

Определение и источники понятия погрешность

Погрешность измерения представляет собой отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой физической величины. Поскольку в большинстве практических случаев истинное значение остаётся неизвестным, для количественной оценки погрешности используют действительное значение. Оно определяется экспериментальным путём и считается достаточно близким к истинному.

В метрологии понятие погрешности играет центральную роль. При этом различают два основных типа: погрешность результата измерения, то есть отклонение найденного значения от истинного, и погрешность средства измерения —

разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины.

Источники погрешностей

Источники возникновения погрешностей весьма разнообразны. Одной из основных причин является несовершенство применяемых методов и средств измерений. Это может проявляться в неточности градуировки прибора, смещении нуля, износе деталей или особенностях физического явления, на котором основано действие измерительного устройства. Кроме того, инструментальные погрешности могут быть связаны с технологией производства, конструкцией или неисправностью средств измерения.

Существенное влияние на точность измерений оказывает непостоянство физических величин, влияющих на результат. К таким факторам относятся внешние условия — температура, влажность, давление, а также нестабильность измеряемых параметров, воздействие внешних электромагнитных полей и механические воздействия вроде вибраций или ударов. Нестабильность источников питания также может вносить свой вклад в общую погрешность.

Индивидуальные особенности экспериментатора, или субъективные погрешности, тоже играют важную роль. Ошибки при отсчёте показаний, например параллакс при считывании со шкалы, запаздывание или опережение при регистрации сигнала, асимметрия при установке штриха — всё это может исказить итоговый результат. Низкая квалификация оператора дополнительно увеличивает вероятность подобных ошибок.

Внешние и внутренние помехи, такие как шумы в электрических цепях, электромагнитные наводки или вибрации, способны существенно повлиять на точность измерений. Порог чувствительности измерительного прибора также накладывает ограничения: если измеряемая величина меньше этого порога, она просто не будет зафиксирована.

Несовершенство модели объекта измерения, метода измерения или алгоритма обработки результатов — ещё один значимый источник погрешностей. Использование приближённых формул, упрощения в модели объекта, недооценка взаимодействия между измеряемым объектом и измерительными приборами, а также погрешности метода, вызванные несоответствием между измеряемой величиной и её моделью, могут приводить к систематическим ошибкам.

Погрешности могут возникать и из-за исходных данных, если в расчётах используются значения физических констант или экспериментальные данные с собственной погрешностью. Наконец, погрешности вычислений, включая округления, особенно актуальны при компьютерной обработке результатов с ограниченной разрядностью.

Классификация погрешностей

По характеру проявления погрешности делятся на систематические, случайные и грубые (промахи). Систематические погрешности остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях. Они возникают из-за постоянных факторов, однонаправленно влияющих на итоги измерения.

й, например некорректного выставления нуля прибора, неучёта силы трения и ли температурных деформаций конструкции. Такие погрешности можно обнаружить и частично устранить, используя разные методы и приборы.

Случайные погрешности изменяются случайным образом в серии повторных измерений. Они обусловлены множеством независимых факторов, каждый из которых оказывает незначительное влияние: флуктуациями напряжения в сети, микровибрациями или случайными изменениями условий окружающей среды. Уменьшить их влияние можно за счёт увеличения числа измерений и последующего усреднения результатов.

Грубые погрешности, или промахи, резко отличаются от остальных результатов в серии измерений. Обычно они вызваны ошибками оператора (неправильная запись данных), неисправностями оборудования или сильными внешними воздействиями и исключаются из анализа результатов.

По форме числового выражения различают абсолютную, относительную и приведённую погрешности. Абсолютная погрешность (Δx) представляет собой разность между измеренным ($x_{\text{изм}}$) и действительным ($x_{\text{действ}}$) значениями, выраженную в единицах измерения:

$$\Delta x = |x_{\text{изм}} - x_{\text{действ}}|$$

Относительная погрешность (δx) — это отношение абсолютной погрешности к действительному значению величины, часто выражаемое в процентах:

$$\delta x = x_{\text{действ}} \Delta x \cdot 100\%$$

Приведённая погрешность (γ) определяется как отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению (например, к верхнему пределу шкалы прибора):

$$\gamma = x_{\text{норм}} \Delta x \cdot 100\%$$

По источникам возникновения выделяют методические, инструментальные, субъективные и внешние погрешности. Методические связаны с несовершенством метода измерений или упрощениями в модели, инструментальные обусловлены характеристиками средств измерения, субъективные вызваны ошибками оператора, а внешние возникают из-за влияния окружающей среды.

По взаимодействию с измеряемой величиной погрешности подразделяют на статические и динамические. Статические проявляются при измерении постоянной величины и связаны с точностью прибора и методикой, тогда как динамические возникают при измерении переменной величины из-за инерционности прибора, который не успевает отследить быстрые изменения.

Наконец, по способу получения различают прямые и косвенные погрешности. Прямые возникают при непосредственном измерении величины (например, длины линейкой), а косвенные появляются при вычислении величины по формуле на основе других измерений (например, расчёта плотности по массе и объёму).

Оценка и уменьшение погрешностей

Оценка погрешности —

ключевое мероприятие для обеспечения единства и достоверности измерений. Для уменьшения погрешностей применяют ряд методов. Калибровка и поверка приборов позволяют сравнить их с эталонами и скорректировать систематические погрешности. Улучшение методик измерений включает выбор более точных методов и учёт внешних факторов. Статистическая обработка данных, например усреднение результатов многократных измерений, помогает снизить влияние случайных погрешностей.

Использование более точных приборов с меньшим порогом чувствительности и более высокой разрядностью также способствует повышению точности. Контроль условий измерений — стабилизация температуры, влажности, защита от помех —

минимизирует влияние внешних факторов. Обучение персонала снижает субъективные погрешности за счёт повышения квалификации операторов. Наконец, применение корректирующих алгоритмов позволяет программно компенсировать известные систематические погрешности, что особенно актуально в автоматизированных системах измерений.