



# Основы метрологии

Докладчик:

Преподаватель

Константинова Н.

2018  
г.

НОУ ДПО  
НУК

 **ТРАНСНЕФТЬ**

## Рассматриваемые вопросы

1. Рабочие и образцовые приборы
2. Методы измерений.
3. Погрешности измерений. Классы точности. Зависимость погрешности от внешних условий.
4. Информация, отображающаяся на шкалах приборов.
5. Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации МТ.

## Нормативные документы

- ФЗ № 102 от 26.06.2008 Об обеспечении единства измерений
- РД-01.040.17-КТН-003-15 Обеспечение единства измерений в ОСТ «Транснефть» Основные положения.
- ОР-17.000.00-КТН-063-10 Организация учета и порядок эксплуатации средств измерений в организациях системы «Транснефть»

## Нормативные документы

- ОР-17.020.00-КТН-252-09 Метрологический надзор в ОСТ «Транснефть»
- РД-17.020.00-КТН-191-16 Поверка и калибровка средств измерений. Организация и порядок проведения в организациях системы «Транснефть»

## Обозначения и сокращения

- ГСИ – государственная система обеспечения единства измерений
- МКИ – межкалибровочный интервал
- МС – метрологическая служба
- СГР ОЕИ – сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений

## Обозначения и сокращения

- СИ – средство измерений
- СО – стандартный образец
- ТО – техническое обслуживание
- ТОР – техническое обслуживание и ремонт
- ЦСМ – центр стандартизации и метрологии

## Основные задачи метрологии

- обеспечение единства измерений
- установление единиц физических величин
- обеспечение единообразия средств измерений
- установление государственных эталонов и рабочих эталонов контроля и испытаний, а также передачи размеров единиц от установленных эталонов или рабочих эталонов рабочим средствам измерений
- разработка оптимальных принципов, приемов и способов обработки результатов измерения и методов оценки погрешностей

