} 100\%$$

- 3-ий способ предусматривает задание класса точности для приборов с преобладающими мультипликативными погрешностями. В этом случае нормируется основная относительная погрешность, выраженная в процентах. Класс точности задается в виде числа K в кружочке:



- Число K выбирается из приведенного выше ряда.

Краткие теоретические сведения

Если погрешность СИ имеет в основном мультипликативную составляющую, то пределы допускаемой основной относительной погрешности устанавливают по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} 100\%$$

Краткие теоретические сведения

4-ый способ предусматривает задание класса точности для приборов с соизмеримыми аддитивными и мультипликативными погрешностями.

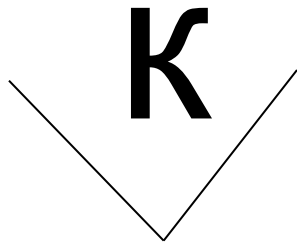
Аддитивные погрешности не зависят от измеряемой величины X , а мультипликативные — прямо пропорциональны значению X .
Источники аддитивной погрешности — трение в опорах, неточность отсчета, шум, наводки

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. Если СИ имеют как мультипликативную, так и аддитивную составляющие, то класс точности обозначается двумя цифрами, соответствующими значениями c и d формулы:

$$\delta = \pm [c + d(\frac{Xk}{X} - 1)]$$

5-ый способ задания класса точности используется для приборов с *резко неравномерной шкалой*. Класс точности задается числом K , подчеркнутым галочкой:



В этом случае нормируется основная приведенная погрешность в процентах от длины шкалы.

Пример решения задач

Рассмотрим методику решения задачи на примере. Известен класс точности прибора, пределы измерения равномерной шкалы, количество делений шкалы и измеренное значение.

Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

Класс точности	Диапазон измерений	Количество делений	Измеренное значение X_d	Единица измерения
0,3 2,0 6/1,0	-25...25	25	16	°C

1. Определение структурных элементов и параметров шкалы прибора

- Таблица 2 - Структурные элементы и параметры шкалы прибора

МХСИ	Значение
Пределы измерений	
Начальное (конечное) значение шкалы	
Цена деления шкалы	
Чувствительность	
Нормирующее значение	
Количество делений	25

2. Определение погрешности измерения при различном нормировании класса точности прибора

2.1 Для прибора класса точности

0,3

Относительная погрешность измерения $\delta = \pm 0,3 \%$.

Определяем абсолютную погрешность измерения по формуле

$$\Delta = \pm \frac{\delta X_d}{100}$$
$$\Delta = \pm \frac{0,3 * 16}{100} =$$

$\pm 0,048 \text{ } ^\circ\text{C}$ (округляем Δ до значения $\pm 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Определяем приведенную погрешность по формуле

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} 100$$

-

$$\gamma = \pm \frac{0,05}{50} * 100 =$$

$\pm 0,1\%$ (округляем γ до значения $\pm 0,1 \%$).

Запишем результат измерений:

$$X = X_{\partial} \pm \Delta$$

В нашем случае

$$X = (16,00 \pm 0,05)^{\circ}\text{C}$$

2.2 Для прибора класса точности 2,0.

Приведенная погрешность измерения $\gamma = \pm 2,0\%$

Определяем абсолютную погрешность измерения по формуле

$$\Delta = \pm \frac{\gamma X N}{100\%}$$
$$\Delta = \pm \frac{2,0 \cdot 50}{100} =$$
$$\pm 1^{\circ}\text{C}$$

Определяем относительную погрешность измерения по формуле

$$\delta = \pm \frac{\gamma X N}{X_{\text{д}}}$$
$$\delta = \pm \frac{2,0 \cdot 50}{16} =$$
$$\pm 6\%$$

- Запишем результат измерений

- $X=(16,00\pm1)^{\circ}\text{C}$

- *2.3 Для прибора класса точности 6/1,0*

- Определяем относительную погрешность измерения по формуле

- $$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_{\text{к}}}{X} \right| - 1 \right) \right]$$

- где c - приведенное значение относительной погрешности к концу диапазона измерения; d -приведенное значение аддитивной погрешности к началу диапазона измерения; $X_{\text{к}}$ - больший по модулю из пределов измерений.

•

$$\delta = \pm \left[6 + 1,0 \left(\left| \frac{25}{16} \right| - 1 \right) \right] =$$

$\pm 6,5625$ (округляем δ до значения $\pm 7\%$).

