

**Презентация на тему:
«Погрешности . Их виды, расчет
погрешности »**

ПОГРЕШНОСТИ. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ . РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ.

- **Погрешность измерения** — оценка отклонения величины измеренного значения величины от её истинного значения. Погрешность измерения является характеристикой (мерой) точности измерения. Погрешность результата измерения — это число, указывающее возможные границы неопределенности полученного значения измеряемой величины. Поскольку выяснить с абсолютной точностью истинное значение любой величины невозможно, то невозможно и указать величину отклонения измеренного значения от истинного. (Это отклонение принято называть ошибкой измерения).

Любой процесс сопоставления меры с измеряемым объектом никогда не может быть идеальным в том смысле, что процедура, повторенная несколько раз, обязательно даст различные результаты. Поэтому, с одной стороны, невозможно в процессе измерения сразу получить истинное значение измеряемой величины, и, с другой стороны, результаты любых двух повторных измерений будут отличаться друг от друга. Например, при измерении длины размер предмета может измениться под действием температуры - хорошо известное свойство тел расширяться или уменьшаться при изменении температуры. В других видах измерения встречается та же самая ситуация, т. е. под влиянием температуры может измениться давление в замкнутом объеме газа, может измениться сопротивление проводника, коэффициент отражения поверхности и т. д.

В зависимости от возникновения и различных факторов, связанных с этим погрешности делятся на две основные группы:

- 1. По форме числового выражения.
- 2. По закономерности проявления.

1. Погрешности по форме числового выражения

- Числовое выражение – это такое выражение, которое составлено из чисел, знаков математических действий и скобок. Это математическая формула, подразумевающая определенное число, Например, выражение $2+2$ подразумевает число 4. В свою очередь погрешности по форме числового выражения делятся на три группы:
 - А) Абсолютные
 - Б) Относительные
 - В) Приведенные

- а) **Абсолютные погрешности** - ΔX является оценкой абсолютной ошибки измерения. Величина этой погрешности зависит от способа её вычисления, который, в свою очередь, определяется распределением случайной величины X_{meas} . При этом равенство: $\Delta X = |X_{true} - X_{meas}|$
- б) **Относительные погрешности** - отношение абсолютной погрешности к тому значению, которое принимается за истинное: $\delta x = \Delta X / X$. Относительная погрешность является безразмерной величиной, либо измеряется в процентах. Она является более информативной величиной, так как под ней понимают отношение абсолютной погрешности измерения к ее истинному значению. Именно относительная погрешность используется для характеристики точности измерения.
- в) **Приведенная погрешность** - относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. Вычисляется по формуле: $\delta x = \Delta X / X_n$. где X_n - нормирующее значение, которое зависит от типа шкалы измерительного прибора и определяется по его градуировке:
 - - если шкала прибора односторонняя, т.е. нижний предел измерений равен нулю, то X_n определяется равным верхнему пределу измерений;
 - - если шкала прибора двухсторонняя, то нормирующее значение равно ширине диапазона измерений прибора.

2. Погрешности по закономерности проявления

- **Это погрешности, которые вызываются несовершенством измерительных средств, нестабильностью условий проведения измерений, несовершенством самого метода и методики измерений, недостаточным опытом и несовершенством органов чувств человека, выполняющего измерения, а также другими факторами.**
- **В зависимости от возникновения и различных факторов, связанных с этим погрешности делятся на две основные группы:**

- **2.1 Систематические погрешности - остается постоянной или изменяется по определенному закону при повторных измерениях одной и той же величины. Если известны причины, вызывающие появление систематических погрешностей, то их можно обнаружить и исключить из результатов измерений. Систематические погрешности при измерении одним и тем же методом и одними и теми же измерительными средствами всегда имеют постоянные значения.**
- **Постоянные систематические погрешности не влияют на значения случайных отклонений измерений от средних арифметических, поэтому их сложно обнаружить статистическими методами.**