# Структура Российской системы измерения



## Международные метрологические организации

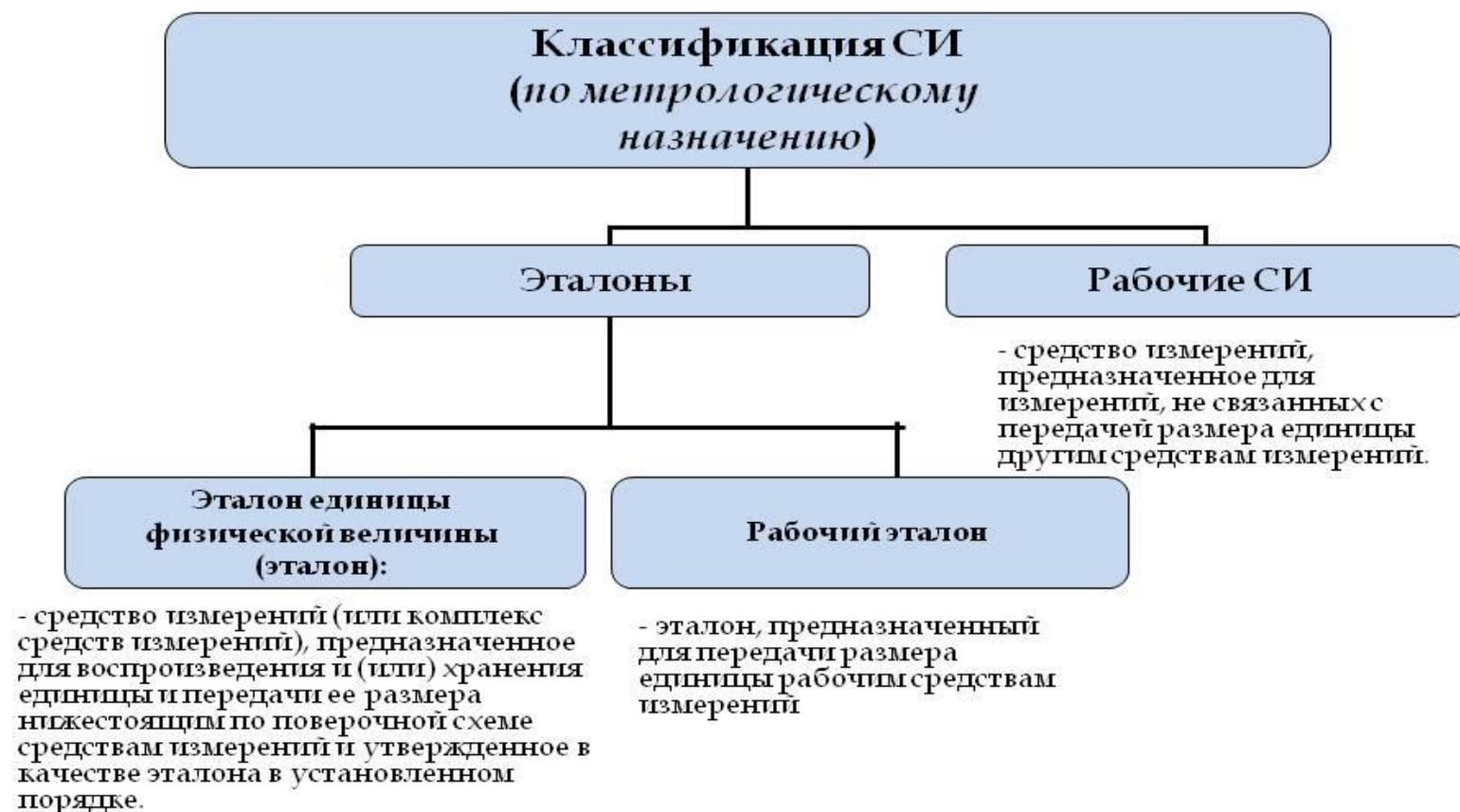


# Единицы измерения физических величин

| величина                          | наименование единицы | обозначение           | величина                   | наименование единицы         | обозначение              |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b>           |                      |                       | <b>ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b> |                              |                          |
| ДЛИНА                             | метр                 | м                     | ЧАСТОТА                    | герц                         | Гц                       |
| МАССА                             | киллограм            | кг                    | СКОРОСТЬ                   | метр в секунду               | $\frac{м}{с}$            |
| ВРЕМЯ                             | секунда              | с                     | УСКОРЕНИЕ                  | метр на секунду в квадрате   | $\frac{м}{с^2}$          |
| СИЛА ТОКА                         | ампер                | А                     | ПЛОТНОСТЬ                  | килограмм на кубический метр | $\frac{кг}{м^3}$         |
| СИЛА СВЕТА                        | кандела              | КД                    | СИЛА                       | НЬЮТОН                       | Н $1Н=1кг*\frac{м}{с^2}$ |
| ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА     | кельвин              | К                     | ИМПУЛЬС                    | килограмм-метр в секунду     | $кг*\frac{м}{с}$         |
| КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА               | моль                 | МОЛЬ                  | ДАВЛЕНИЕ                   | паскаль                      | Па $1Па=\frac{1Н}{м^2}$  |
| <b>ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b>        |                      |                       | РАБОТА, ЭНЕРГИЯ            | ДЖОУЛЬ                       | Дж $1Дж=1Н*м$            |
| ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД               | кулон                | Кл $1Кл=1А*с$         | МОЩНОСТЬ                   | ватт                         | Вт $1Вт=\frac{1Дж}{с}$   |
| ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ЭДС     | вольт                | В $1В=\frac{1Дж}{Кл}$ | МАГНИТНЫЙ ПОТОК            | вебер                        | Вб $1Вб=1Тл*м^2$         |
| НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ | вольт на метр        | $\frac{В}{м}$         | ИНДУКТИВНОСТЬ              | генри                        | Гн $1Гн=\frac{1Вб}{А}$   |
| ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ       | ом                   | Ом                    | МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ         | тесла                        | Тл $1Тл=\frac{Н}{А*м}$   |
| ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ             | фарад                | ф                     |                            |                              |                          |