Определяем абсолютную погрешность измерения

$$\Delta = \pm \frac{6,5625 \cdot 16}{100} =$$

$\pm 1,05^\circ\text{C}$ (округляем до значения $\pm 1,1^\circ\text{C}$)

Определяем приведенную погрешность:

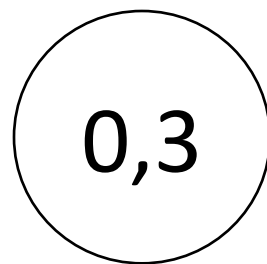
$$\gamma = \pm \frac{1,1}{50} \cdot 100 =$$
$$\pm 2,2\%$$

Запишем результат измерений

$$X = (16,00 \pm 1,1)^\circ\text{C}.$$

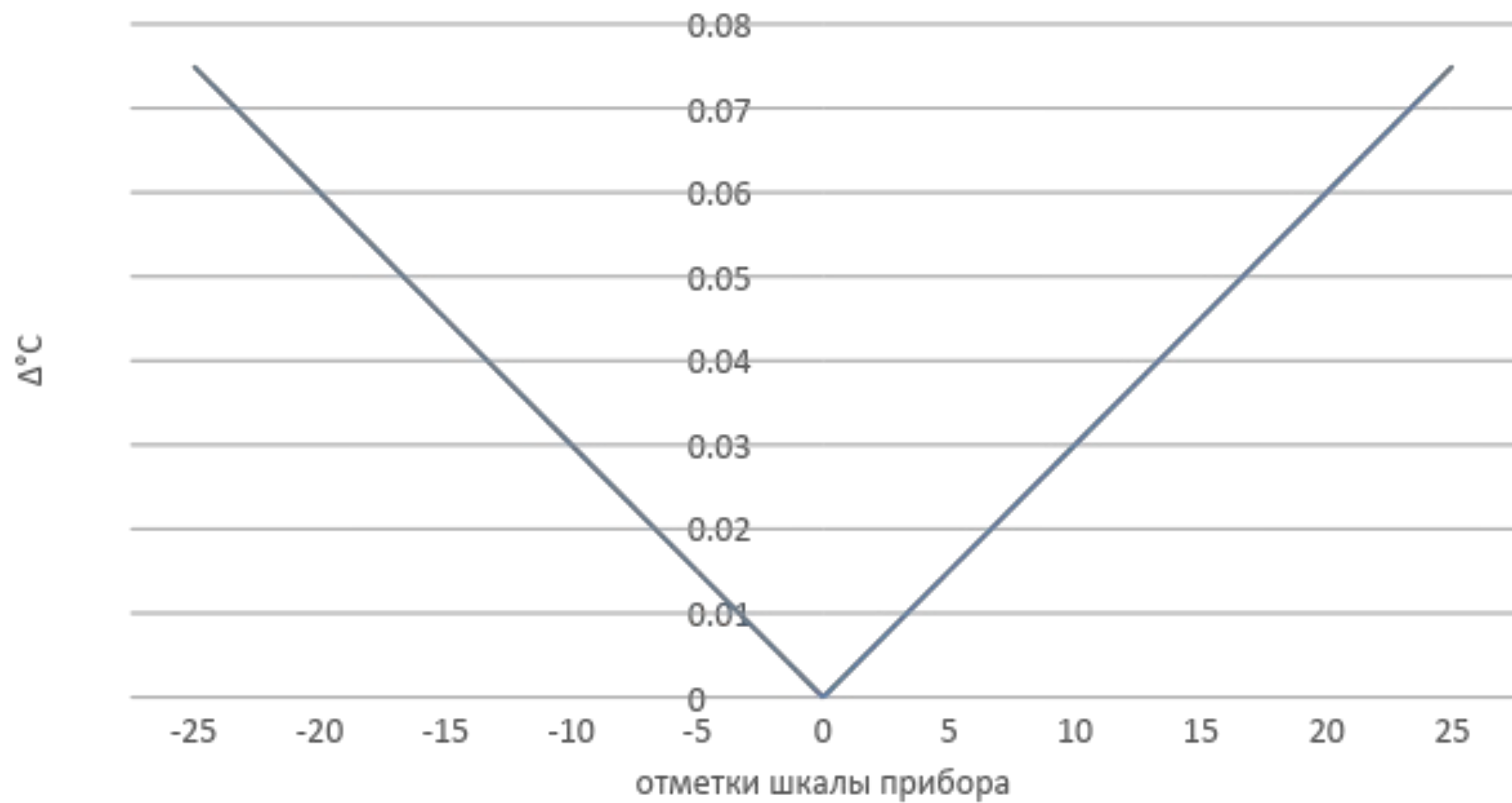
3. Графики влияния абсолютной погрешности на результат измерения, в зависимости от класса точности прибора.

