



# лекция 1 Метрология

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

- Предмет метрологии
- Задачи метрологии
- Точность измерений
- Погрешность измерений
- Метрологическое обеспечение
- Физическая величина

**Метрология** (от греч. "метрон" - мера и "логос" - учение) - это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений.



занимается вопросами фундаментальных исследований, созданием системы единиц измерений, физических постоянных, разработкой новых методов измерения



занимается вопросами практического применения в различных сферах деятельности результатов теоретических исследований в рамках метрологии



включает совокупность взаимообусловленных правил и норм, направленных на обеспечение единства измерений, которые возводятся в ранг правовых положений, имеют обязательную силу и находятся под контролем государства.



**Предмет метрологии** - извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

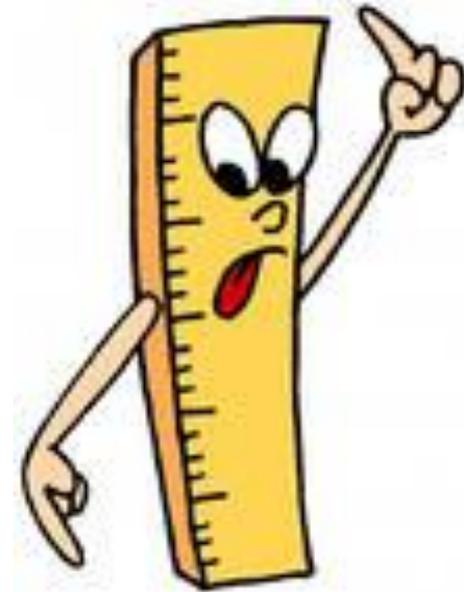
**Средства метрологии** – это совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

**Объекты метрологии:**

- измеряемая (в том числе физическая) величина;
- единица физической величины;
- измерение;
- погрешность измерений;
- метод измерений;
- средство измерений.

**Основные задачи метрологии:**

- установление единиц физических величин и их эталонов,
- создание методов и средств измерений,
- обеспечение единства измерений,
- разработка методов оценки погрешностей измерений..



## *Основное понятие метрологии - измерение.*

- Значимость измерений выражается в трех аспектах: *философском, научном и техническом.*
- Философский аспект состоит в том, что измерения являются важнейшим универсальным методом познания физических явлений и процессов.
- Научный аспект измерений состоит в том, что с их помощью в науке осуществляется связь теории и практики. Без измерений невозможна проверка научных гипотез и соответственно развитие науки.
- Технический аспект измерений состоит в том, что измерения обеспечивают получение количественной информации об объекте управления или контроля.
- Без нее невозможно
  - - *точное воспроизведение всех заданных условий технического процесса,*
  - - *обеспечение высокого качества изделий,*
  - - *эффективное управление объектом.*

# История развития метрологии

- Измерения - одно из самых древних занятий в познавательной деятельности человека.
- В древнейшие времена люди обходились только счётом однородных объектов - голов скота, числа воинов и т.п. Такой счет не требовал введения понятия физической величины (ФВ) и установления условных единиц измерения.
- Не было потребности в изготовлении и использовании специальных технических средств для проведения счета.
- Однако по мере развития общества появилась необходимость в количественной оценке различных величин - расстояний, веса, размеров, объемов и т.д.
- Эту оценку тоже старались свести к счету, для чего выбирались природные и антропологические единицы.
- Например, время измерялось в сутках, годах; линейные размеры - в локтях, ступнях; расстояния - в шагах, сутках пути.
- Позже, в процессе развития промышленности, были созданы специальные устройства - средства измерений, предназначенные для количественной оценки различных величин. Так появились часы, весы, меры длины и другие измерительные устройства.
- На определенном этапе своего развития измерения стали причиной возникновения метрологии.
- Долгое время она существовала как описательная наука, констатирующая сложившиеся в обществе соглашения о мерах используемых величин.

- Развитие науки и техники привело к использованию множества мер одних и тех же величин, применяемых в различных странах. Так, расстояние в России измерялось верстами, а в Англии - милями. Очень часто одна и та же мера имела различные значения в разных странах, а иногда даже городов

миля англ.  
миля географ. нем.  
миля лондонская  
миля морская  
миля морская амер.  
миля русская  
миля уставная

фут  
фут аргентинск.  
фут баварск.  
фут баденск., швецарск.  
фут бельгийск.  
фут венецианск.  
фут датский.  
фут итальянск.  
фут римский.  
фут саксонск.  
фут финский.

центнер  
центнер большой (длинный)  
центнер венгерск.  
центнер голландск.  
центнер датск.  
центнер лейпцигск.  
центнер малый (короткий)  
центнер нем.  
центнер польск.  
центнер финск.  
центнер шведск.

фунт амстердамск.  
фунт аргентинск.  
фунт бразильск.  
фунт венецианск.  
фунт голландск. аптекарский  
фунт голландск., франц. метрический  
фунт испанск.  
фунт итальянск. метрический  
фунт корабельный  
фунт норвежск.  
фунт русский  
фунт русский аптекарский  
фунт сицилийск.  
фунт тройский

- Все это существенно затрудняло сотрудничество между государствами в торговле, науке.
- Для унификации единицы ФВ, независимости от времени и разного рода случайностей во Франции была разработана метрическая система мер. Эта система строилась на основе естественной единицы - метра, равного одной сорокамиллионной части меридиана, проходящего через Париж.
- За единицу массы принимался килограмм - масса кубического дециметра чистой воды при температуре +4°C.
- Учредительное собрание Франции 26 марта 1791 г. утвердило предложения Парижской академии наук, но только в 1840 г. метрическая система мер была введена во Франции.

- В 1875 г. семнадцать государств, в том числе и Россия, на дипломатической конференции подписали Метрическую конвенцию.
- Согласно этой конвенции, устанавливается международное сотрудничество подписавших ее стран.
- Для этого было создано Международное бюро мер и весов (МБМВ), находящееся в г.Севре близ Парижа.
- В нем хранятся международные прототипы ряда мер и эталоны единиц некоторых ФВ.

# Физические величины (ФВ)

*Физической величиной* называют одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением.



обозначение - символ **dim**

Размерность основных величин:

- длины  $\dim l = L$ ,
- массы  $\dim m = M$ ,
- времени  $\dim t = T$ .

Размерность производных величин:

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma \dots,$$

где  $\dim Q$  - размерность какой-либо физической величины  $Q$ ;  $L, M, T \dots$  - размерности основных физических величин;  $\alpha, \beta, \gamma \dots$  - показатели размерности. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным числом, нулем.

значение величины получают в результате ее измерения или вычисления в соответствии с

*основным уравнением измерения:*

$$Q = X [Q],$$

где  $Q$  - значение величины;  $X$  - числовое значение измеряемой величины в принятой единице;  $[Q]$  - выбранная для измерения единица.

*Значение физической величины  $Q$*  - это оценка ее размера в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

*Числовое значение физической величины  $q$*  - отвлеченное число, выражающее отношение значения величины к соответствующей единице данной ФВ 9

# Значения физических величин

(в зависимости от степени приближения к объективности)



**Истинное значение физической величины** - это значение, идеально отражающее в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта.

Из-за несовершенства средств и методов измерений истинные значения величин практически получить нельзя. Их можно представить только теоретически. А значения величины, полученные при измерении, лишь в большей или меньшей степени приближаются к истинному значению.

