

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

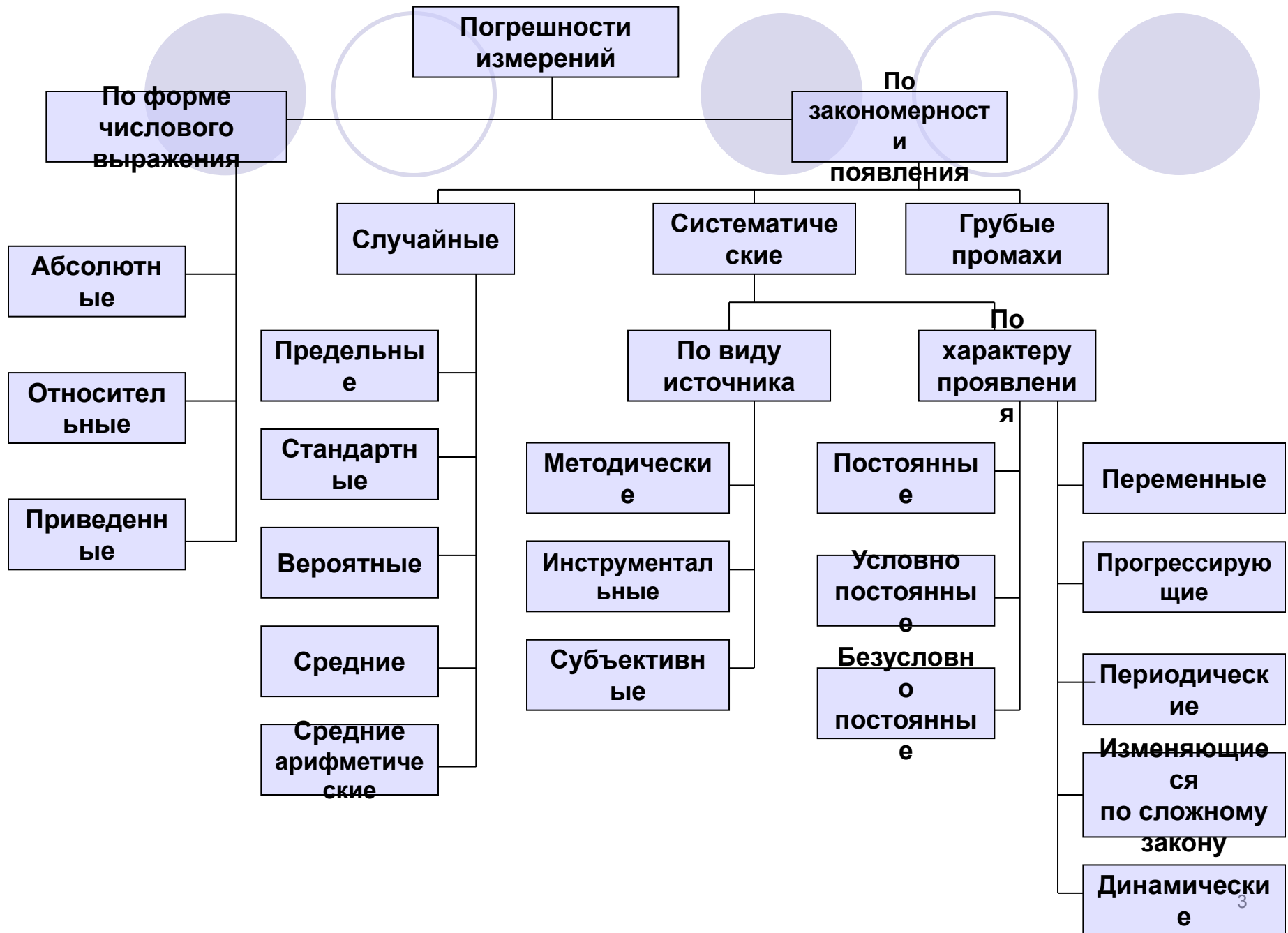
План :

1. Понятие погрешности.
2. Классификация погрешностей и их описание.
3. Закономерности формирования результата измерений.
4. Алгоритмы обработки многократных измерений.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

1 Понятие погрешности

- **Погрешность результата измерения** — это отклонение результата измерений ($X_{\text{изм}}$) от истинного (действительного) значения ($X_{\text{ист(действ)}}$) измеряемой величины. Чаще всего она указывает границы неопределенности значения измеряемой величины.
- **Погрешность средства измерения** — это разность между показанием средства измерения и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины. Она характеризует точность результатов измерений, проводимых данным средством. Эти два понятия во многом близки друг другу и классифицируются по одинаковым признакам.



ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

По форме представления (способу выражения) :

- *абсолютная погрешность*, выраженная в единицах измеряемой величины

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_{\text{ист(действ)}}$$

- *относительная погрешность* — отношение абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины или принятому опорному значению (ГОСТ Р ИСО 5725-2002)

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{\text{ист (действ)}}} = \frac{X_{\text{изм}} - X_{\text{ист (действ)}}}{X_{\text{ист (действ)}}},$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- Погрешность средств измерений вычисляется по формуле:

$$\Delta X_n = X_n - X_{\text{ист(действ)}}$$

где X_n — показания прибора; $X_{\text{ист(действ)}}$ — истинное (действительное) значение измеряемой величины.

- Приведенная погрешность СИ — это относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона

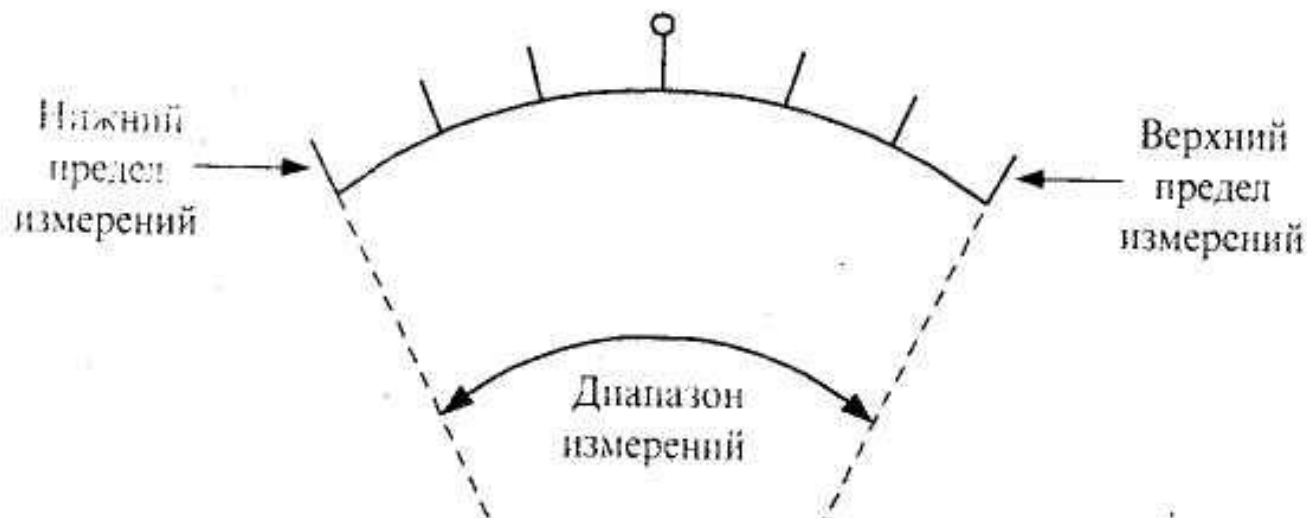
$$\nu = \pm \frac{\Delta X_n}{X_n} 100 \%$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- X_n - нормирующее значение.

Нормирующее значение прибора чаще всего принимается равным верхнему пределу измерений для данного средства измерений (в случае, если нижний предел — нулевое значение односторонней шкалы прибора). В случае двузначного отсчетного устройства (шкалы) прибора нормирующее значение отнесено к диапазону измерений.