- **Систематические погрешности приводят к искажению результатов измерений и потому должны выявляться и учитываться при оценке результатов измерений. Полностью систематическую погрешность исключить практически невозможно; всегда в процессе измерения остается некая малая величина, называемая не исключенной систематической погрешностью. Эта величина учитывается путем внесения поправок.**
- **В свою очередь систематические погрешности делятся на две большие группы:**
 - **и по виду источника.**
 - **по характеру проявления;**

Вид источника:

- Вид источника вызывающего погрешность может быть различен. Основные факторы, его вызывающие могут быть:
 - а) методические;
 - б) инструментальные;
 - в) субъективные;
 - г) личностные.

● **а) Методические.**

- **Происходят вследствие ошибок или недостаточной разработанности метода измерений.** Сюда же можно отнести неправомерную экстраполяцию свойства, полученного в результате единичного измерения, на весь измеряемый объект. Например, принимая решение о годности вала по единичному измерению, можно допустить ошибку, поскольку не учитываются такие погрешности формы, как отклонения от цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения и др. Поэтому для исключения такого рода систематических погрешностей в методике измерений рекомендуется проведение измерений в нескольких местах деталей и взаимно-перпендикулярных направлениях.

● б) **Инструментальные.**

- **Связаны с погрешностями средств измерения, вызванными погрешностями изготовления или износом составных частей измерительного средства.** Инструментальные погрешности, присущие конструкции прибора, могут быть легко выявлены из рассмотрения кинематической, электрической или оптической схемы. Способы устранения или учета инструментальных погрешностей достаточно хорошо известны для каждого типа прибора. В метрологии процедуры аттестации или испытаний часто включают в себя исследования инструментальных погрешностей. В ряде случаев инструментальную погрешность можно учесть и устранить за счет методики измерений.

- Многие приборы имеют встроенные указатели уровня. Это значит, что перед измерением нужно отгоризонтировать прибор. Причем, такие требования предъявляются не только к средствам измерений высокой точности, но и к рутинным приборам массового использования. Среди инструментальных погрешностей в отдельную группу выделяются погрешности схемы, не связанные с неточностью изготовления средств измерения и обязанные своим происхождением самой структурной схеме средств измерений. Исследование инструментальных погрешностей является предметом специальной дисциплины - теории точности измерительных устройств.

● **в) Субъективные.**

- **Вызванным воздействием окружающей среды и условий измерений:** температура (например, измерения еще не остывшей детали), вибрация, жесткость поверхности, на которую установлено измерительное средство, метеорологические условия и т. п. Также к этой категории можно отнести погрешности, обусловленные неправильной установкой и взаимным расположением средств измерения, являющихся частью единого комплекса, несогласованностью их характеристик, влиянием внешних температурных, гравитационных, радиационных и других полей, нестабильностью источников питания, несогласованностью входных и выходных параметров электрических цепей приборов и так далее.

- Влияние температуры - наиболее распространенный источник погрешности при измерениях. Поскольку от температуры зависит длина тел, сопротивление проводников, объем определенного количества газа, давление насыщенного пара индивидуальных веществ, то сигналы со всех видов датчиков, где используются упомянутые физические явления, будут изменяться с изменением температуры.
- Существенно, что сигнал датчика не только зависит от абсолютного значения температуры, но от градиента температуры в том месте, где расположен датчик. Еще одна из причин появления «температурной» систематической погрешности - это изменение температуры в процессе измерения. Указанные причины существенны при косвенных измерениях, т. е. в тех случаях, когда нет необходимости измерять температуру как физическую величину. Тем не менее, в собственно температурных измерениях необходимо тщательно исследовать показания приборов в различных температурных интервалах.