**Действительное значение физической величины** - это значение величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

# Классификация физических величин



## Единица физической величины (ЕФВ)

– физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

**Единицы физических величин** объединяются по определенному принципу в **системы единиц**.

Эти принципы заключаются в следующем: произвольно устанавливают единицы для некоторых величин, называемых **основными единицами**, и по формулам через основные получают все производные единицы для данной области измерений. Впервые предложил методику построения систем единиц ФВ как совокупности основных и производных величин К.Гаусс в 1832 г.

Он построил систему единиц, названную абсолютной, в которой за основу были приняты три произвольные, независимые друг от друга единицы: длины - миллиметр, массы - миллиграмм и времени - секунда.

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам Международной организации мер и весов (МОМВ) была принята **Международная система единиц (SI)**, которая в Украине применяется с 1 января 1963 г.

### Достоинства системы SI:

- универсальность – охват всех областей науки и техники;
- унификация единиц для всех областей и видов измерений (механических, тепловых, электрических, магнитных и т. д.);
- когерентность единиц – все производные единицы SI получаются из уравнений связи между величинами, в которых коэффициенты равны единице;
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью в соответствии с их определениями;
- упрощение записи уравнений и формул в физике, химии, а также в технических расчетах в связи с отсутствием переводных коэффициентов;
- уменьшение числа допускаемых единиц;
- единая система образования кратных и дольных единиц, имеющих собственные наименования.

- В качестве **основных** приняты: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела.
- Метр - расстояние, которое проходит в вакууме плоская электромагнитная волна за  $1/299792458$  долю секунды.
- Килограмм - единица массы, определяемая как масса международного прототипа килограмма, представляющего собой цилиндр из сплава платины и иридия. Современное развитие науки пока не позволяет с достаточной степенью точности связать килограмм с естественными атомными константами. До сих пор килограмм является чисто договорной единицей.
- Секунда равна  $9\,192\,631\,770$  периодам излучения, соответствующего энергетическому переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133.
- Ампер - сила неизменяющегося тока, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывал бы силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждом участке проводника длиной 1 м.
- Кельвин - единица термодинамической температуры, равная  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды, т.е. температуры, при которой три фазы воды - парообразная, жидкая и твердая - находятся в динамическом равновесии.
- Моль - количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится в углероде-12 массой 0,012 кг.
- Кандела - сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, чья энергетическая сила излучения в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср (ср - стерадиан).

# Международная система единиц (SI)

## Основные величины и основные единицы физических величин

| Величина                      |             |                      | Единица величины |             |               |
|-------------------------------|-------------|----------------------|------------------|-------------|---------------|
| наименование                  | обозначение | размерность (символ) | наименование     | обозначение |               |
|                               |             |                      |                  | русское     | международное |
| Длина                         | l           | L                    | метр             | м           | m             |
| Масса                         | m           | M                    | килограмм        | кг          | kg            |
| Время                         | t           | T                    | секунда          | с           | s             |
| Сила электрического тока      | i           | I                    | ампер            | A           | A             |
| Термодинамическая температура | T           | θ                    | кельвин          | K           | K             |
| Сила света                    | J           | J                    | кандела          | кд          | kd            |
| Количество вещества           | n           | N                    | моль             | моль        | mol           |

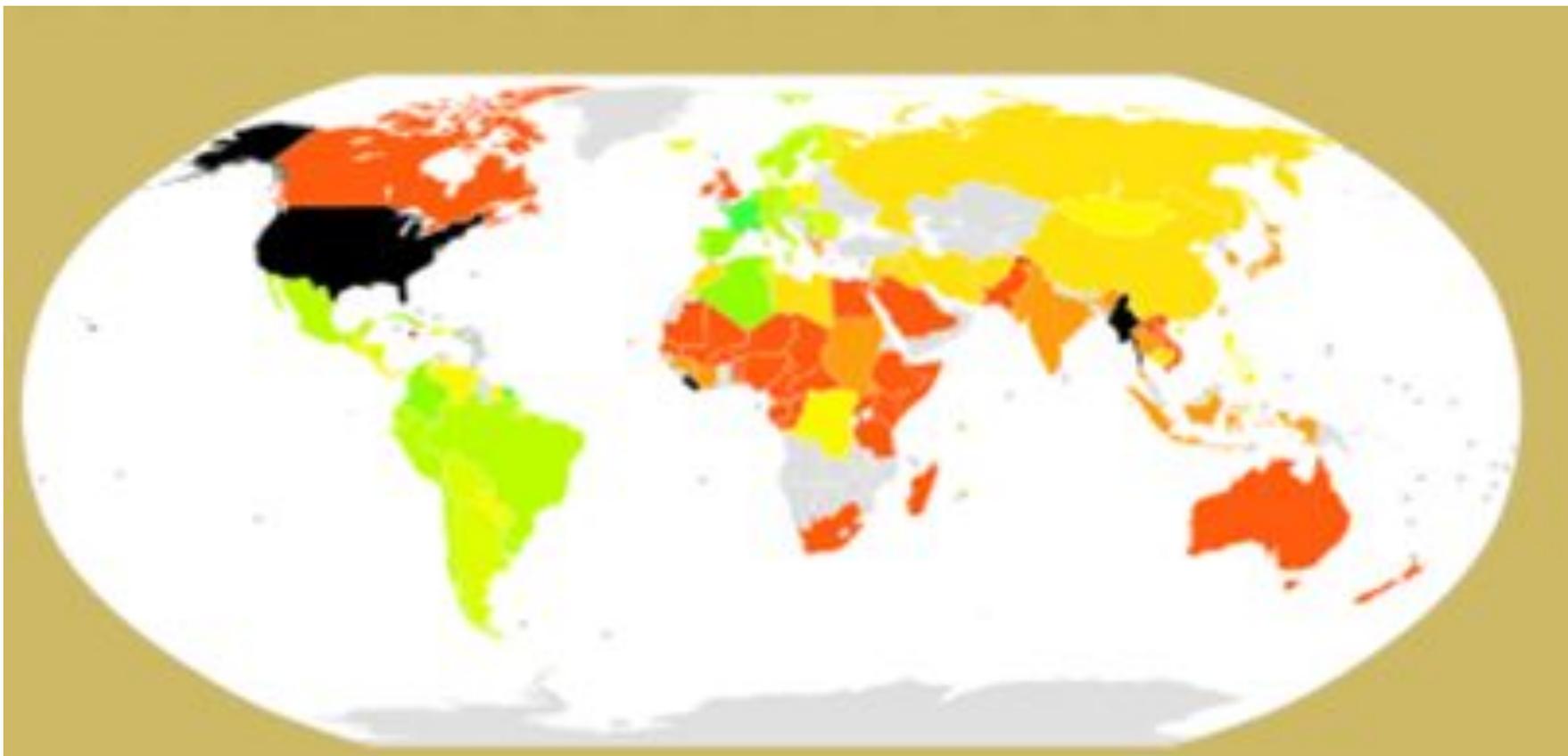
## Производные величины и производные единицы

| Величина     |             |                 | Единица величины |             |  |
|--------------|-------------|-----------------|------------------|-------------|--|
| наименование | обозначение | размерность     | наименование     | обозначение | выражение производной единицы через основные |
|              |             |                 |                  |             |  |
| Сила         | $F$         | $LMT^{-2}$      | ньютон           | Н           | $м \cdot кг \cdot с^{-2}$                    |
| Давление     | $P$         | $L^{-1}MT^{-2}$ | паскаль          | Па          | $м^{-1} \cdot кг \cdot с^{-2}$               |
| Работа       | $A$         | $L^2MT^{-2}$    | джоуль           | Дж          | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-2}$                  |
| Мощность     | $N$         | $L^2MT^{-3}$    | ватт             | Вт          | $м^2 \cdot кг \cdot с^{-3}$                  |

Числовые значения физических величин изменяются в значительных пределах. Поэтому для удобства практических измерений наряду с основными и производными единицами, называемыми *главными*, введены также *кратные* и *дольные* единицы, которые обычно находятся в декадном отношении к главной единице.