## Рабочие и образцовые приборы

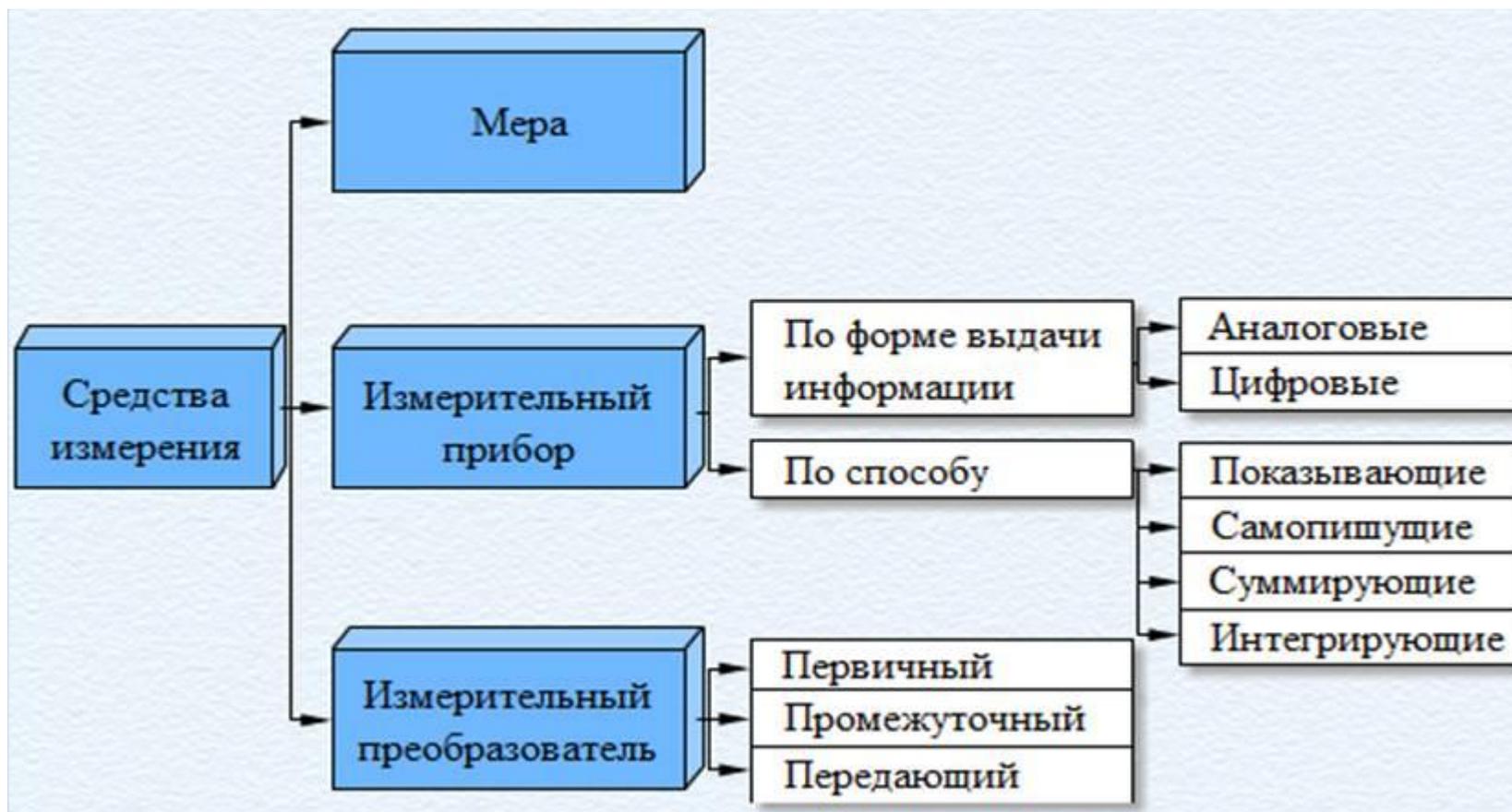


## Рабочие и образцовые приборы



Рисунок 1. Передача