

Специзмерения в системах автоматики и телемеханики

Кафедра «Железнодорожная автоматика,
телемеханика и связь»

к. т. н., доцент Иконников С.Е.

Общие понятия и определения

Измерение – это нахождение значений физической величины специальными техническими средствами. Измерения позволяют количественно познать свойства физических объектов.

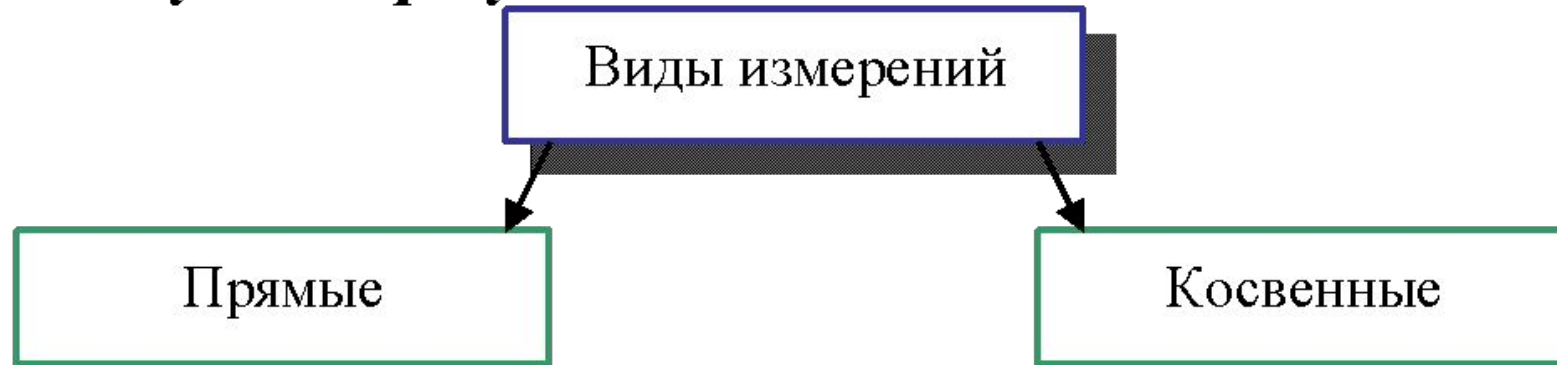
Выбор измерительных средств и оценка точности производимых ими измерений осуществляется на основании их *метрологических характеристик*.

Метрологические характеристики средств измерений – это оценка их свойств, оказывающих влияние на результаты измерений и на погрешности измерений.

Стандарты устанавливают номенклатуру метрологических характеристик средств измерений и их способы представления в нормативно-технической документации.

Классификация видов измерений

По способам получения результатов:



Измеряемые величины проявляются непосредственно на измерительном приборе, отградуированном в требуемых единицах

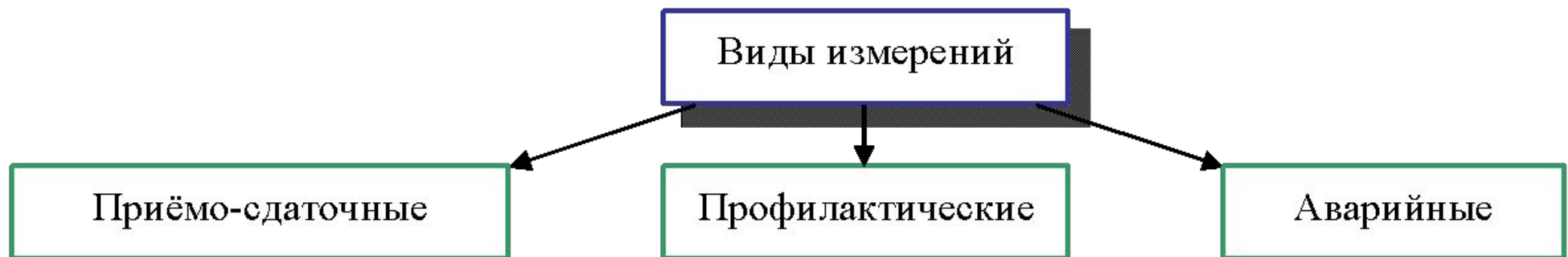
Пример: измерение напряжения вольтметром

Осуществляют измерение других физических величин, а искомое значение требуемой величины определяют на основе математических зависимостей (аналитических, графических, либо табличных).

Пример: измерение аргумента сопротивления методом трех вольтметров.