Двузначное отчетное устройство

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

В качестве истинного значения при многократных измерениях одного и того же параметра используют среднее арифметическое значение :

$$X_{\text{ист}} \approx \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

где X_i — результат i -го единичного определения; n — число единичных измерений в ряду.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

Величина X , полученная в одной серии измерений, является случайным приближением к $X_{ист}$. Для оценки ее возможных отклонений от $X_{ист}$ определяют среднюю квадратичную погрешность (СКП) которая получена из ряда равноточных измерений.

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}},$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- Для оценки рассеяния единичных результатов измерений в ряду равноточных измерений одной и той же физической величины около среднего их значения используют среднюю квадратичную погрешность измерений (СКП):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}},$$

при $n < 20$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

при $n > 20$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}},$$

СКП из серии измерений всегда меньше, чем в каждом отдельном измерении, отсюда следует, что для повышения точности измерений необходимо увеличивать число измерений.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

По характеру проявления погрешности делятся на систематические и случайные.

- ***Систематическая погрешность*** — одна из составляющих погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющейся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

Величина систематической погрешности характеризует второй показатель качества — правильность полученного результата: чем меньше величина $\Delta_{\text{сис}}$, тем правильнее полученный результат.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

В зависимости от характера измерения систематические погрешности подразделяют на ***постоянные, прогрессивные, периодические и погрешности, изменяющиеся по сложному закону.***

- ***Постоянные погрешности***, которые сохраняют свое значение в течение всего периода выполнения измерений. Эти погрешности, как правило, легко могут быть выявлены и учтены путем введения соответствующих поправок в результат измерения.

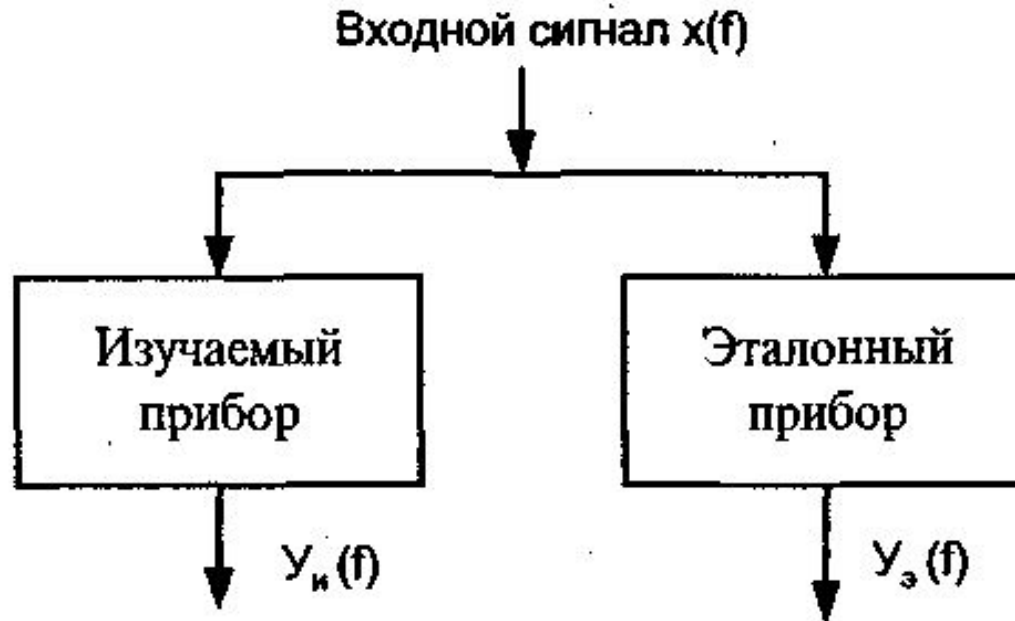
ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- **Прогрессивные погрешности** — это непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. Они вызываются процессами износа или старения узлов и деталей средств измерения. К ним могут относиться погрешности от износа контактирующих деталей средств измерения, старение отдельных элементов (конденсаторов, резисторов и т.д.) средств измерения.
- В ряде случаев погрешности могут меняться периодически во времени или при перемещении указателя измерительного прибора. Такие **погрешности называются периодическими**. Обычно такие погрешности встречаются в угломерных приборах с круговой шкалой.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.