● Влияние магнитных или электрических полей сказывается не только на средствах измерения электромагнитных величин. В зависимости от принципа действия прибора наведенная ЭДС или токи Фуко могут исказить показания любого датчика, выходным сигналом которого служит напряжение, ток, сопротивление или электрическая емкость. Таких приборов существует великое множество, особенно в тех случаях, когда приборы имеют цифровой выход. Аналогово-цифровые преобразователи иногда начинают регистрировать сигналы радиочастотных или еще каких-либо электрических полей. Очень часто электромагнитные помехи попадают в прибор по сети питания. Выяснить причины появления таких ложных сигналов, научиться вводить поправки в измерения при наличии электромагнитных помех - это одна из важных проблем метрологии и измерительной техники.

● г) Личные погрешности.

- Обусловлены индивидуальными особенностями наблюдателя. На результаты измерений непосредственное влияние оказывает квалификация персонала и индивидуальные особенности человека, работающего на приборе. Для полной реализации возможностей измерительного прибора или метода предела для совершенствования не существует. В главе, посвященной эталонам, изложена история совершенствования эталона длины. На таком уровне обычных инженерных знаний недостаточно, по этой причине процесс измерения ставят рядом с искусством. Понятно, что получить информацию о результатах измерений состава атмосферы на Венере, расшифровать ее и оценить погрешность может только очень квалифицированный человек.

- Личностное восприятие человеком результата измерения в большой степени определяется также опытом работы. Например, при измерении состава сплавов визуальным стилометром опыт работы является определяющим в получении достоверного и точного результата. Опытный оператор по появлению спектральных линий в поле зрения прибора может определить не только тип сплава, но и количественное содержание в нем многих элементов.
-

По характеру проявления

- По характеру своего поведения в процессе измерения систематические погрешности подразделяются на:
- а) переменные;
- б) постоянные;
- в) динамические и статические;
- г) изменяющиеся по сложному закону

● а) **Переменные.**

Систематическими переменными погрешностями называют такие, которые в процессе обработки закономерно изменяются сообразно времени, т. е. в зависимости от числа изготовленных изделий. К этой группе относится погрешность, вызываемая износом режущего инструмента, и заблуждение, обусловленная тепловыми деформациями элементов технологической системы в период работы станка.

● б) **Постоянные.** Постоянные систематические погрешности возникают, например, при неправильной установке начала отсчета, неправильной градуировке и юстировке средств измерения и остаются постоянными при всех повторных наблюдениях. Поэтому, если уж они возникли, их очень трудно обнаружить в результатах наблюдений. Они подразделяются на:

- **Прогрессивные.** Возникают, например, при взвешивании, когда одно из коромысел весов находится ближе к источнику тепла, чем другое, поэтому быстрее нагревается и удлиняется. Это приводит к систематическому сдвигу начала отсчета и к монотонному изменению показаний весов.
- **Периодические.** Присущи измерительным приборам с круговой шкалой, если ось вращения указателя не совпадает с осью шкалы.

- **в) Динамические и статические.**
- **Динамические - это погрешности средств измерений, возникающие дополнительно при измерении переменной физической величины и обусловленная несоответствием его реакции на скорость изменения входного сигнала. Статические- погрешность результата измерений, свойственная условиям статического измерения, то есть при измерении постоянных величин после завершения переходных процессов в элементах приборов и преобразователей.**
- **г) Все остальные виды систематических погрешностей принято называть погрешностями, изменяющимися по сложному закону.**

● 2.2 *Случайные погрешности*

- **Случайные погрешности - это погрешности, принимающие при повторных измерениях различные, независимые по знаку и величине значения, не подчиняющиеся какой-либо закономерности.** Случайные погрешности, получаемые при одинаковых или почти одинаковых условиях, обуславливаются механическими сотрясениями, случайными колебаниями температуры, вибрациями, помехами и т. д.
- В отличие от систематических погрешностей случайные погрешности нельзя исключить из результатов измерений. Однако их влияние может быть уменьшено путем применения специальных способов обработки результатов измерений, основанных на положениях теории вероятности и математической статистики.
- Для случайных погрешностей характерен ряд условий:
- - малые по величине случайные погрешности встречаются чаще, чем большие;
- - отрицательные и положительные относительно средней величины измерений, равные по величине погрешности, встречаются одинаково часто;
- - для каждого метода измерений есть свой предел, за которым погрешности практически не встречаются (в противном случае эта, погрешность будет грубым промахом).