## Приставки для образования кратных и дольных единиц

| Кратные единицы                          |           |             | Дольные единицы                          |           |             |
|--|-----------|-------------|--|-----------|-------------|
| Множитель, на который умножается единица | Приставка | Обозначение | Множитель, на который умножается единица | Приставка | Обозначение |
| $10^{12}$                                | терра     | T           | $10^{-2}$                                | санци     | с           |
| $10^9$                                   | гига      | G           | $10^{-3}$                                | милли     | м           |
| $10^6$                                   | мега      | M           | $10^{-6}$                                | микро     | мк          |
| $10^3$                                   | кило      | k           | $10^{-9}$                                | нано      | н           |
| $10^2$                                   | гекто     | г           | $10^{-12}$                               | пико      | п           |
| $10^1$                                   | дека      | да          | $10^{-15}$                               | фемто     | ф           |
| $10^{-1}$                                | деци      | д           | $10^{-18}$                               | атто      | а           |



Даты перехода на метрическую систему :

до 1800

1820

1840

1860

1880

1900

1920

1940

1960

1980

неизвестно

не перешли

Некоторые устаревшие неметрические единицы физических величин и их значения в единицах СИ

| Единица измерения | Значение в единицах СИ, кратных и дольных от них |
|-------------------|--|
| Аршин             | 0,7112 м   |
| Верста            | 1066,8 м   |
| Вершок            | 0,04445 м  |
| Золотник          | 0,00427 кг                                       |
| Пуд               | 16,38 кг   |
| Фунт              | 0,4095 кг  |
| Дюйм              | 0,0254 м   |
| Миля              | 1800 м   |
| Фут               | 0,3084 м   |
| Ярд               | 0,9144 м   |
| Унция             | 0,0283 кг  |

# *Средство измерений (СИ)*

- техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее или хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменной в течение известного интервала времени.

ГОСТ 8.057-80

# Виды средств измерений



## МИ 2314-00 Кодификатор групп средств измерений

|                                     |  |   |   |  |                        |                             |                               |
|-------------------------------------|--|---|---|--|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Специализированные<br>Универсальные | Допусковые<br>Измерительные<br>Комбинированные | Диагностические<br>Прогнозирующие<br>Контрольные<br>Испытательные | Механические<br>Гидравлические<br>Пневматические<br>Акустические<br>Электрические<br>Электронные<br>Прочие и<br>комбинированные | Измерительные<br>системы<br>Измерительные<br>установки<br>Измерительные<br>приборы<br>Измерительные<br>преобразователи | Встроенные<br>Внешние  | Динамические<br>Статические | Лабораторные<br>Технические   |
| По степени<br>универсальности       | По виду<br>оценки<br>параметров                | По<br>назначению  | По<br>измеряемым<br>величинам   | По<br>РМГ 29-99  | По связи с<br>объектом | По режиму<br>работы         | По характеру<br>использования |

### Виды средств измерений

|   |  |  |  |  |   |  |
|---|--|--|--|--|---|--|
| По виду<br>регистрации<br>сигнала                         | По виду<br>выходного<br>сигнала                  | По степени<br>автоматизации                                  | По виду<br>преобразования<br>сигнала           | По виду приема<br>передачи<br>информации | По виду<br>шкалы  | По<br>поверочной<br>схеме                |
| Показывающие<br>Регистрирующие<br>Самописцы<br>Печатающие | Аналоговые<br>Цифровые<br>Аналогово-<br>цифровые | Неавтоматизированные<br>Автоматизированные<br>Автоматические | Прямого действия<br>Сравнения<br>Интегрирующие | Одноканальные<br>Многоканальные          | С равномерной<br>шкалой<br>С неравномерной<br>шкалой<br>С нулевой<br>отметкой внутри<br>шкалы<br>С нулевой<br>отметкой на краю<br>или вне шкалы | Рабочие<br>Образцовые<br>Рабочие эталоны |



Размер единицы передается "сверху вниз", от более точных СИ к менее точным "по цепочке":

**первичный эталон - вторичный эталон - рабочий эталон 0-го разряда - рабочий эталон 1-го разряда... - рабочее средство измерений.**

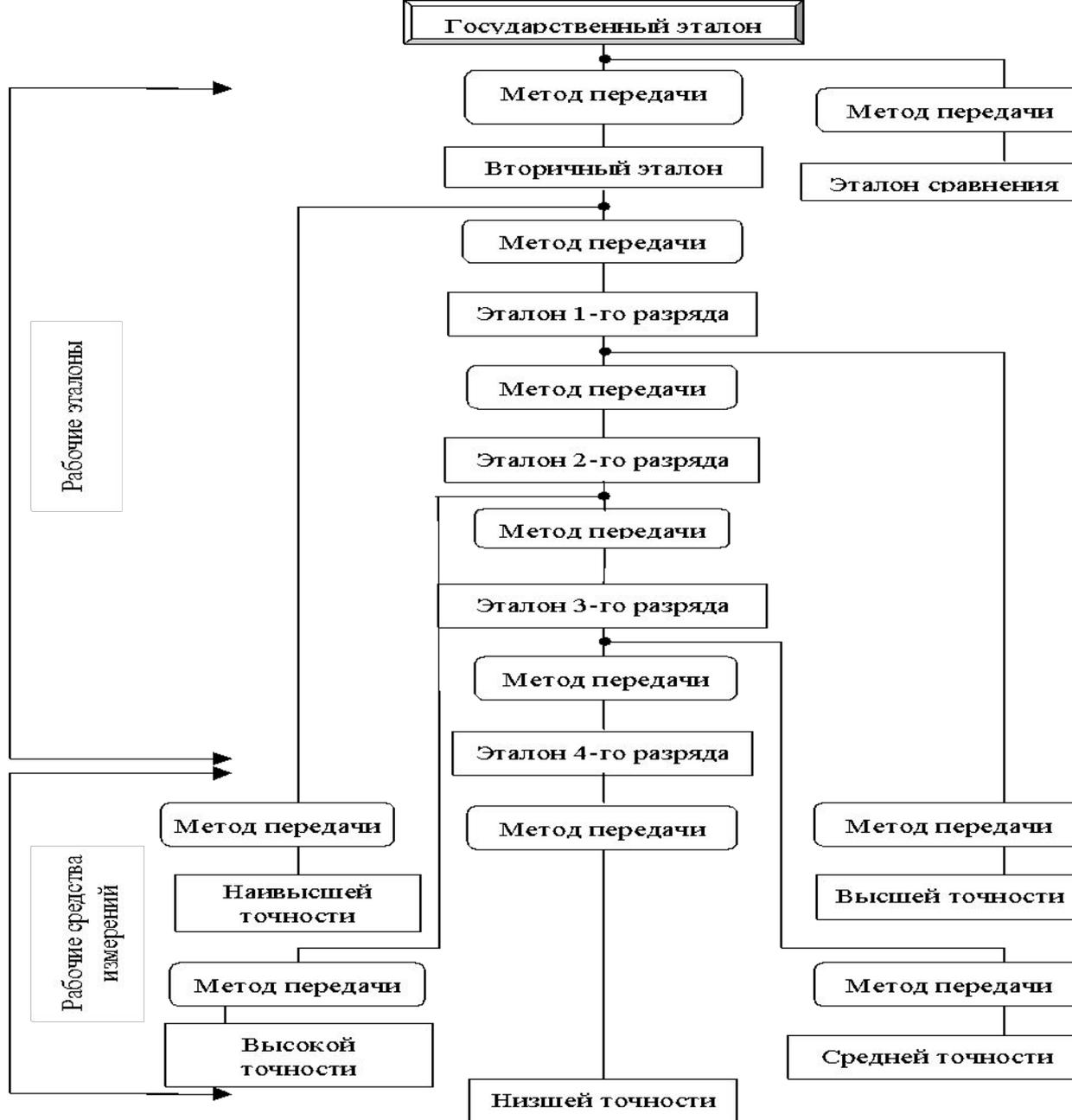
РСИ обладает различной точностью измерений: наиболее точные РСИ при поверке (калибровке) получают размер от вторичных эталонов или рабочих эталонов 1-го разряда; наименее точные - от эталонов низшего разряда (3-го или 4-го).

