

Прямые и косвенные измерения. среднее арифметическое значение результата многократных измерений.

Прямые и косвенные измерения — это два основных способа получения значений физических величин, которые различаются по способу определения искомого значения.

Прямые измерения

Прямые измерения — это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных путём сравнения с мерой этой величины. Экспериментальным операциям подвергают измеряемую величину, которую сравнивают с эталоном или мерой с помощью измерительных приборов, градуированных в требуемых единицах.

Примеры прямых измерений:

- измерение длины тела линейкой или рулеткой;
- определение массы на весах;
- измерение температуры термометром;
- измерение напряжения и силы тока известными электроизмерительными приборами — вольтметрами и амперметрами.

Математически прямые измерения можно выразить формулой: $Q = X$, где Q — искомое значение измеряемой величины, а X — значение, непосредственно получаемое из опытных данных.

Прямые измерения широко применяются в машиностроении, а также при контроле технологических процессов (измерение давления, температуры и др.).

Косвенные измерения

Косвенные измерения — это измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой

величиной и величинами, полученными прямыми измерениями. Искомая величина рассчитывается на основе результатов прямых измерений других величин, связанных с ней определённой функциональной зависимостью.

Примеры косвенных измерений:

- определение объёма тела по прямым измерениям его геометрических размеров;
- нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения;
- измерение активного сопротивления с помощью амперметра и вольтметра (путём измерения силы тока, протекающего через сопротивление, и падения напряжения на нём);
- определение плотности цилиндрического бруска путём измерения его геометрических размеров и массы;
- расчёт мощности электрической цепи по измеренным силе тока и напряжению.

Формула для косвенных измерений: $Q = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где Q — искомое значение косвенно измеряемой величины, F — заранее известная функциональная зависимость, $x_1, x_2, \dots, x_n$ — значения величин, измеренных прямым способом.

Косвенные измерения часто применяются, когда прямое измерение невозможно, затруднительно или менее точно. Они особенно важны при измерении величин, недоступных непосредственному экспериментальному сравнению, например размеров астрономического или внутриатомного порядка.

Важно учитывать, что результат любого измерения (как прямого, так и косвенного) представляет собой приближённое число, точность которого определяется погрешностью измерений.

Среднее арифметическое значение — это один из ключевых показателей при обработке результатов многократных измерений. Оно используется как оценка измеряемой величины и позволяет уменьшить влияние случайных погрешностей за счёт усреднения данных.

Формула вычисления

Среднее арифметическое значение результатов многократных измерений вычисляется по формуле:

$$\bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i,$$

где:

- $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение;
- x_i — результат i -го измерения;
- n — количество измерений.

Иногда при вычислении среднего арифметического вручную удобно использовать альтернативную формулу:

$$\bar{x} = x_{cp} - 1/n \sum_{i=1}^n (x_{cp} - x_i),$$

где x_{cp} — вспомогательное значение, выбранное в пределах диапазона значений в выборке.

Особенности применения

- Многократные измерения — это измерения одной и той же величины, выполненные несколько раз (обычно не менее четырёх). Цель таких измерений — уменьшить влияние случайных погрешностей и повысить точность результата.
- Среднее арифметическое является наилучшей оценкой математического ожидания случайной величины, если плотность её распределения известна.

- Если во всех результатах измерений содержится постоянная систематическая погрешность, её допускается исключить из вычисленного среднего арифметического значения неисправленных результатов.

- При представлении результатов измерений, полученных как среднее арифметическое значение результатов многократных наблюдений, должно сопровождаться указанием числа наблюдений.

Дополнительные этапы обработки результатов

Помимо вычисления среднего арифметического, при статистической обработке группы результатов прямых многократных независимых измерений выполняют и другие операции:

- исключение известных систематических погрешностей;
- вычисление среднего квадратического отклонения результатов измерений;
- проверка наличия грубых погрешностей и при необходимости их исключение;
- проверка гипотезы о принадлежности результатов измерений нормальному распределению;
- вычисление доверительных границ случайной и неисключённой систематической погрешностей.

Для обработки данных могут использоваться различные программные средства (например, Excel, MATLAB, Statistica, Python).

Важно учитывать, что результаты измерений всегда содержат погрешности, и среднее арифметическое — это лишь оценка истинного значения величины с учётом имеющихся данных. Для полной оценки точности результата необходимо учитывать и другие параметры, такие как доверительные интервалы и характеристики распределения погрешностей.