● Поскольку случайные погрешности имеют вероятностный характер, то они могут быть описаны как случайные величины. В связи с этим, прежде чем перейти к изучению случайных погрешностей и методов их определения, напомним кратко основные характеристики случайных величин. **Случайной величиной** будем называть такую величину, которая в результате опыта может принимать различные (случайные) числовые значения. Они делятся на:

- а) предельные;
- б) вероятные;
- в) средние;
- г) среднеарифметические;
- д) среднеквадратические

● а) **Предельные.**

- Называют такие наибольшие значения по абсолютной величине случайной погрешности, появление которых при данных условиях измерений маловероятно. Установлено, что случайная погрешность измерения может превышать удвоенную среднюю квадратическую погрешность в 5 случаях из 100 и утроенную среднюю квадратическую погрешность в 3 случаях из 1000. Поэтому за предельную погрешность $\Delta_{пр}$ принимают утроенную среднюю квадратическую погрешность, т. е.

$$\Delta_{пр} = 3\sigma.$$

- **б) Вероятные.** Называют такие значения случайных погрешностей, величины которых больше или меньше по абсолютной величине погрешности невозможны.
- **в) Средние.** Арифметические погрешности средние из ряда результатов измерений физической величины одинакового достоинства есть наиболее вероятное значение измеряемой физической величины. При неограниченном увеличении числа измерений и в отсутствии систематических погрешностей арифметическое среднее стремится к истинному значению измеряемой величины. Дисперсия среднего арифметического ряда измерений всегда имеет меньшую погрешность, чем погрешность каждого определенного измерения. Из этого следует, что если необходимо повысить точность результата (при исключенной систематической погрешности) в 2 раза, то количество измерений надо увеличить в 4 раза.

г) **Среднеарифметические.** Средние арифметические погрешности единичных измерения это обобщенная характеристика рассеяния отдельных результатов равноточных независимых измерений, вычисляемая как среднее арифметическое абсолютных значений разностей результатов измерений и арифметического среднего этих измерений. Если число измерений более 30, то средняя арифметическая погрешность = $0.8 \cdot \sigma$. Пусть $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ – результаты измерений некоторой величины. X – истинное значение этой величины. Тогда истинные погрешности:

$$d_1 = l_1 - X;$$

$$d_2 = l_2 - X;$$

$$d_3 = l_3 - X.$$

Тогда:

$$d_n = l_n - X.$$

Сумма этих равенств даёт:

$$d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n - nX,$$

т.е.:

$$[d] = [l] - nX.$$

Разделив на n , запишем согласно третьему свойству случайных погрешностей:

$$\lim (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)/n = 0$$

Или в другой записи будем иметь:

$$\lim [d]/n = 0,$$

Из этого выражения видно, что арифметическая середина может быть принята за истинное значение измеренной величины, и названа вероятнейшим значением измеряемой величины.

- **д) Среднеквадратичные.**
- Средние квадратические погрешность единичных измерения это обобщенная характеристика рассеяния отдельных результатов равноточных независимых измерений, вычисляемая как квадратный корень из отношения:
- - числитель - сумма квадратов отклонений результатов измерений от арифметического среднего этих измерений;
- - знаменатель - количество измерений минус 1.
- Если число измерений более 30, то средняя квадратическая погрешность = 1.25 .
- При оценке точности данного ряда равноточных измерений $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ одной и той же величины X , сопровождавшихся случайными погрешностями $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$, в геодезии пользуются средней квадратической погрешностью, введенной Гауссом.