### **Методы передачи информации о размере единиц**

- **непосредственного сравнения** измеряемой величины и величины, воспроизводимой рабочим эталоном;
- **непосредственного сличения** (т.е. сличения меры с мерой или показаний двух приборов).

Достоверная передача размера единиц во всех звеньях метрологической цепи от эталонов или от исходного образцового средства измерений к рабочим средствам измерений производится в определенном порядке, приведенном в **поверочных схемах**.

**Поверочная схема** – это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам.



Государственная поверочная схема

# СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**Средство измерений (СИ)** –

техническое устройство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики



# Мера

- это средство измерения, предназначенное для воспроизведения или хранения физической величины заданного размера.

- мера, воспроизводящая физическую величину одного размера (например, гиря 1 кг)



- мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины);



- комплект мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения на практике, как в отдельности, так и в различных сочетаниях (например, набор концевых мер длины)



- набор мер, конструктивно объединенных в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях (например, магазин электрических сопротивлений).



# Измерительный прибор

- средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

- измерительный прибор, показания которого или выходной сигнал являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины, например, стрелочный вольтметр, стеклянный ртутный термометр



- измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме



- измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины (микрометр, аналоговый или цифровой вольтметр)

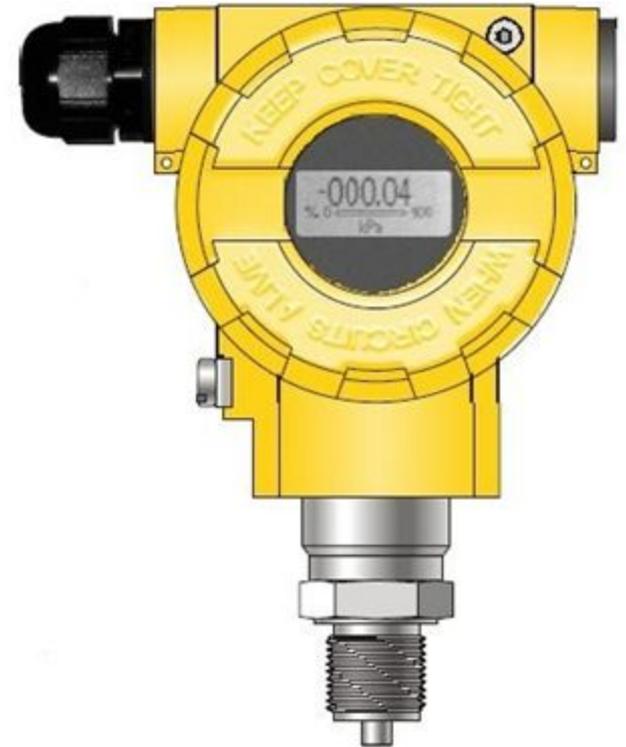
- измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация значений измеряемой величины может осуществляться в аналоговой или цифровой форме, в виде диаграммы, путем печатания на бумажной или магнитной ленте (термограф или, например, измерительный прибор, сопряженный с ЭВМ, дисплеем и устройством для печатания показаний)

# Измерительный преобразователь

- техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи



POCA-10 - измерительный преобразователь температуры и влажности.



Измерительный преобразователь давления  
(интеллектуальный) APC-2000AL

# Измерительная установка (измерительная машина)

- совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте



# Измерительная система

- совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т. п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях



# Метрологические характеристики СИ)

При выборе измерительных средств пользуются так называемыми метрологическими характеристиками – характеристиками свойств средств измерений, оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений.

К основным метрологическим характеристикам средств измерений относятся:

- *цена деления шкалы,*
- *интервал деления шкалы,*
- *допускаемая погрешность измерительного средства,*
- *пределы измерения,*
- *измерительное усилие.*

## Цена деления шкалы

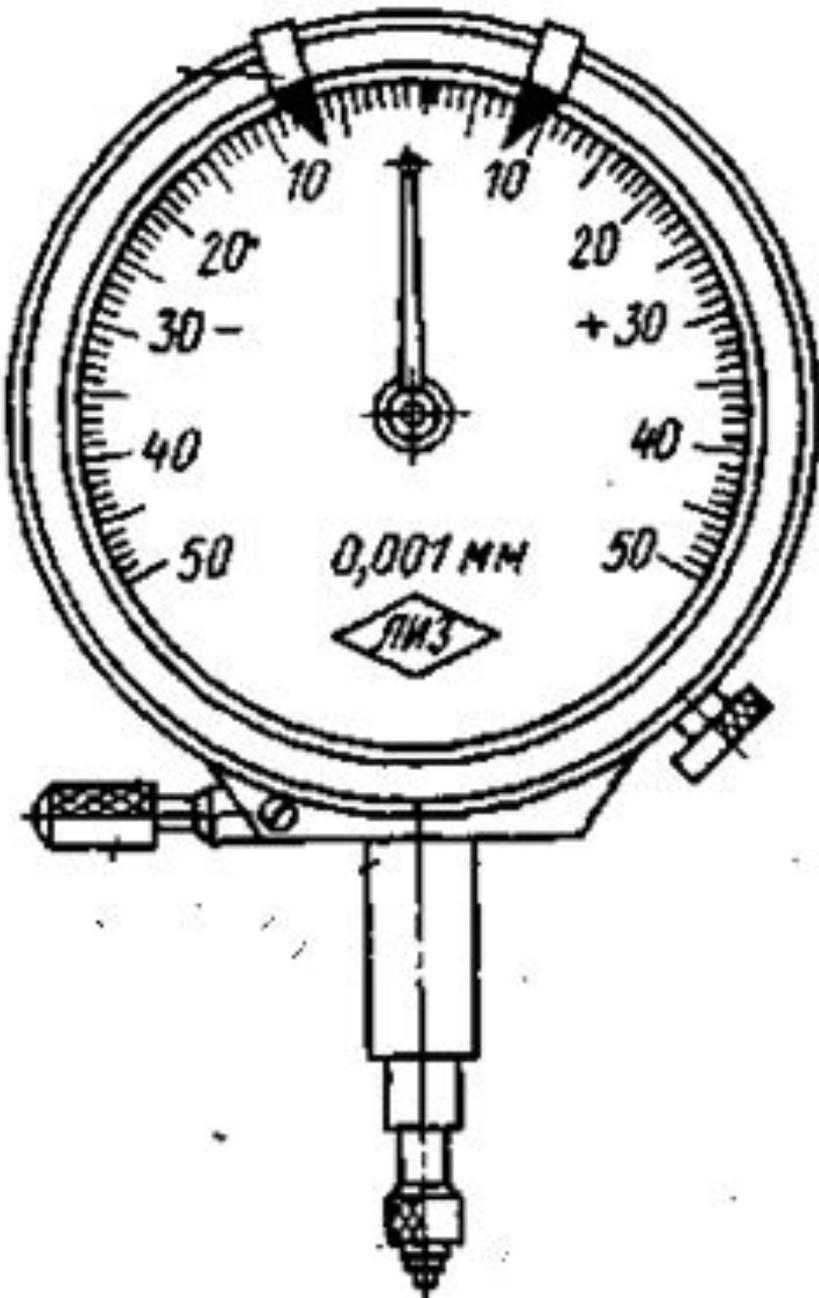
- разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