Классификация видов измерений

По назначению:



– *Используют* для установления соответствия параметров аппаратуры нормативным значениям (в соответствии со стандартами, техническими условиями и техническими заданиями).

– *Осуществляют* при вводе в эксплуатацию новых устройств или после их модернизации.

– *Используют* для определения соответствия параметров аппаратуры нормативным значениям, а при выявлении отклонений от нормативных значений – приведения их в соответствие путем выполнения ремонта, настройки и регулировки аппаратуры.

– *Осуществляют* во время эксплуатации в установленное время (периодически).

– *Используют* для установления характера и причин отказа работы устройств, повлекшего за собой аварию или сбой в движении поездов, а также лиц, ответственных за данную аварию.

– *Осуществляют* при возникновении аварии или сбоя в движении поездов вследствие отказа аппаратуры.

Классификация погрешностей и методы обработки результатов измерений

При измерениях имеет место отличие показаний прибора от истинного значения измеряемой величины – *погрешность*.

Классификация погрешностей:

а) по способу выражения



Относительную погрешность *стрелочных* измерительных приборов часто выражают в процентах от *верхнего* предела измерений x_{max} :

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

Если шкала прибора при этом начинается с *нулевой отметки*, то относительная погрешность прибора одновременно является и *приведённой*.

Классификация погрешностей:

б) по закономерности возникновения



Представляют собой периодически изменяющееся или постоянное отклонение измеренного значения от истинного, полностью сохраняющееся при проведении ряда измерений в неизменных условиях. *Возникают* вследствие конструктивных недостатков измерительных приборов (инструментальных погрешностей), неточности эмпирических формул, индивидуальных особенностей экспериментатора и т.д.

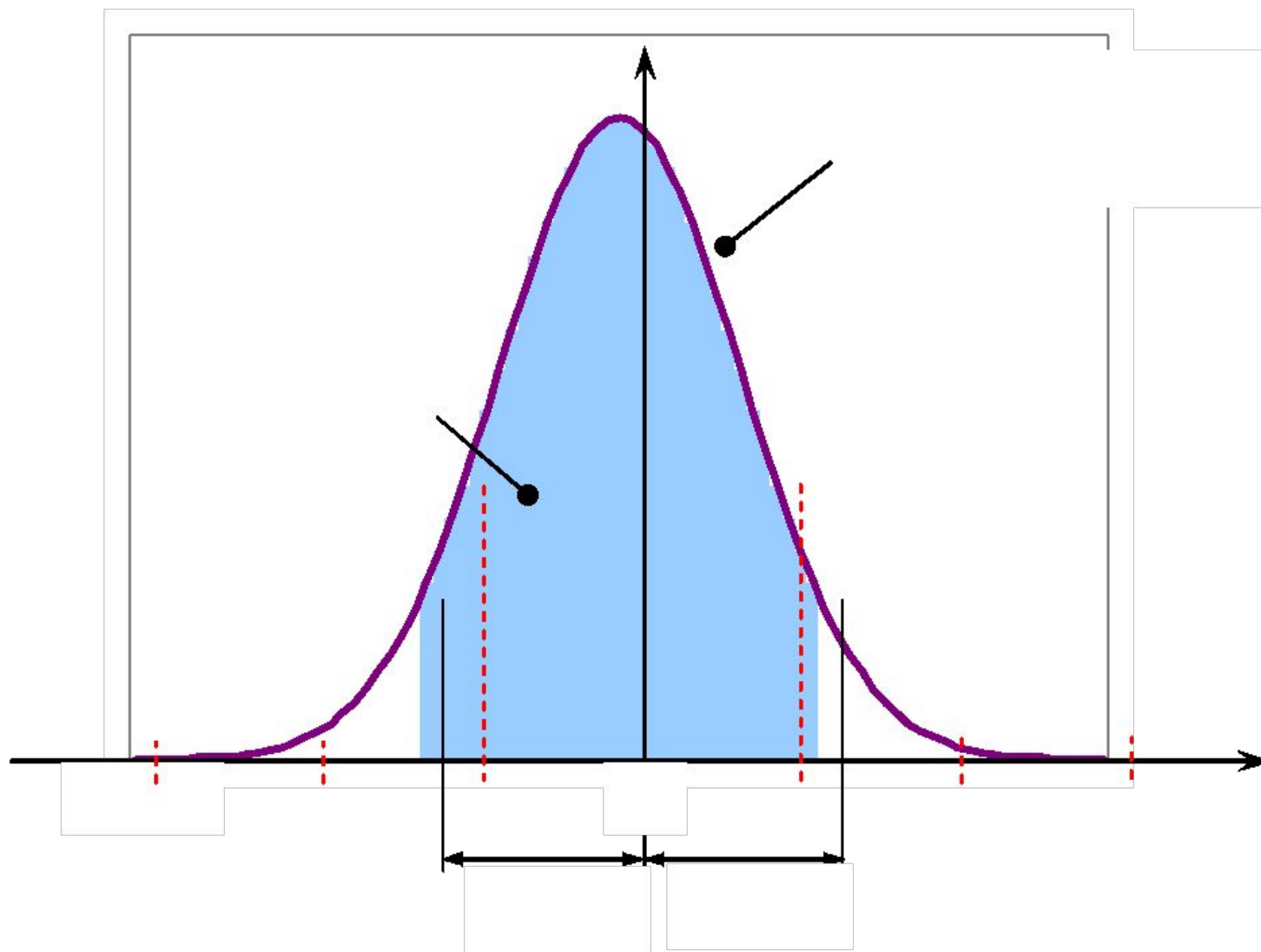
Представляют собой ошибку, приводящую к ошибочному суждению о результатах измерения. *Возникают* вследствие ошибочного восприятия экспериментатором результатов измерения, незамеченного переключения измерительного прибора в другой режим или в иной диапазон измерения и т.д. **Недопустимы!!!**

