

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Результат измерения отличается от истинного значения измеряемой величины на некоторую величину, называемую *погрешностью измерения*.

Причины появления погрешностей:

1. Ограниченная точность измерительных приборов.
2. Влияние на измерение неконтролируемых изменений внешних условий.
3. Действия экспериментатора.

Классификация погрешностей:

1. По *источнику возникновения*: методические, инструментальные и субъективные погрешности.

2. В зависимости от *условий применения средства измерений*: основные и дополнительные.

3. По *характеру проявления*: систематические, случайные и промахи.

4. По *отношению к изменяемости измеряемой величины*: статические и динамические.

5. По *характеру зависимости от измеряемой величины*: аддитивные, мультипликативные и нелинейные (погрешности линейности и гистерезиса).

6. По *способу выражения*:

– абсолютная погрешность: $\Delta x = x - x_{\text{д}}$

(x – показания прибора, $x_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемой величины);

– относительная погрешность: $\delta = \frac{\Delta x}{x_{\text{д}}} \cdot 100\%$;

– приведённая погрешность: $\gamma = \frac{\Delta x}{x_{\text{НОРМ}}} \cdot 100\%$ ($x_{\text{НОРМ}}$ – нормирующее значение).

Нормирующим значением может быть верхний предел измерений средства измерений, диапазон измерений, длина шкалы и т.д. Если для средства измерений

указано номинальное значение измеряемой величины, то за $x_{НОРМ}$ принимается это номинальное значение.

Обобщенная характеристика средства измерений, отражающая уровень его точности, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность, называется **классом точности**.

Априорное оценивание – это проверка возможности обеспечить требуемую точность измерений, проводимых в заданных условиях выбранным методом с помощью конкретных средств измерений.

Апостериорную оценку проводят в тех случаях, когда априорная оценка неудовлетворительна или получена на основе типовых метрологических характеристик, а требуется учесть индивидуальные свойства используемого средства измерений.

Систематические погрешности – погрешности, остающиеся постоянными или закономерно изменяющиеся во времени при повторных измерениях одной и той же величины.

Классификация систематических погрешностей:

1. По **причине возникновения**: погрешности метода измерений, инструментальные (погрешности конструкции, технологии изготовления и старения), установки, погрешности от влияющих величин и субъективные.

2. По **характеру проявления**: постоянные и переменные (прогрессивные и периодические).

Для **обнаружения** систематических погрешностей применяют **специальные статистические способы**. Наиболее распространенные из них:

1. **Способ последовательных разностей (критерий Аббе)** применяется для обнаружения изменяющейся во времени систематической погрешности.

2. **Дисперсионный анализ (критерий Фишера)** позволяет выявить наличие систематической погрешности результатов наблюдений, обусловленной влиянием

какого-либо постоянно действующего фактора, или определить, вызывают ли изменения этого фактора систематическую погрешность.

Основные методы **устранения** систематических погрешностей измерения:

1. Для *постоянной* систематической погрешности:

- а. Введение поправок.
- б. Метод замещения.
- в. Метод компенсации погрешности по знаку.
- г. Метод противопоставления.

2. Для переменных и монотонно изменяющихся систематических погрешностей:

- а. Анализ знаков неисправленных случайных погрешностей.
- б. Графический метод
- в. Метод симметричных наблюдений.

Случайные погрешности – это погрешности, которые могут меняться произвольным образом при последовательном измерении одной и той же величины.

Случайные погрешности вызываются большим числом неконтролируемых объективных и субъективных причин. Влияние случайных погрешностей на конечный результат измерений можно уменьшить увеличением числа измерений.

В качестве закона распределения погрешностей измерений применяется нормальный закон распределения случайных величин:

$$P(\Delta) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2S^2}}.$$

Основными **характеристиками случайных погрешностей** являются:

1. Погрешности отдельных измерений: $\Delta_i = x_i - \bar{x}$ (\bar{x} - среднее арифметическое серии измерений).

2. Среднее квадратичное отклонение: $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}.$

3. Вероятная погрешность: $\rho = \pm 0,6745S.$

4. Мода - это наиболее часто получаемое значение измеряемой величины/

5. Медиана - это значение, которое делит частотное распределение на две равные площади.

6. Средняя арифметическая погрешность: $\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n}$.

Вероятность того, что истинное значение измеряемой величины лежит внутри некоторого интервала, называется **доверительной вероятностью**, а сам интервал – **доверительным интервалом**.

Доверительный интервал определяется по формуле:

$$\bar{x} - S \cdot t_{\alpha n} \leq x \leq \bar{x} + S \cdot t_{\alpha n},$$

где $t_{\alpha n}$ – коэффициент Стьюдента, определяемый по таблице с учетом доверительной вероятности α и числа измерений n .

Промахи – грубые погрешности, связанные с ошибками оператора или неучтенными внешними воздействиями. Их исключают из результатов измерений.

Источником промахов бывают резкие изменения условий измерения и ошибки, допущенные оператором.

Для выявления грубых погрешностей используются следующие критерии:

1. Критерий «трех сигм».
2. Критерий Романовского.
3. Критерий Шарлье.
4. Критерий Диксона.

Неопределенность измерений – это параметр, связанный с результатом измерения, который характеризует рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Основным количественным выражением неопределенности измерения является **стандартная неопределенность** (u) и **суммарная стандартная неопределенность** (u_c).

В тех случаях, когда это необходимо, вычисляют **расширенную неопределенность**:

$$U = ku_c,$$

где k – коэффициент охвата.

Среднее квадратичное отклонение соответствует стандартной неопределенности, доверительный интервал – расширенной неопределенности.