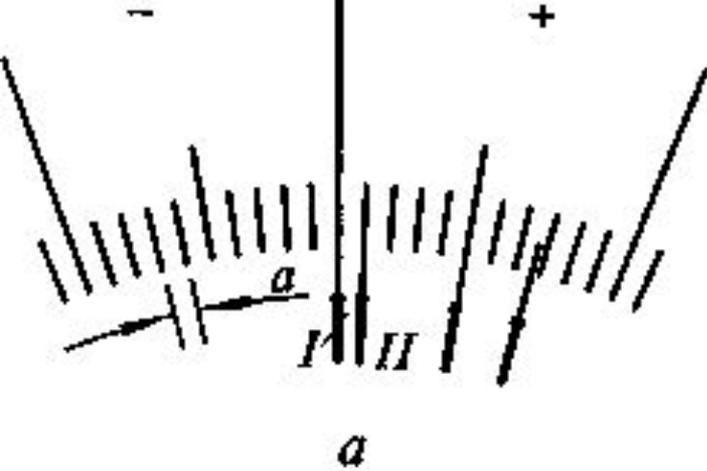
Например: у индикатора часового типа цена деления равна 0,001 мм. Если стрелка прибора переместится от одного деления шкалы до другого, это значит, что измерительный наконечник переместился на 0,001 мм.

## Интервал деления шкалы

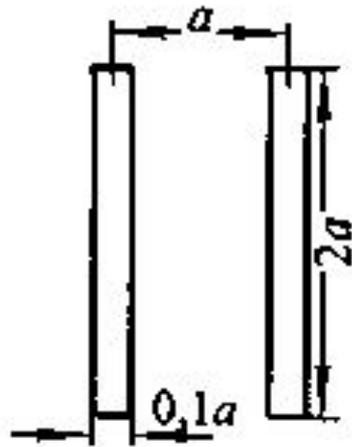
- это расстояние между соседними делениями шкалы.

У большинства измерительных средств интервал деления составляет от 1 до 2,5 мм. Чем больше интервал деления на шкале, тем удобнее отсчет по шкале, хотя это обычно ведет к увеличению ее габаритов



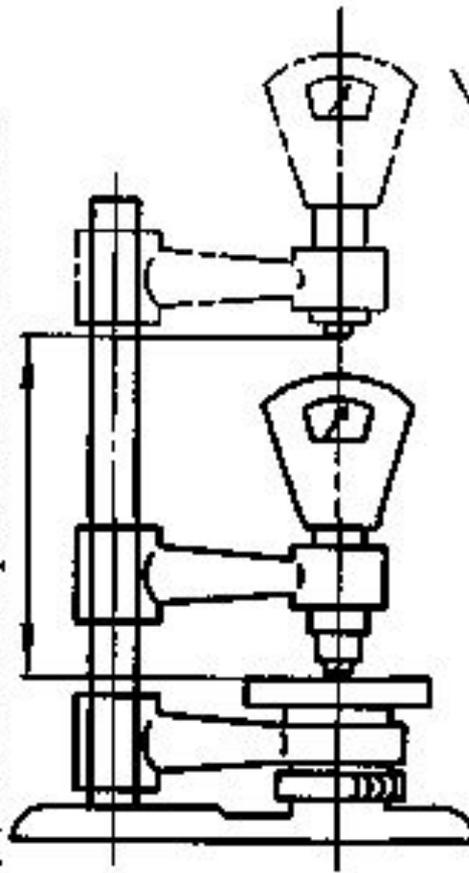


a



б

Диапазон перемещения головки



в



Цена деления  
шкалы 0,002 мм

Основные метрологические характеристики  
средств измерения

# Пределы измерений измерительного средства

- это наибольший и наименьший размеры, которые можно измерить данным средством.

## Пределы измерений по шкале

- наибольшее и наименьшее значения размера, которые можно отсчитать непосредственно по шкале.

## Измерительное усилие

- усилие, возникающее в процессе измерения при контакте измерительных поверхностей с контролируемым изделием.



# Погрешность средства измерений

- погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

Абсолютная погрешность вычисляется, как разность между показанием средства измерений и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины, по формуле :

$$\Delta = x - x_d$$

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности могут быть заданы в виде:

$$\Delta = \pm a$$

или

$$\Delta = \pm bx \quad \Delta = \pm(a + bx)$$

где  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;  
 $x$  - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;  
 $a, b$  - положительные числа, не зависящие от  $x$ .

- погрешность средства измерений, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к результату измерений или к действительному значению измеренной физической величины.

Относительная погрешность средства измерений вычисляется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\%$$

где  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной погрешности;

$x$  - значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются:

если , то в виде:

$$\Delta = \pm bx \quad \delta = \pm q$$

если , то в виде

$$\Delta = \pm(a + bx) \quad \delta = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$$

где  $x_k$  - больший (по модулю) из пределов измерений;  $c, d$  - положительные числа,

$$c = b + d, \quad d = \frac{a}{|x_k|}$$

- относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины (нормирующему значению), постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона.

Приведенная погрешность средства измерений определяется по формуле:

где  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности.