● 2.3 Грубые промахи

- Грубые промахи (погрешности) - это погрешности, не характерные для технологического процесса или результата, приводящие к явным искажениям результатов измерения. Наиболее часто они допускаются неквалифицированным персоналом при неправильном обращении со средством измерения неверным отсчетом показаний, ошибками при записи или вследствие внезапно возникшей посторонней причины при реализации технологических процессов обработки деталей. Они сразу видны среди полученных результатов, так как полученные значения отличаются от остальных значений совокупности измерений.
- Если в процессе измерений удастся найти причины, вызывающие существенные отличия, и после устранения этих причин повторные измерения не подтверждают подобных отличий, то такие измерения могут быть исключены из рассмотрения.

- Но необдуманное отбрасывание резко отличающихся от других результатов измерений может привести к существенному искажению характеристик измерений. Иногда при обработке результатов измерений учет всех обстоятельств, при которых они были получены, не представляется возможным. В таком случае при оценке грубых промахов приходится прибегать к обычным методам проверки статистических гипотез. Проверяемая гипотеза состоит в утверждении, что результат измерений X не содержит грубой погрешности, а является одним из значений случайной величины. Обычно проверяют наибольшие и наименьшие X значения результатов измерений.

Расчет погрешностей

Выполнение работ связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой полученных результатов. Поскольку не существует абсолютно точных приборов и других средств измерения, следовательно, не бывает и абсолютно точных результатов измерения. Погрешности возникают при любых измерениях, и только правильная оценка погрешностей проведенных измерений и расчетов позволяет выяснить степень достоверности полученных результатов.

● Абсолютная погрешность измерения.

Допустим, что диаметр стержня, измеренный штангенциркулем, равен 14 мм. Диаметр стержня был определен с помощью реального измерительного прибора, следовательно, с некоторой погрешностью. Значит 14 мм - это приближенное значение диаметра – $X_{пр}$. Определить его истинное значение невозможно, можно только указать некоторые границы достоверности полученного приближенного результата, внутри которых находится истинное значение диаметра нашего стержня. Эта граница называется границей абсолютной погрешности и обозначается ΔX .

Итак, абсолютная погрешность показывает, насколько неизвестное экспериментатору истинное значение измеряемой величины может отличаться от измеренного значения. Результат измерения с учетом абсолютной погрешности записывают так:

$$X = X_{пр} \pm \Delta X$$

● **Относительная погрешность измерения.**

Качество измерений характеризуется относительной погрешностью ε , равной отношению

абсолютной погрешности ΔX к значению величины $X_{пр}$, получаемой в результате измерения:

$$\varepsilon = \Delta X / X_{пр}$$

При выполнении лабораторных работ выделяют следующие виды погрешностей: погрешности прямых измерений; погрешности косвенных измерений; случайные погрешности и систематические погрешности.

● Погрешности прямых измерений.

Прямое измерение - это такое измерение, при котором его результат определяется непосредственно в процессе считывания со шкалы прибора. В нашем первом примере с определением диаметра стержня речь шла как раз о таком измерении. Погрешность прямого измерения обозначается значком Δ . Если вы умеете правильно пользоваться измерительным прибором, то погрешность прямого измерения зависит только от его качества и равна сумме инструментальной погрешности прибора ($\Delta_{\text{и}}$) и погрешности отсчета ($\Delta_{\text{о}}$). Таким образом:

$$\Delta = \Delta_{\text{и}} + \Delta_{\text{о}}$$

● ПОГРЕШНОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Если результат эксперимента определяется на основе расчетов, то измерения называются косвенными. При определении импульса тела $p = mv$, скорости равноускоренного движения

$$V = V_0 + at \text{ и т.д.}$$

Однако нам не удастся подсчитать погрешность полученного результата косвенных измерений так же просто, как при проведении прямых измерений.