размеров единиц физических величин

## Виды средств измерения



## Методы измерений

**Метод измерений** - совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

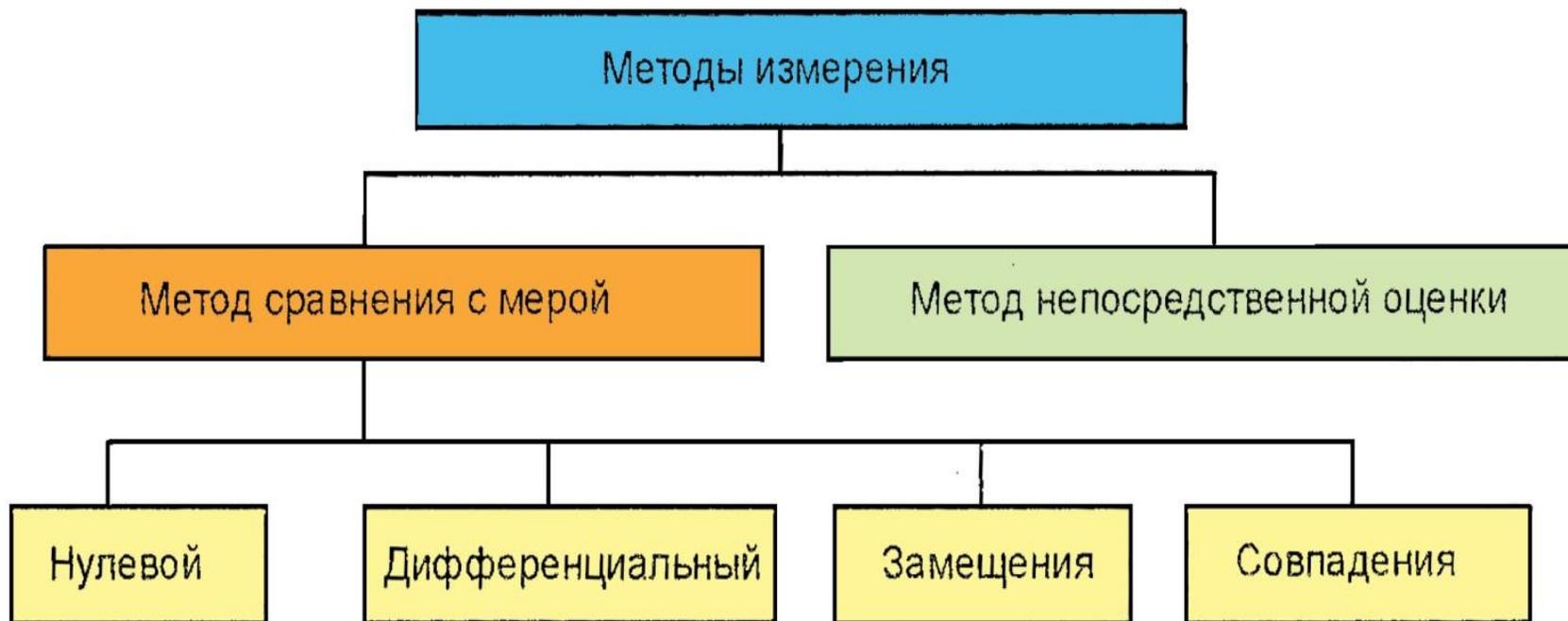
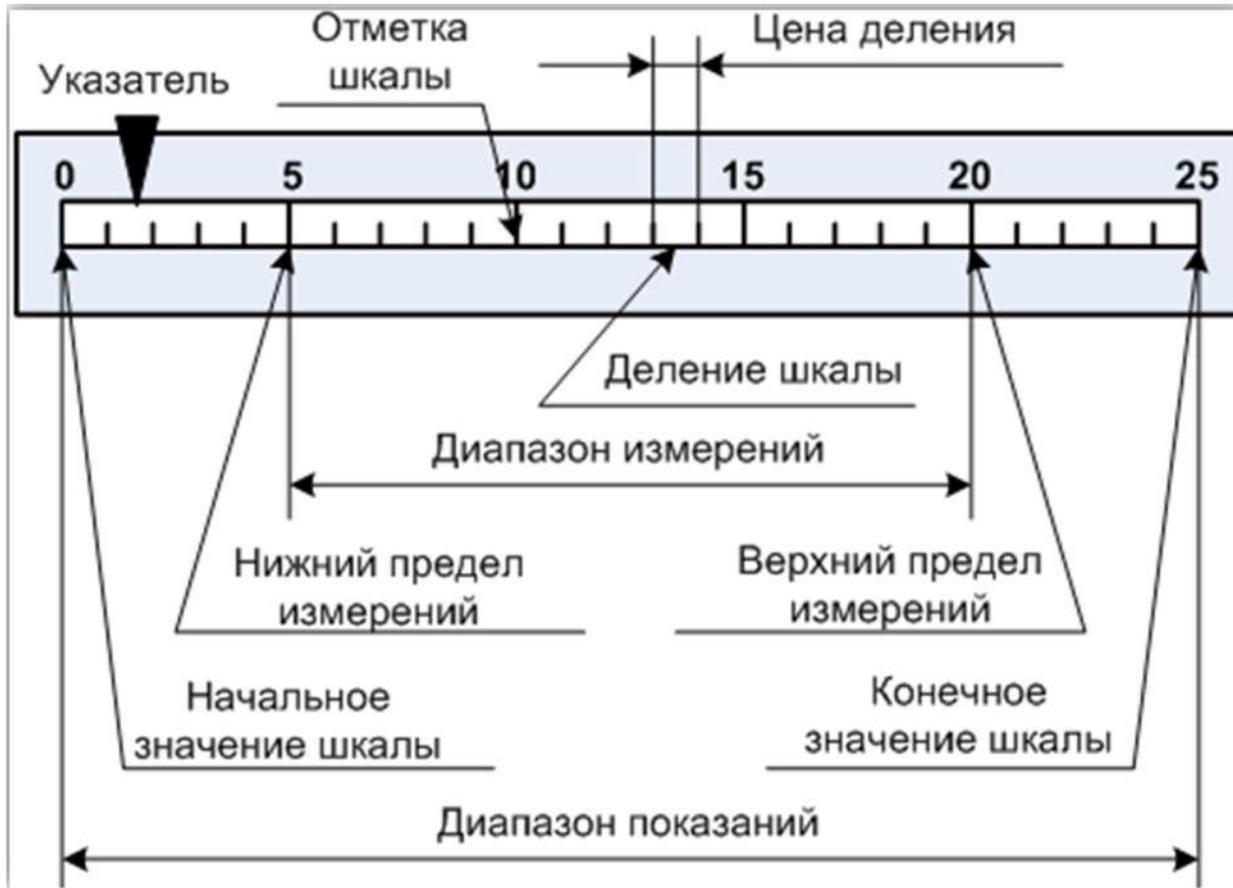