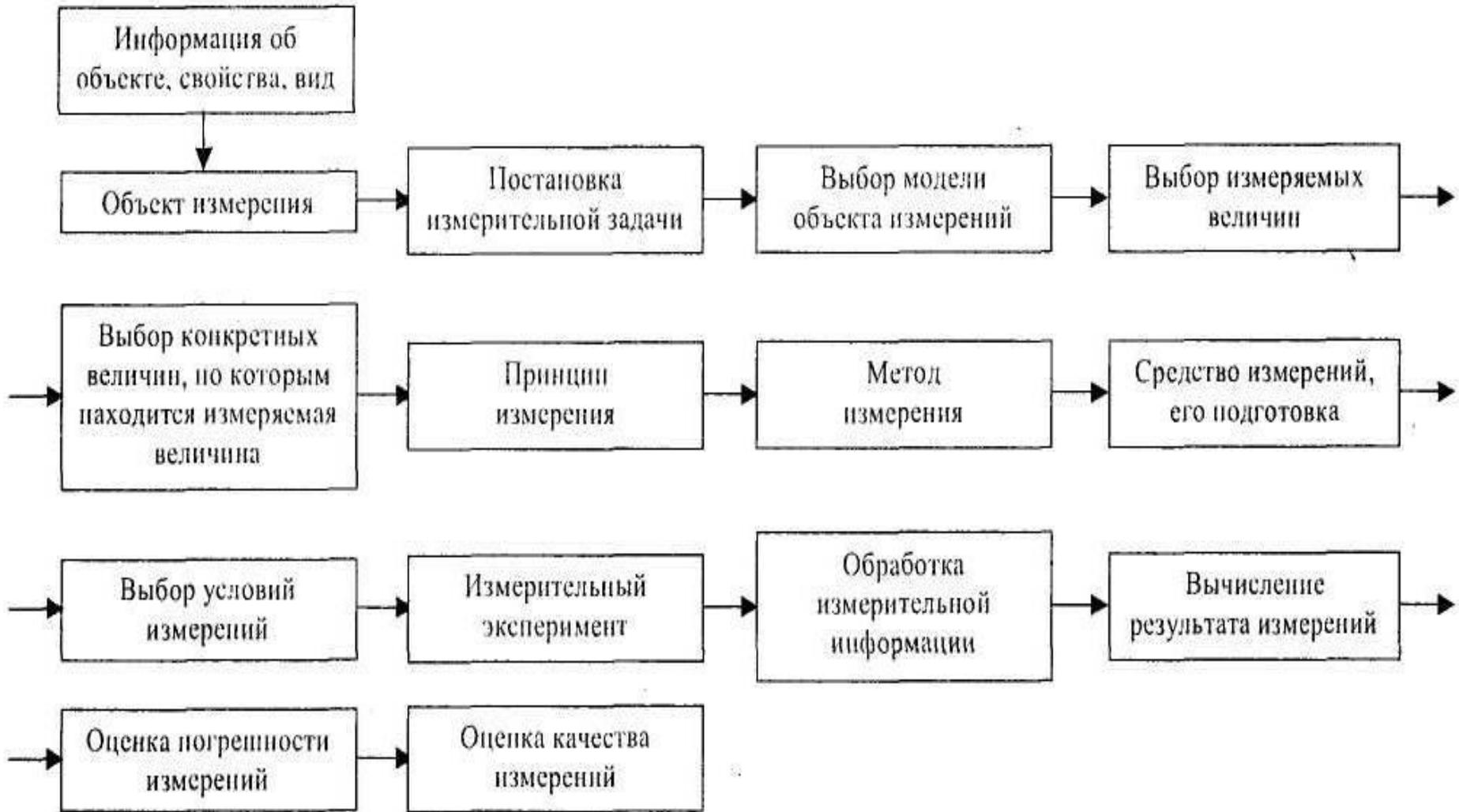
$x_n$  - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и  $\Delta$ .

Z В повседневной производственной практике широко пользуются обобщенной характеристикой – *классом точности*.

# Измерение физической величины

Под измерением физической величины понимают совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

# Этапы измерений



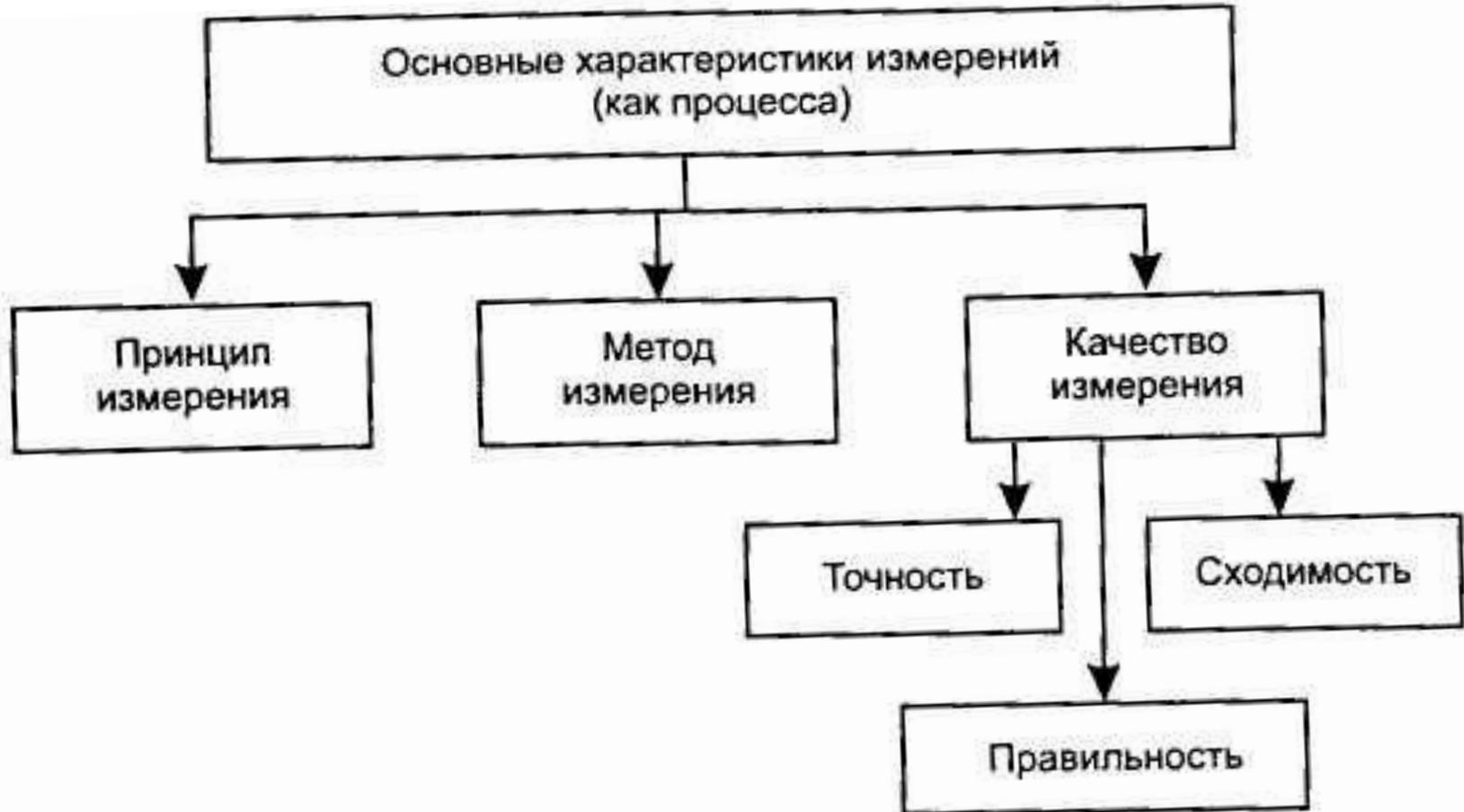
# Главные признаки измерений

**Три главных признака** понятия «измерение»:

- Измерять можно свойства реально существующих объектов познания (физические величины);
- Измерение требует проведения опытов (теоретические рассуждения и расчет не могут заменить эксперимента);
- Для проведения опыта требуется специальные технические средства - средства измерений)

- **Область измерений** – совокупность измерений физических величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой.
- **Вид измерений** — часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин.
- **Объектом измерения** являются физическая система, процесс, явление и т.д., которые характеризуются одной или несколькими измеряемыми физическими величинами. Примером объекта измерений может быть технологический химический процесс, во время которого измеряют температуру, давление, энергию, расход веществ и материалов.
- **Измерение**- нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

# Основные характеристики измерения как информационного процесса



# По способу получения информации

- **Прямые** измерения, при которых искомое значение физической величины получают непосредственно (путем сравнения величины с ее единицей). К прямым измерениям относятся измерение массы при помощи весов и гирь, силы тока — амперметром, температуры — термометром, измерение длины — линейкой.
- **Косвенные** измерения, при которых искомое значение физической величины определяют на основании прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. Например, плотность тела можно определить по результатам измерений массы и объема:

# Основные характеристики измерения как информационного процесса

**Метод измерений** — прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Например, определение структуры соединений методом ядерного магнитного резонанса или методом инфракрасной спектроскопии.