$$\Delta_c = y_u - y_z,$$

где y_u — результат измерения изучаемого прибора; y_z — результат измерения эталонного прибора.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- *Случайными называются погрешности, изменяющиеся случайным образом (по знаку и значению) при одинаковых повторных измерениях одной и той же величины. Эти погрешности возникают в результате влияния на процесс измерения многочисленных случайных факторов, учесть которые практически невозможно.*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

Величина случайной погрешности $\Delta_{сл}$ характеризует третий показатель качества измерений – **сходимость результатов** при повторных измерениях одного и того же значения измеряемой ФВ, выполненных одним и теми же СИ, одними и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

К случайной погрешности, как правило, относится и ***промах*** (грубая погрешность измерений), характеризующийся тем, что погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

По условиям проведения измерений погрешности средств измерений делятся на основные и дополнительные.

- *Основной называется погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях. Эти условия устанавливаются в нормативно-технических документах на данный вид или тип средств измерений (температура окружающей среды, влажность, давление, напряжение питающей электрической сети и др.) и при них нормируется его погрешность.*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- Значения погрешностей средств измерений, эксплуатируемых в условиях, отличающихся от нормальных, будут различными и плохо контролируруемыми. Составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального его значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений, называется *дополнительной погрешностью*.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

В большинстве нормативно-технических документов на средства измерений за нормальные значения принимаются следующие:

- температура окружающей среды (293 ± 5) К;
- относительная влажность (65 ± 15) % ;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа (750 ± 30) мм рт. ст.);
- напряжение питающей электрической сети $(220 \pm 4,4)$ В с частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

*По причине возникновения погрешности
разделяются на инструментальные,
методические и субъективные.*

- *Инструментальная погрешность обусловлена
несовершенством средств измерений и их
конструктивными особенностями. Иногда эту
погрешность называют приборной или аппаратурной.*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

- *Методическая погрешность* обусловлена несовершенством и недостатками применяемого в средстве измерений метода измерений и упрощений при разработке конструкции средства измерений, а также возможными недостатками методик измерений.
- *Субъективная (личная) погрешность* измерения обусловлена погрешностью отсчета оператором показаний по шкале средства измерений вследствие индивидуальных особенностей оператора (внимание, зрение, подготовка и др.). Эти погрешности практически отсутствуют при использовании автоматических или автоматизированных средств измерений.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

По характеру измерения физической величины погрешности средства измерений разделяются на **статические и динамические.**

- Погрешность средства измерений, применяемого при измерении физической величины, которая за время измерений не изменяется, носит название **статической погрешности.**
- А погрешность, возникающая при измерении изменяющейся в процессе измерений физической величины, — **динамической погрешности.**

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

2 Классификация погрешностей и их описание.

*По характеру зависимости от измеряемой величины X различают погрешности **аддитивные** – не зависящие от X (т.е. $\Delta X = \text{const}$ для любых значений X в пределах диапазона измерений) и **мультипликативные** – линейно или нелинейно зависящие от X (в этом случае $\Delta X = f(X)$).*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

Правила суммирования составляющих погрешности.

- *Определение суммарной систематической погрешности.*

$$\Delta X_{\text{сис}\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta X_{\text{сис}i}$$

Границы суммарной систематической погрешности определяют, задав желаемый уровень доверительной вероятности P по формуле:

$$\pm \Delta X_{\Sigma \text{сис}.P} = K_P \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta X_{\text{сис}.i}^2}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

Коэффициент K_p зависит от доверительной вероятности P и от числа суммируемых составляющих. На практике используют усреднённое значение коэффициента:

P	0,9	0,95	0,98	0,99
K_p	0,95	1,1	1,3	1,4

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

- Определение *суммарной случайной составляющей погрешности*. (В том случае, когда есть несколько независимых причин, вызывающих случайную погрешность, причем каждая составляющая, в общем случае, может иметь свой закон распределения).

Если составляющие случайной погрешности известны и характеризуются СКП (средней квадратической погрешностью) S_i , то суммарная СКП:

При независимых составляющих

При наличии корреляции

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2}$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2 + 2 \sum_{i \approx j}^n \rho_{ij} S_i S_j}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

- Определение *общей погрешности результата измерений* с учетом суммарной систематической и суммарной случайной составляющих погрешности.