Представляют собой случайные отклонения измеренного значения величины, изменяющиеся в каждом измерении, при неизменных с точки зрения экспериментатора условиях. *Возникают* вследствие действия большого числа случайных причин, неучитываемых экспериментатором (изменения напряжения и частоты тока в сети, электромагнитные наводки и т.д.).

Случайные погрешности.

Пусть проводятся многократные измерения $i=1, 2, \dots, N$ некоторой величины в неизменных с точки зрения экспериментатора условиях и при влиянии только случайных внешних факторов. В этом случае результат каждого i -го измерения x_i будет отличаться от истинного x на случайную величину Δx_i , причем, как правило, он не совпадает с результатами остальных $N-1$ измерений: $\Delta x_i \neq \Delta x_j$ ($j=1, 2, \dots, N; j \neq i$). Следовательно, истинное значение есть величина вероятностная и может быть найдено на основе статистически выявляемых закономерностей. Кривые статистических распределений позволяют определить доверительный интервал изменения измеряемой величины $x_{\text{ниж}} \leq x \leq x_{\text{верх}}$ за пределы которого она не выходит с указанной экспериментатором доверительной вероятностью $0 \leq P_{\text{дог}} \leq 1$ (доверительная вероятность характеризует надежность задания случайной погрешности в виде доверительного интервала).

В частности, для часто используемого на практике нормального (гауссовского) закона распределения случайной погрешности взаимосвязь между доверительным интервалом $\Delta_{\text{дог}}$ и доверительной вероятностью $P_{\text{дог}}$ представлена на рисунке 1.



где — оценка истинного значения (среднее значение по результатам измерений);
 — среднее квадратичное отклонение.

Рис. 1. Плотность распределения случайной погрешности

Как видно из рисунка 1, доверительная вероятность $P_{\text{доп}}$ геометрически представляет собой площадь фигуры, ограниченной снизу началом координат, сверху – плотностью распределения погрешности измерений f , а слева и справа – прямыми, параллельными оси ординат и проходящими через точки, отстоящие от оценки истинного значения измеряемой величины a на $\pm \Delta_{\text{доп}}$. Таким образом, **чем больше требуется доверительная вероятность** того, что ошибка измерений не выйдет за границы доверительного интервала (площадь выделенной заливкой на рис. 1 фигуры можно изменять, перемещая левую и правую ограничивающие линии вдоль оси абсцисс), **тем больше сам доверительный интервал**.

Принято доверительный интервал $\Delta_{\text{доп}}$ выражать как число, кратное среднему квадратичному отклонению σ (см. рис. 1):

$$\Delta_{\text{доп}} = k \cdot \sigma,$$

где $k = 1, 2, \dots, m$.

В этом случае значения доверительной вероятности уже рассчитаны.