3.1. Класс Точности



$$\Delta = \pm \frac{\delta X_{\text{д}}}{100}$$

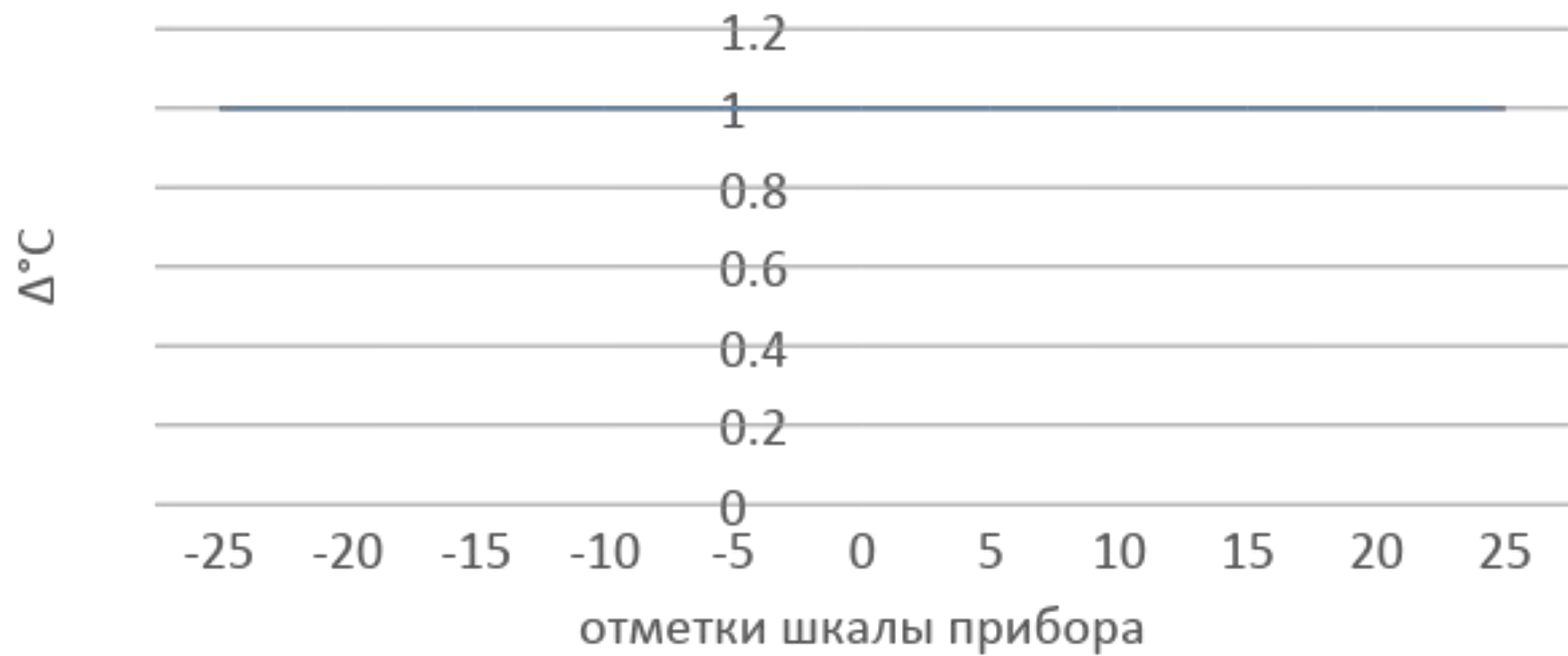
отметки шкалы прибора °C	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
Δ°C	0,075	0,06	0,045	0,03	0,015	0	0,015	0,03	0,045	0,06	0,075



3. Графики влияния абсолютной погрешности на результат измерения, в зависимости от класса точности прибора.

3.2. Класс Точности

2.0



3. Графики влияния абсолютной погрешности на результат измерения, в зависимости от класса точности прибора.

3.2. Класс Точности

6/1,0

Определяем относительную погрешность измерения по формуле

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_{\text{к}}}{X} \right| - 1 \right) \right]$$

$$\Delta = \pm \frac{\delta X_{\text{д}}}{100}$$

- - Для т. «0» применяем аддитивную составляющую погрешности, c/d , т.е. второе число у класса точности прибора « d »
 - Формула абсолютной погрешности будет выглядеть следующим образом: $\Delta = \pm \frac{d * x_k}{100\%}$

отметки шкалы прибора °C	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
$\Delta^{\circ}\text{C}$	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5

$\Delta^{\circ}\text{C}$