Рис. Классификация методов измерений

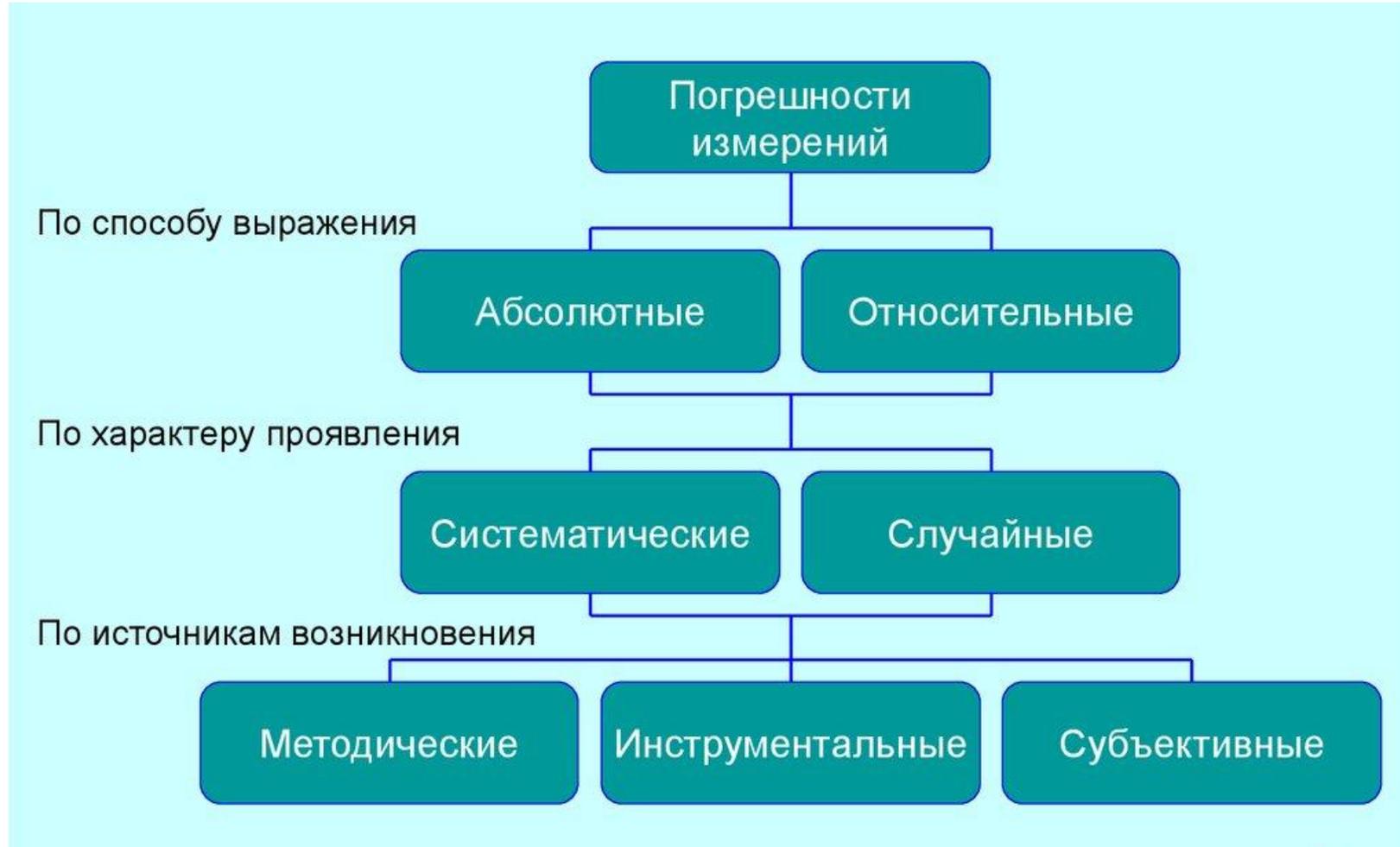
## Метрологические характеристики



- **Диапазон показаний** - область значений шкалы, ограниченная начальным и конечными значениями шкалы
- **Диапазон измерений** - область значений измеряемой величины с нормированными допускаемыми погрешностями средства измерений
- **Цена деления шкалы** - разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы
- **Чувствительность** - отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины
- **Вариация** - разность наибольшего и наименьшего результатов при многократном измерении одной и той же величины в неизменных условиях

## Погрешности измерения

**Погрешность** – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.



## Класс точности прибора

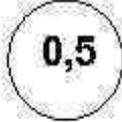
**Класс точности** – это обобщенная метрологическая характеристика средства измерения, выражаемая пределами допускаемых значений его основной погрешности.

Если класс точности прибора неизвестен, за погрешность всегда принимают половину цены его наименьшего деления!



## Класс точности приборов

### Примеры обозначения классов точности

| Форма выражения погрешности        | Пределы допускаемой основной погрешности, % | Обозначение класса точности              |  |
|------------------------------------|---|--|--|
|                                    |   | в документации                           | на средстве измерений  |
| Приведенная погрешность $\gamma$   | $\gamma = \pm 1,5$<br>$\gamma = \pm 0,5$    | класс точности 1,5<br>класс точности 0,5 | 1,5<br> |
| Относительная погрешность $\delta$ | $\delta = \pm 0,5$                          | 0,5                                      |        |
| Абсолютная погрешность $\Delta$    |   | Класс точности М<br>Класс точности С     | М<br>С   |

## Информация, отображаемая на шкалах приборов

### На циферблат прибора наносят:

| Условное обозначение  | Расшифровка условного обозначения   |
|---|---|
| —   | Прибор постоянного тока   |
| $\approx$   | Прибор постоянного и переменного тока   |
| ~   | Прибор переменного тока   |
| ≏   | Прибор трехфазного тока   |
| 1,5   | Прибор класса точности 1,5  |
|    | Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ               |
|    | Осторожно! Прочность изоляции измерительной цепи не соответствует нормам            |
| $\angle 60^\circ$   | Рабочее положение шкалы наклонное, под углом $60^\circ$                             |
|  | Рабочее положение шкалы горизонтальное  |
|  | Рабочее положение шкалы вертикальное  |
| A, B, B   | Исполнение прибора в зависимости от условий эксплуатации (свойств окружающей среды) |
|  | Категория прибора по степени защищенности от внешних магнитных полей                |