Например, при:

$-\Delta_{\text{доп}} = 1 \cdot \sigma$ доверительная вероятность того, что измеренное значение величины не выйдет за пределы $a \pm \Delta_{\text{доп}}$ составит $P_{\text{доп}} = 0.68$, то есть при проведении 100 измерений результаты примерно 68 измерений будут в пределах $a \pm \Delta_{\text{доп}}$, а 32 – выйдут за пределы доверительного интервала;

$-\Delta_{\text{доп}} = 2 \cdot \sigma$ доверительная вероятность составит $P_{\text{доп}} = 0.95$;

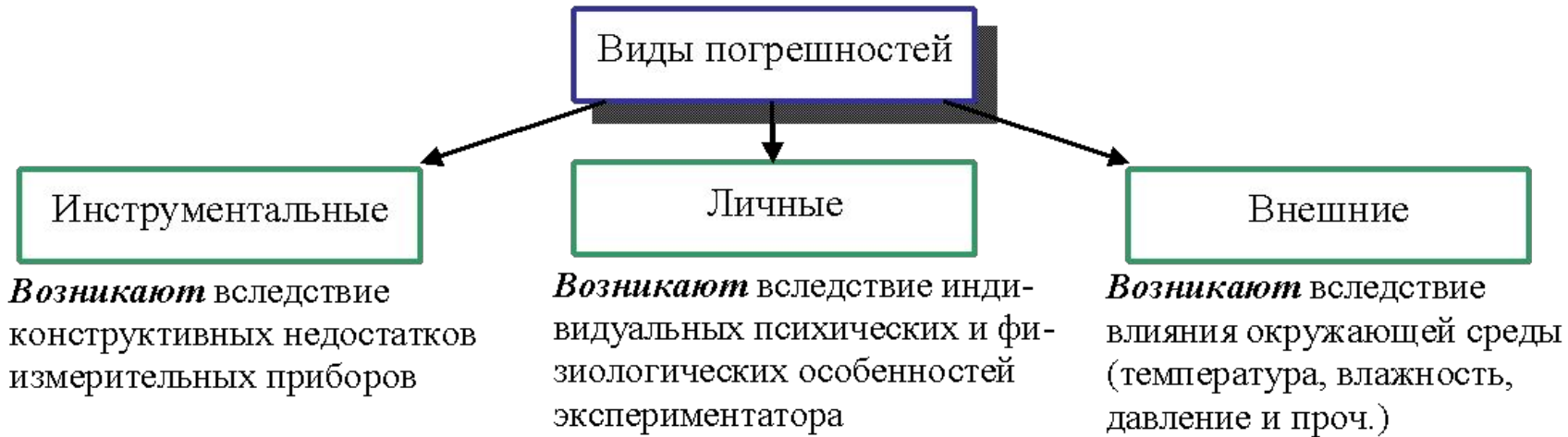
$-\Delta_{\text{доп}} = 3 \cdot \sigma$ доверительная вероятность составит $P_{\text{доп}} = 0.997$;

$-\Delta_{\text{доп}} = 4 \cdot \sigma$ доверительная вероятность составит $P_{\text{доп}} = 0.999$.

В большинстве практических применений ограничиваются значением доверительного интервала $\Delta_{\text{доп}} = 3 \cdot \sigma$.

Классификация погрешностей:

в) по источникам возникновения



Точность измерительного прибора оценивают **классом точности**, который характеризует приведенную погрешность прибора. Различают восемь классов точности измерительных приборов: 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 4. Численное значение класса точности характеризует приведенную погрешность измерительного прибора в процентах.

Зная класс точности прибора легко оценить относительную погрешность измерения:

$$\delta x = \eta \cdot \frac{A}{B},$$

где η – класс точности измерительного прибора;

A – верхний предел измерения;

B – измеренное значение величины.



Дроссель-трансформатор — устройство для пропуска тягового тока из одной [рельсовой цепи](#) — устройство для пропуска тягового тока из одной рельсовой цепи в другую в обход [изолирующих стыков](#) — устройство для пропуска тягового тока из одной рельсовой цепи в другую в обход изолирующих стыков на электрифицированных линиях с [автоматической блокировкой](#).

Дроссель-трансформаторы устанавливаются на электрифицированных участках у изолирующих стыков: на [перегонах](#) — на обочине земляного полотна, на [станциях](#) — в [междупутьях](#).

Дроссель-трансформатор представляет собой сердечник, на который наложены основная и дополнительная обмотки. Сердечник с обмотками помещён в чугунный корпус, залитый трансформаторным маслом, и закрыт крышкой с пробками для контроля уровня масла.

Основная обмотка, рассчитанная на пропуск тягового тока, имеет три вывода: два крайних вывода подключают к [рельсовым](#) нитям, а третий — к среднему выводу дроссель-трансформатора смежной рельсовой цепи (РЦ).

Дополнительные обмотки дроссель-трансформатора используют для подключения аппаратуры питающего и релейного