

## Тема 4: ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

### 4.1. Види похибок і причини їх виникнення

### 4.2. Теоретичні закони розподілу випадкових похибок

### 4.3. Характеристики якості вимірювань

#### 4.1. Погрешность выражается в виде абсолютной и относительной погрешности.

*Абсолютная погрешность* равна модулю разности между оценкой истинного значения и границей интервала, т.е. полуширине доверительного интервала.

*Относительная погрешность* равна отношению абсолютной погрешности к оценке истинного значения. Как правило, эту погрешность выражают в процентах. Величину, обратную относительной погрешности, называют точностью измерений.

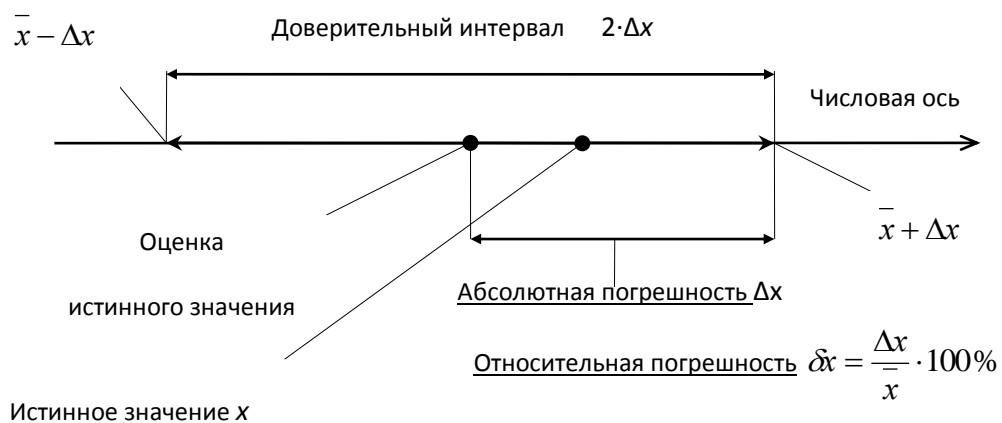


Рисунок 4.1 – Результат измерений  $x = \bar{x} \pm \Delta x$

По влиянию на результат измерения (в зависимости от причин возникновения) можно выделить следующие классы погрешности:

- *Систематическая погрешность* – погрешность, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторении измерений.
- *Случайная погрешность* – погрешность, изменяющаяся случайным образом при повторении измерений.
- *Промах (грубая ошибка)* – погрешность, существенно превосходящая ожидаемую при заданных условиях.

По источникам погрешности различают следующие ее виды:

- *Методическая погрешность* – погрешность, обусловленная несовершенством метода измерений.

- *Инструментальная погрешность* – погрешность средств измерений (приборов).
- *Дополнительная погрешность* – погрешность, обусловленная влиянием факторов, которые не учтены в модели объекта измерения.

Названные источники погрешности в общем случае могут иметь как систематическую, так и случайную составляющую погрешности, но вклад этих составляющих различен при различной организации эксперимента.

Учет и исключение (или уменьшение) систематической погрешности представляют одну из самых сложных задач теории измерений. Способы решения этой задачи зависят от конкретных видов измерений, и не существует общей методики ее решения. Часто используют подход, основанный на всестороннем теоретическом анализе процедуры измерения и характеристик применяемой аппаратуры. Такой анализ может дать оценку границ систематической погрешности. При точных измерениях оценка систематической погрешности производится по результатам измерения искомой величины различными, принципиально независимыми методами с применением различной аппаратуры.

Промехи относятся к аномальным результатам измерений, которые могут быть следствием кратковременного воздействия на процесс измерения некоторого мешающего фактора, преобладающего над остальными. Промех может быть вызван ошибкой оператора, проводящего измерение, или сбоем измерительной аппаратуры. В этих случаях аномальный результат должен быть отброшен. При измерениях в лаборатории метрологического практикума эксперимент организован так, что:

1. Методической погрешностью можно пренебречь или ее значение можно оценить.
2. Инструментальная погрешность имеет только систематическую составляющую.
3. Дополнительная погрешность имеет только случайную составляющую.
4. Точность показаний измерительных устройств и приборов гарантируется.

При наличии случайных погрешностей наблюдаемые значения измеряемой величины при многократных измерениях случайным образом рассеяны относительно ее истинного значения. В этом случае действительное значение находят как наиболее вероятное из серии отсчетов, а погрешность характеризуют шириной интервала, который с заданной вероятностью покрывает истинное значение.

Наилучшей оценкой истинного значения величины  $X$  является *выборочное среднее значение*

$$\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^N x_n}{N},$$

где  $x_n$  – отсчет величины  $X$ ,  $N$  – число отсчетов.

Для оценки разброса отсчетов при измерении используется *выборочное среднее квадратическое отклонение отсчетов*

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2}{N-1}}. \quad (2)$$

Выборочное среднее является случайной величиной и его разброс относительно истинного значения измеряемой величины оценивается

*Выборочным средним квадратическим отклонением среднего значения*

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{N}}. \quad (2)$$

*Среднее квадратическое отклонение среднего из  $N$  отсчетов в  $\sqrt{N}$  раз меньше среднего квадратического отклонения одного отсчета.*

*Доверительным интервалом* называется интервал  $[\bar{x} - \Delta, \bar{x} + \Delta]$ , который с заданной степенью достоверности включает в себя истинное значение измеряемой величины (рис. 2.1).

*Доверительной вероятностью (надежностью)* результата серии наблюдений называется вероятность  $\alpha$ , с которой доверительный интервал включает истинное значение измеряемой величины.

Случайную составляющую погрешности принято выражать как полуширину доверительного интервала. Размер доверительного интервала обычно задают в виде кратного  $S_{\bar{x}}$  значения. Тогда *случайная составляющая погрешности многократных измерений*

$$\Delta_x = t_\alpha S_{\bar{x}}, \quad (2)$$

где  $t_\alpha$  – безразмерный коэффициент доверия (коэффициент Стьюдента).

*Коэффициент доверия* показывает, во сколько раз нужно увеличить среднее квадратическое отклонение среднего, чтобы при заданном числе измерений получить заданную надежность их результата. Коэффициент доверия сложным образом зависит от надежности и числа измерений, и его значение определяют по статистическим таблицам.

При расчете случайной погрешности задаются надежностью измерений, которую (в зависимости от целей измерений и требований к ним) принимают равной 0,9; 0,95; 0,96; 0,98; 0,99; 0,997; 0,999.

*Чем больше доверительная вероятность, тем надежнее оценка интервала и, вместе с тем, шире его границы.*

*Полная погрешность  $\Delta x$  прямых измерений равна квадратичной сумме ее составляющих: инструментальной –  $\Delta_a$  и случайной –  $\Delta_x$*

$$\Delta x = \sqrt{\Delta_a^2 + \Delta_x^2}, \quad (2)$$