(ГОСТ 8.207-76.)

1 Если отношение

$$K = \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}} < 0.8$$

$$\Theta_{\Sigma} = K_P \sqrt{\sum_{i=1}^n \Theta_i^2}$$

где Θ_i – не исключенные остатки систематических погрешностей
или Θ_{Σ} – суммарная СКП

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2}$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2 + 2 \sum_{i \approx j}^n \rho_{ij} S_i S_j}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

ТО НЕИСКЛЮЧЕННЫМИ СИСТЕМАТИЧЕСКИМИ погрешностями *пренебрегают* и в качестве границ общей погрешности принимают границы доверительного интервала случайной погрешности:

$$\Delta X_{\text{общ}} = \pm \Delta X_{\text{случ}} = \pm t_p S_{\Sigma}$$

где t_p – коэффициент Стьюдента,
 S_{Σ} – суммарная СКП.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

- 2 Если отношение

$$K = \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}} \gg 8$$

то *пренебрегают случайной погрешностью* и в качестве границ общей погрешности принимают границы суммарной систематической погрешности:

$$\Delta X_{\text{общ}} = \pm \Theta_{\Sigma}(P_{\text{дов}})$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений.

3 Если же $0,8 \leq K \leq 8$, границы общей погрешности следует находить, пользуясь эмпирическими формулами

$$\Delta X_{\text{общ}}(P_{\text{дов}}) = K_{P_{\text{дов}}} \left[\Theta_{\Sigma}(P_{\text{дов}}) + \Delta X_{\text{случ}}(P_{\text{дов}}) \right]$$

- где $K_{P_{\text{дов}}}$ - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности и величины коэффициента

$$K = \frac{\Theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}$$

Окончательный результат представляется в виде:

$$X = X_{\text{изм}} \pm \Delta X_{\text{общ}}; P_{\text{дов}} = A$$

$$X_{\text{изм}} - \Delta X_{\text{общ}} \leq X \leq X_{\text{изм}} + \Delta X_{\text{общ}}; P_{\text{дов}} = A$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений

Правила округления значения погрешности и записи результата измерений.

Погрешность результата измерений позволяет определить те цифры результата, *которые являются достоверными*. В метрологии существуют следующие правила.

1. *Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них 3 или меньше, и одной — если первая цифра 4 и более. Эти правила следует соблюдать только при округлении расчетного значения погрешности. Значащими цифрами числа считаются все цифры от первой слева, не равной нулю, до последней справа цифры, при этом нули, записанные в виде множителя 10^n , не учитываются.*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений

2. *Результат измерения округляется до того же десятичного разряда, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. (Например, результат 85,6342, погрешность $\pm 0,01$. Результат округляют до 85,63. Тот же результат при погрешности в пределах $\pm 0,015$ следует округлить до 85,634).*
3. *Округление производится лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления проводят с одним - двумя лишними знаками.*

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений

4. *Округление следует выполнять сразу до желаемого числа значащих цифр, поэтапное округление приводит к ошибкам.*
- Лишние цифры в целых числах заменяют нулями, а в десятичных дробях отбрасывают. (Например, число 165 245 при сохранении четырех значащих цифр округляют до 165 200, а число 165,245 — до 165,2.)
 - Если десятичная дробь оканчивается нулями, они отбрасываются только до разряда, который соответствует разряду погрешности. (Например, результат измерений 235,200, погрешность $\pm 0,05$. Результат округляют до 235,20. Тот же результат при погрешности в пределах $\pm 0,015$ следует округлить до 235,200.)

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений

- Если первая (считая слева направо) из заменяемых нулями или отбрасываемых цифр меньше 5, остающиеся цифры *не изменяются*.

Если первая из этих цифр равна 5, а за ней не следует никаких цифр, или идут нули, то, *если последняя цифра в округляемом числе четная или ноль, она остается без изменения, если нечетная — увеличивается на единицу*. (Например, число 1234,50 округляют до 1234, а число 8765,50 — до 8766.)