# Информация, отображаемая на шкалах приборов

## Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

|    |  |  |
|----|--|--|
| 1  | магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой   |  |
| 2  | магнитоэлектрический прибор с подвижным магнитом   |  |
| 3  | электромагнитный прибор  |  |
| 4  | электродинамический прибор   |  |
| 5  | ферродинамический прибор   |  |
| 6  | индукционный прибор  |  |
| 7  | магнитоиндукционный прибор   |  |
| 8  | электростатический прибор  |  |
| 9  | термоэлектрический прибор с изолированным преобразователем и магнитоэлектрическим измерительным механизмом |  |
| 10 | выпрямительный прибор с магнитоэлектрическим измерительным механизмом                                      |  |
| 11 | защита от внешних магнитных полей  |  |
| 12 | защита от внешних электростатических полей   |  |

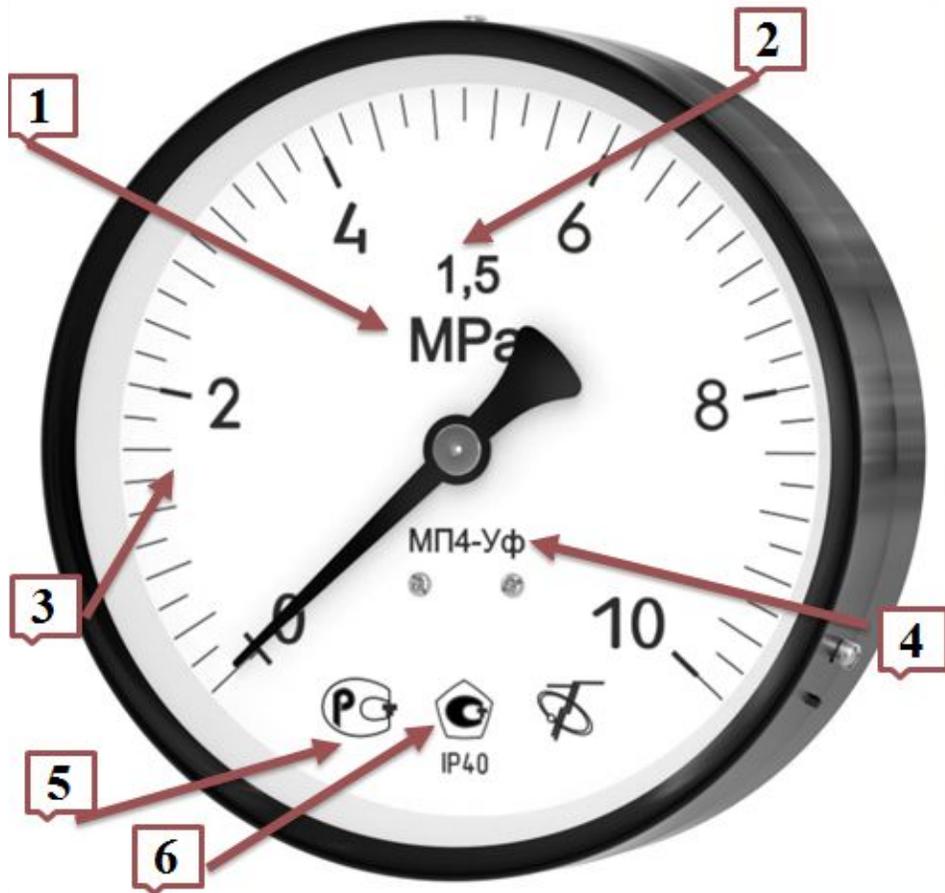
|    |  |        |
|----|--|--------|
| 13 | горизонтальное положение шкалы   |        |
| 14 | вертикальное положение шкалы   |        |
| 15 | наклонное положение шкалы под определенным углом к горизонту, например 60°     |        |
| 16 | направление ориентировки прибора в земном магнитном поле                       |        |
| 17 | класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения | 2      |
| 18 | класс точности при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы         |        |
| 19 | измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ          |        |
| 20 | нормальное (номинальное) значение частоты                                      | 500 Hz |
| 21 | измерение постоянного тока   | —      |
| 22 | измерение переменного тока   | ~      |
| 23 | измерение постоянного и переменного тока                                       | ≅      |