**Принцип измерений** — физическое явление (физический закон или эффект), положенное в основу измерений. Например, применение эффекта Доплера для измерения скорости движения звезд, вращения небесных тел.

**Точность** — характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю значения погрешности результатов измерений. Высокая точность измерений соответствует малым величинам погрешностей измерения.

# Основные характеристики измерения

**Сходимость** — это близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одним и тем же средством, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

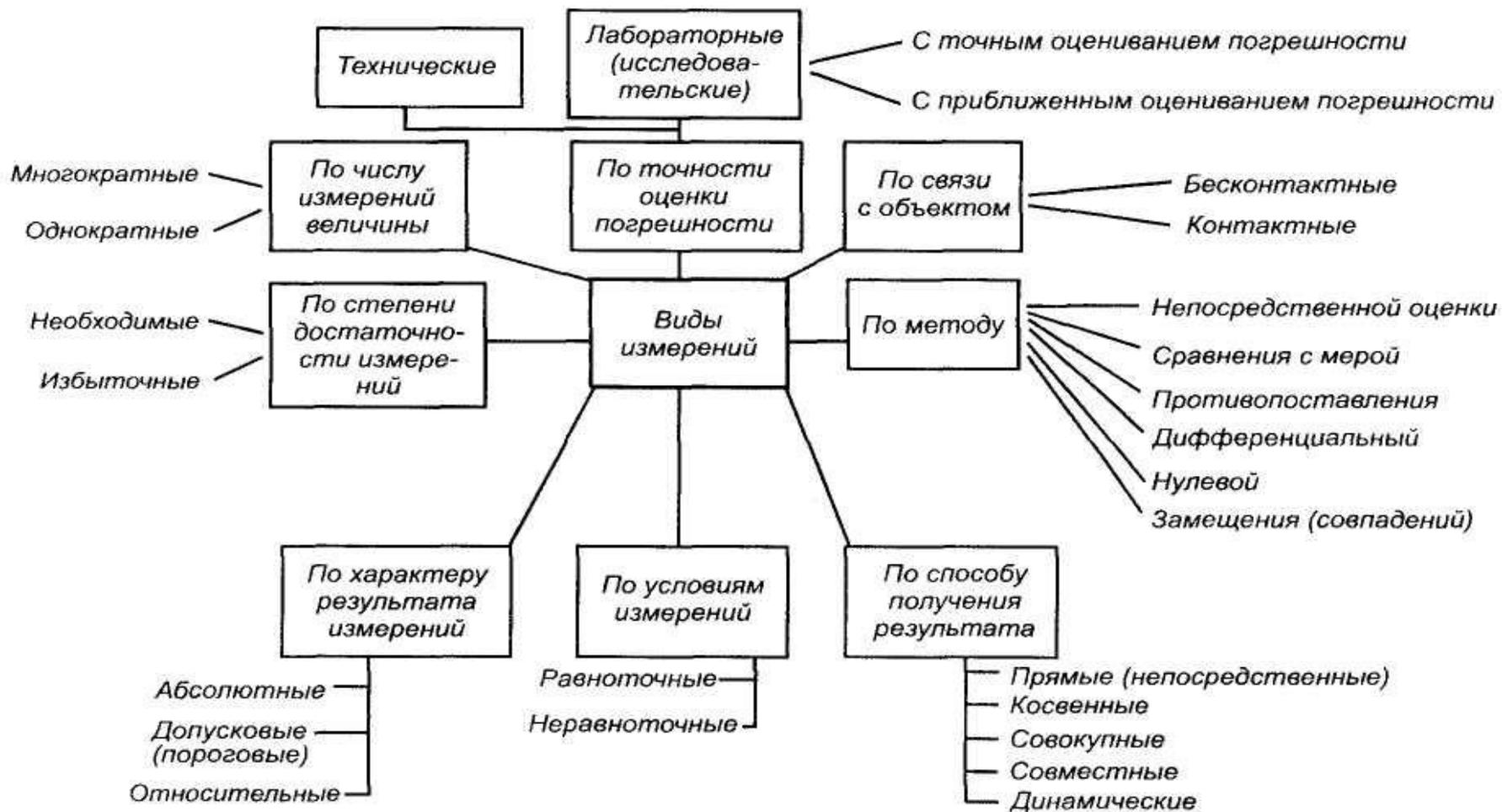
**Воспроизводимость** — близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температура, давление, влажность и др.).

# Основные характеристики измерения

**Правильность** характеризует степень близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному (действительному) или принятому опорному значению. Показателем правильности обычно является значение систематической погрешности.

**Прецизионность** — степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях. Мера прецизионности обычно вычисляется как стандартное отклонение результатов измерений. Крайние показатели прецизионности — повторяемость (сходимость) и воспроизводимость.

# Виды и методы измерений



## По способу получения информации

- **Прямые** измерения, при которых искомое значение физической величины получают непосредственно (путем сравнения величины с ее единицей). К прямым измерениям относятся измерение массы при помощи весов и гирь, силы тока — амперметром, температуры — термометром, измерение длины — линейкой.
- **Косвенные** измерения, при которых искомое значение физической величины определяют на основании прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. Например, плотность тела можно определить по результатам измерений массы и объема:

## По способу получения информации

- **Совокупные** измерения, при которых одновременно проводятся измерения нескольких одноименных величин и искомое значение величины определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях, при этом число уравнений должно быть не меньше числа величин. Например, значение массы отдельных гирь набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений (сравнений) масс различных сочетаний гирь.
- **Совместные** измерения, при которых одновременно проводятся измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними, например, зависимость длины объекта от температуры.

## По характеру изменения получаемой информации

- *Статические* измерения — это такие измерения, когда физическая величина принимается за неизменную на протяжении времени измерения, например, измерение размеров земельного участка.
- *Динамические* измерения — это измерения, изменяющиеся по размеру физической величины.

# По характеристике точности

- *равноточные* (ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности СИ и в одних и тех же условиях),
- *неравноточные* (ряд измерений какой-либо величины, выполненных несколькими различными по точности СИ и (или) в нескольких разных условиях).