Если первая из заменяемых нулями или отбрасываемых цифр больше 5 или равна 5, но за ней следует значащая цифра, *то последняя остающаяся цифра увеличивается на единицу*. (Например, число 6783,6 при сохранении четырех значащих цифр округляют до 6784, а число 12,34520 — до 12,35.)

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

3 Закономерности формирования результата измерений

- Особенно внимательно следует относиться к записи результата измерения без указания погрешности, так как записи результата $2,4 \cdot 10^3$ В и 2400 В *не являются тождественными*. Первая запись означает, что верны цифры тысяч и сотен вольт и истинное значение может находиться в интервале от 2,351 кВ до 2,449 кВ (так как расчетные значения 2,351 и 2,449 будут округлены до 2,4). Запись 2400 означает, что верны и единицы вольт, следовательно, истинное значение напряжения может находиться в интервале от 2399,51 В до 2400,49 В (поскольку в обоих случаях результат будет округлен до 2400 В).

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

Алгоритм обработки прямых многократных измерений

- исправляют результаты наблюдений исключением систематической погрешности;
- вычисляют среднее арифметическое значение по формуле:

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

- вычисляют выборочное СКО от значения погрешности измерений по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

- исключают промахи;
- определяют закон распределения случайной составляющей;
- при заданном значении доверительной вероятности P и числе измерений n по таблицам определяют коэффициент Стьюдента ;
- находят границы доверительного интервала для случайной погрешности ;

$$\Delta_{\text{случ}} = \pm t_p S_{\bar{x}}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

- если величина $\Delta_{случ}$ сравнима с абсолютным значением погрешности СИ $\Delta_{СИ}$, то величину считают неисключенной систематической составляющей и в качестве доверительного интервала вычисляют величину

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_{случ})^2 + \left[\frac{t_p(\infty)}{3} \Delta_{СИ} \right]^2} = \sqrt{(\Delta_{случ})^2 + \left(\frac{1,96}{3} \Delta_{СИ} \right)^2}$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

- или по упрощенной формуле ,

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{t_p^2 S_{\bar{x}}^2 + \Theta^2}$$

где Θ границы неисключенной составляющей погрешности;

- окончательный результат записывают в виде

$$x = \bar{x} \pm \Delta_{\Sigma} \quad \text{при вероятности } P.$$

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ИСКЛЮЧЕНИЕ ГРУБЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ.

Установлены критерии для выявления промахов. Если априорно известна точность измерений через величину СКО (σ), то при нормальном распределении экспериментальных данных предельно допустимые отклонения от среднего значения, составляют не более чем:

- $2/3 \sigma$ с вероятностью не менее $P=0,5$;
- σ с вероятностью не менее $P=0,68$;
- 2σ с вероятностью не менее $P=0,95$;
- $2,6 \sigma$ с вероятностью не менее $P=0,99$;
- 3σ с вероятностью не менее $P=0,997$.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

- **Романовского**, при числе измерений $n \leq 20$.

$$t_i = \frac{|x_i - \bar{X}|}{\sigma}$$

где x_i — проверяемое экспериментальное данные.

Значение t_i сравнивается с табличным t_T . Если $t_i \geq t_T$, то проверяемое значение считается промахом.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

- **Шарлье**, при большом числе измерений $20 < n < 100$. Промахом считаются результаты, для которых выполняется неравенство:

$$|x_i - \bar{X}| > K_{\text{ш}} \sigma$$

где $K_{\text{ш}}$ значения критерия Шарлье (табличные).

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

4 Алгоритмы обработки многократных измерений

- **Диксона**, при небольшом числе экспериментальных данных:

$$K_D = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}$$

где x_n – проверяемое значение, x_1 первое в ряду.

Значение является промахом, если $K_D > z_q$, z_q – табличное значение, для числа измерения n и заданного уровня значимости q .

- **Шовине**, при $n < 10$. Промахом считаются результаты, для которых выполняется неравенство:

$$|\bar{x} - x_i| > \begin{cases} 1.6\sigma & \text{при } n = 3 \\ 1.7\sigma & \text{при } n = 6 \\ 1.9\sigma & \text{при } n = 8 \\ 2.0\sigma & \text{при } n = 10 \end{cases}$$