## Информация, отображаемая на шкалах приборов

В качестве примера рассмотрим обозначение манометра показывающего (МП) с диаметром корпуса 160 мм (160), радиальным расположением штуцера (Р), диапазоном измерения давления от -0,1 до +2,4 МПа (-0,1 ... +2,4), классом точности 1,5 (1,5), предназначенного для работы с кислородом:

**МП 160 Р(-0,1 ... +2,4) МПа-1,5-02.**

## Информация, отображаемая на шкалах приборов



- 1- единица измерения
- 2 - класс точности;
- 3 – шкала прибора;
- 4 – название прибора;
- 5 - знак Российской системы калибровки;
- 6 - знак «Российский стандарт».

## Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации МТ

В соответствии с РД-35.240.50-КТН-109-17

Нормированными метрологическими характеристиками средств измерений и измерительных каналов являются предельные значения основной и дополнительной погрешности.

Пределы **основной приведённой погрешности**

- преобразователь избыточного давления нефти/нефтепродукта  $\pm 0,1$  %;
- преобразователь избыточного давления жидких сред, за исключением нефти/нефтепродукта  $\pm 0,2$  %;



## Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации

- МТ
- преобразователь избыточного давления/разряжения газа  $\pm 0,4$  %;
  - преобразователь перепада давления жидких сред  $\pm 0,4$  %;
  - манометр избыточного давления нефти/нефтепродукта  $\pm 1,0$  %;
  - манометр избыточного давления других жидких сред  $\pm 2,5$  %;
  - манометр дифференциального (перепада) давления  $\pm 2,0$  %;
  - преобразователь силы тока, напряжения, мощности  $\pm 1,0$  %;
  - преобразователь виброскорости  $\pm 10,0$  %;
  - преобразователь уровня загазованности атмосферы парами углеводородов  $\pm 5,0$  % НКПРП.

## Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации МТ

Пределы **основной абсолютной погрешности** для СИ не должны превышать значений:

- преобразователь осевого смещения ротора  $\pm 0,1$  мм;
- преобразователь уровня жидкости во вспомогательных емкостях  $\pm 10$  мм;
- преобразователь уровня нефти/нефтепродукта в резервуаре РП  $\pm 3,0$  мм;
- преобразователь температуры нефти/нефтепродукта в трубопроводах  $\pm 0,5$  °С;
- датчик температуры стенки трубы накладной  $\pm 1,0$  °С;

## Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации МТ

- преобразователь температуры других сред  $\pm 2,0$  °С;
- многоточечный преобразователь температуры нефти/нефтепродукта в резервуаре  $\pm 0,2$  °С.

Значение основной погрешности измерительного канала не должно превышать 150% от предела основной погрешности входящего в данный измерительный канал первичного преобразователя.

## Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации МТ

- Интервал срабатывания реле давления (погрешность срабатывания), устанавливаемых в цепях общестанционных защит, должен составлять величину не более  $\pm 2,5\%$  от диапазона срабатывания данного реле.
- Интервал срабатывания реле давления (погрешность срабатывания), устанавливаемых в цепях контроля состояния вспомогательных систем НПС, должен составлять величину не более  $\pm 3,5\%$  от диапазона срабатывания данного реле.

# Требования к метрологическому обеспечению систем автоматизации МТ

Все средства измерения, поставляемые на объекты МТ, в т.ч. измерительные каналы и СИ, входящие в состав измерительных каналов СА и ТМ, должны

иметь:

**Свидетельство об утверждении СИ**

**Разрешение Ростехнадзора на применение на объектах МТ**

**Сертификат соответствия взрывозащищенного СИ**

**Свидетельство о поверке СИ с протоколом поверки**

**Руководство по эксплуатации**



## Контрольные вопросы

1. Основные метрологические характеристики средств измерений?
2. Понятие точности результата измерения?
3. Виды погрешностей?
4. Класс точности приборов?
5. Способы получения результата измерения?

**Спасибо за внимание!**