# По количеству измерительной информации

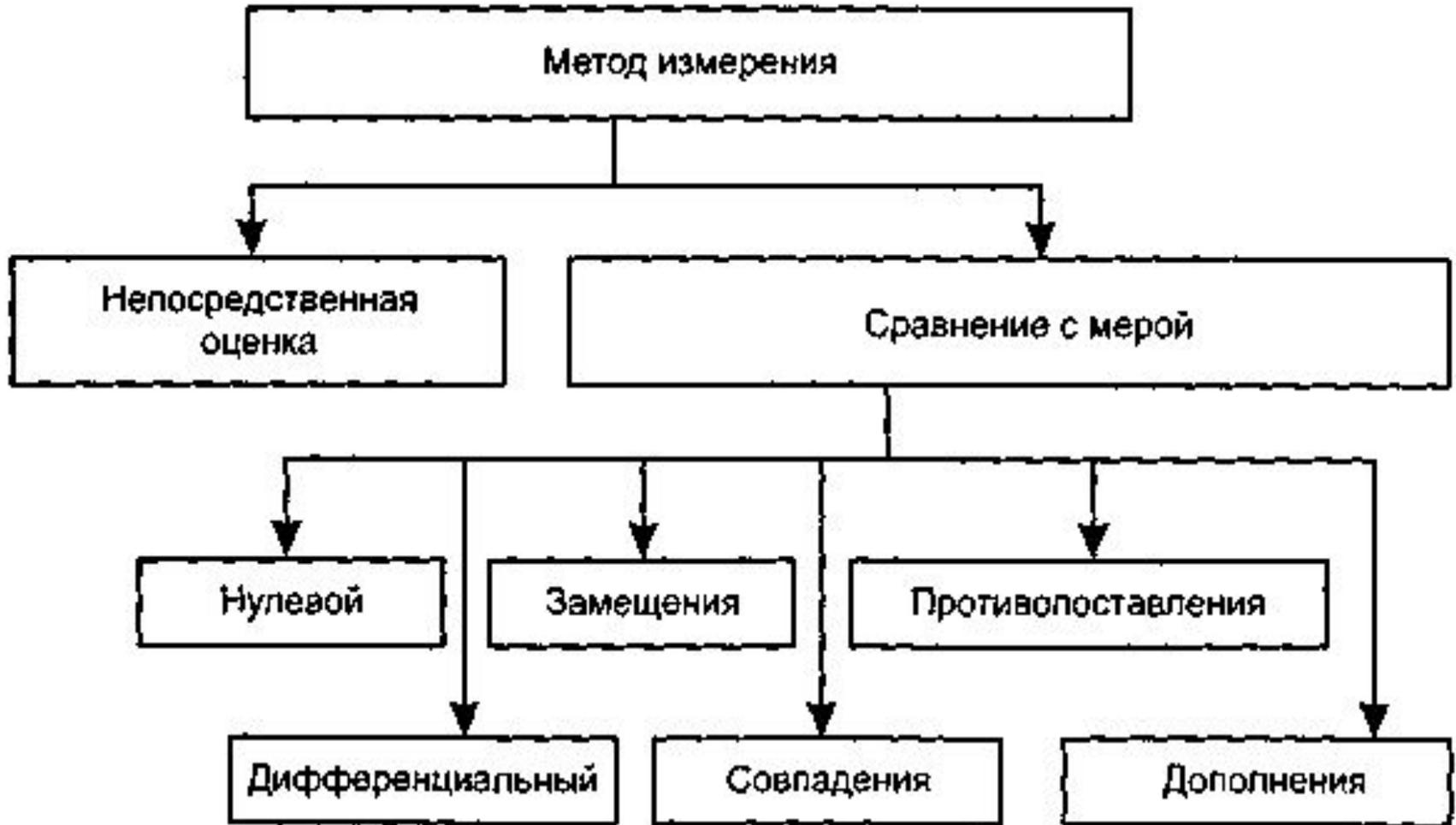
- *Однократные* измерения выполняются один раз.
- *Многократные* позволяют получить результат из нескольких следующих друг за другом измерений одного и того же объекта.

При однократных измерениях показания средств измерений являются результатом измерений, погрешность используемого средства измерений определяет погрешность результата измерения. Применение многократных измерений позволяет повысить точность измерения до определенного предела.

## По отношению к основным единицам

- *Абсолютные* измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Например, определение массы в килограммах, количества вещества — в молях, частоты — в Герцах.
- *Относительные* измерения — это измерения отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерения изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Например, относительная влажность определяется как отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщенного пара при той же температуре и выражается в процентах.

# Методы измерений



## По способу получения значений

- *Метод непосредственной оценки* — метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение длины с помощью линейки или размеров деталей микрометром, угломером и т. д.).
- *Метод сравнения с мерой* — метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, для измерения диаметра калибра микрокатор устанавливают на нуль по блоку концевых мер длины, а результаты измерения получают по отклонению стрелки микрокатора от нуля, то есть сравнивается измеряемая величина с размером блока концевых мер. О точности размера судят по отклонению стрелки микрокатора относительно нулевого положения.

# Метод сравнения с мерой

- ❖ *метод противопоставления*, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения;
- ❖ *дифференциальный метод*, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на оптиметре после его настройки на нуль по блоку концевых мер длины;
- ❖ *нулевой метод*, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Подобным методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравниванием;
- ❖ *метод совпадений*, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов (например, при измерении штангенциркулем используют совпадение отметок основной и нониусной шкал).

# Методы измерений

*При измерении линейных величин независимо от рассмотренных методов различают контактный и бесконтактный методы измерений.*

*В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения, различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.*

- *Инструментальный* метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.
- *Экспертный* метод оценки основан на использовании данных нескольких специалистов. Широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине.
- *Эвристические* методы оценки основаны на интуиции. Широко используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основании результатов этого сравнения.
- *Органолептические* методы оценки основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса). Часто используются измерения на основе впечатлений (конкурсы мастеров искусств, соревнования спортсменов).

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ (ГСИ)

- это система обеспечения единства измерений в стране, реализуемая, управляемая и контролируемая федеральным органом исполнительной власти по метрологии – Госстандарт (Держстандарт).

**Единство измерений** - это состояние измерений, при котором их результаты отражены в узаконенных единицах, погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы.

### Деятельность по обеспечению единства измерения (далее - ОЕИ)

направлена на охрану

- прав и законных интересов граждан,
- установленного правопорядка и
- ЭКОНОМИКИ

путем защиты от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений во всех сферах жизни общества на основе конституционных норм, законов, постановлений правительства Украины и ВР.

# Государственная система обеспечения единства измерений

состоит из следующих подсистем:

## Правовой

комплекс взаимосвязанных законодательных и подзаконных актов, объединенных общей целевой направленностью и устанавливающих согласованные требования к взаимосвязанным объектам деятельности по ОЕИ

### Нормативная база ОЕИ

Конституция Украины

Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність"

Постановления Правительства по отдельным вопросам метрологической деятельности

Нормативные документы:

- национальные стандарты (ДСТУ) системы ГСИ
- правила системы ГСИ

Рекомендации системы ГСИ, государственных метрологических научных центров

## Технической

представлена совокупностью:

- межгосударственных, государственных эталонов, эталонов единиц величин и шкал измерений;
- стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;
- средств измерений и испытательного оборудования, необходимых для осуществления метрологического контроля и надзора;
- специальных зданий и сооружений для проведения высокоточных измерений в метрологических целях;
- научно-исследовательских, эталонных, испытательных, калибровочных и измерительных лабораторий.

## Организационной

представлена Метрологическими службами

Метрологическая служба Украины

Государственная Метрологическая служба (ГМС)

метрологические службы органов Государственного управления и юридических лиц (МС)

# Государственный метрологический контроль и надзор (ГМКиН)

**Цель** - проверка соблюдения правил законодательной метрологии - Закона Украины «Про забезпечення єдності вимірювань», стандартов, правил по метрологии и других НД.

## **Объекты ГМКиН:**

- ✓ средства измерений,
- ✓ эталоны,
- ✓ методики выполнения измерений,
- ✓ количество товаров,
- ✓ другие объекты, предусмотренные правилами законодательной метрологии.

ГМКиН распространяется на строго ограниченные сферы, объединенные в **10 направлений:**

- 1) здравоохранение, ветеринария, охрана окружающей среды, обеспечение безопасности;
- 2) торговые операции и взаимные расчеты между покупателем и продавцом, в том числе операции с применением игровых автоматов и устройств;
- 3) государственные учетные операции;
- 4) обеспечение обороны государства;
- 5) геодезические и гидрометеорологические работы;
- 6) банковские, налоговые, таможенные и почтовые операции;
- 7) продукция, поставляемая по государственным контрактам;
- 8) испытания и контроль качества продукции на соответствие обязательным требованиям государственных стандартов Украины и при обязательной сертификации продукции;
- 9) измерения, проводимые по поручению органов суда, прокуратуры, арбитража, других органов государственного управления;
- 10) регистрация национальных и международных спортивных рекордов.