

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.

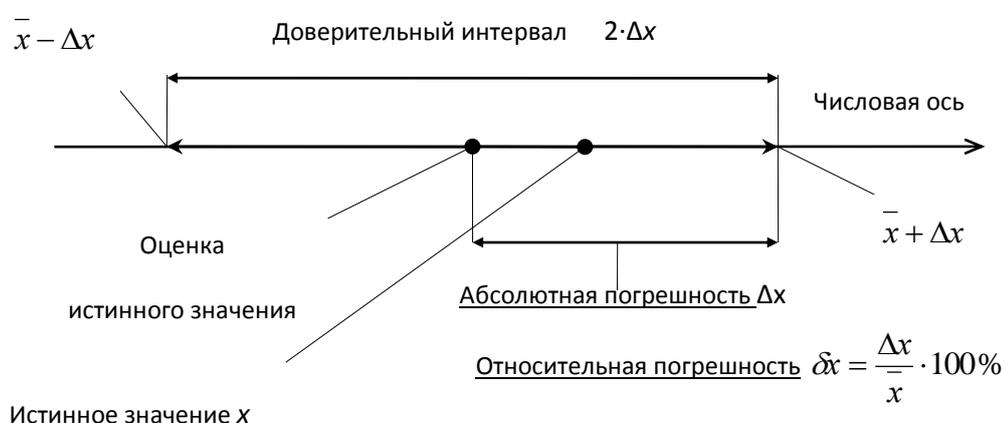


Рисунок 4.1 – Результат измерений $x = \bar{x} \pm \Delta x$

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 измерения.
- *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.

Промахи относятся к аномальным результатам измерений, которые могут быть следствием кратковременного воздействия на процесс измерения некоторого мешающего фактора, преобладающего над остальными. Промах 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 α , 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_α – 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 Δx прямых измерений равна квадратичной сумме ее составляющих: инструментальной – Δ_a и случайной – Δ_x

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