

Методы измерений

Измерения

Равноточные

Неравноточные

Однократные

Многократные

Статические

Динамические

Абсолютные

Относительные

Прямые

Косвенные

Совместные
и совокупные

Измерения

По точности измерений:

- Равноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.
- Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

Измерения

По числу измерений:

- **Однократное измерение** – измерение выполненное один раз.
 - **Примечание**
 - Во многих случаях на практике выполняются именно однократные измерения. Например, измерение конкретного момента времени по часам обычно производится один раз.
- **Многократное измерение** – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.

Измерения

По характеру изменения измеряемой величины:

➤ **Статическое измерение** – измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

➤ **Пример**

➤ Измерение длины детали при нормальной температуре.

➤ **Динамическое измерение** – измерение изменяющейся по размеру физической величины.

➤ **Примечания**

➤ 1. Термин «динамическое» относится к измеряемой величине.

➤ 2. Все физические величины подвержены тем или иным изменениям во времени. Поэтому разделение измерений на динамические и статические является условным.

Измерения

По способу получения результата измерений:

➤ **Прямое измерение** – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно.

➤ **Примечание**

➤ Термин прямое измерение возник как противоположный термину косвенное измерение. Строго говоря, измерение всегда прямое и рассматривается как сравнение величины с ее единицей. В этом случае лучше применять термин прямой метод измерений.

➤ **Примеры**

- 1. Измерение длины детали микрометром.
- 2. Измерение силы тока амперметром.
- 3. Измерение массы на весах.

Измерения

По способу получения результата измерений:

➤ **Косвенное измерение** – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

➤ **Пример**

➤ Определение плотности ρ тела цилиндрической формы по результатам прямых измерений массы m , высоты h и диаметра цилиндра d , связанных с плотностью уравнением:

$$\rho = \frac{m}{\pi(0,5d)^2 h}$$

➤ **Примечание**

➤ Во многих случаях вместо термина косвенное измерение применяют термин косвенный метод измерений.

Измерения

5. По способу получения результата измерений:

- **Совокупные измерения** – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.
 - **Примечание**
 - Для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин.
 - **Пример**
 - Значение массы отдельных гирь набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений (сравнений) масс различных сочетаний гирь.

- **Совместные измерения** – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними.

Методы измерений

- Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.
 - **Примеры**
 - 1. Применение эффекта Джозефсона для измерения электрического напряжения.
 - 2. Применение эффекта Пельтье для измерения поглощенной энергии ионизирующих излучений.
 - 3. Применение эффекта Доплера для измерения скорости.
 - 4. Использование силы тяжести при измерении массы взвешиванием.
- Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.
 - **Примечание**
 - Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

Методы измерений

Непосредственной оценки

Сравнения с мерой

Дифференциальный

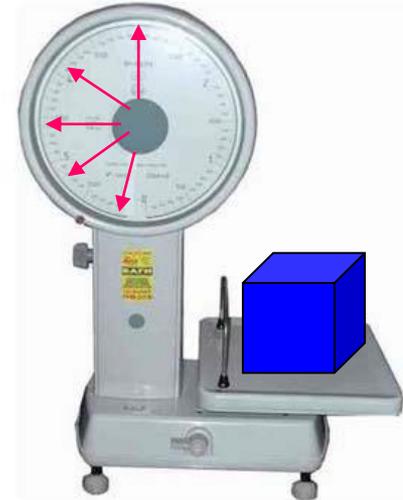
Замещением

Дополнением

Нулевой

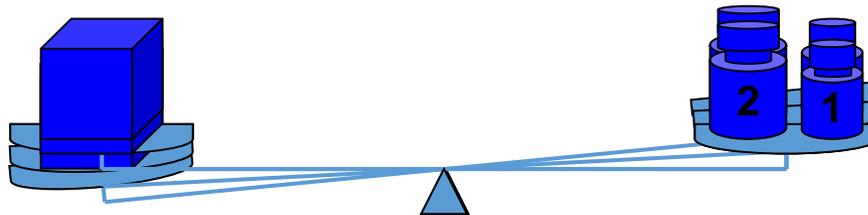
Методы измерений

- **Метод непосредственной оценки** – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.
- **Метод сравнения с мерой** – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.
 - **Примеры**
 - 1. Измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями (мерами массы с известным значением).
 - 2. Измерение напряжения постоянного тока на компенсаторе сравнением с известной ЭДС нормального элемента.



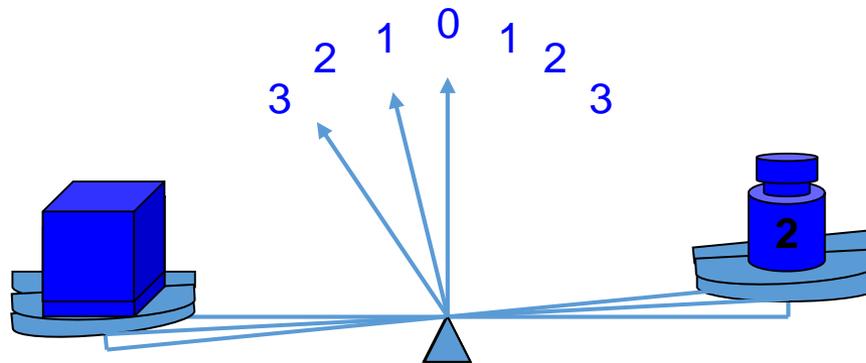
Методы измерений

- **Нулевой метод измерений** – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.
- **Примеры**
 - 1. Измерения электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием.
 - 2. Измерение массы груза на рычажных весах с полным уравниванием гирями (мерами массы с известным значением)



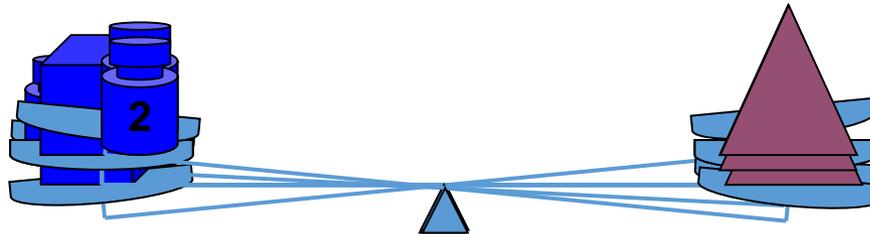
Методы измерений

- **Дифференциальный метод измерений** – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами.
- **Примеры**
- 1. Измерения, выполняемые при поверке мер длины сравнением с эталонной мерой на компараторе.
- 2. Измерение массы груза на рычажных весах с неполным уравновешиванием гирями (мерами массы с известным значением)



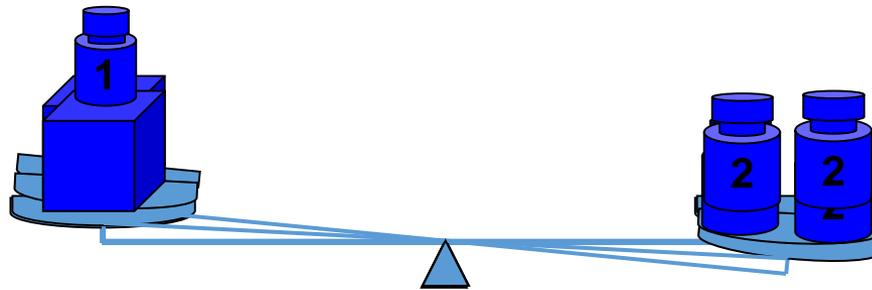
Методы измерений

- **Метод измерений замещением** – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.
- **Пример**
- Взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда).



Методы измерений

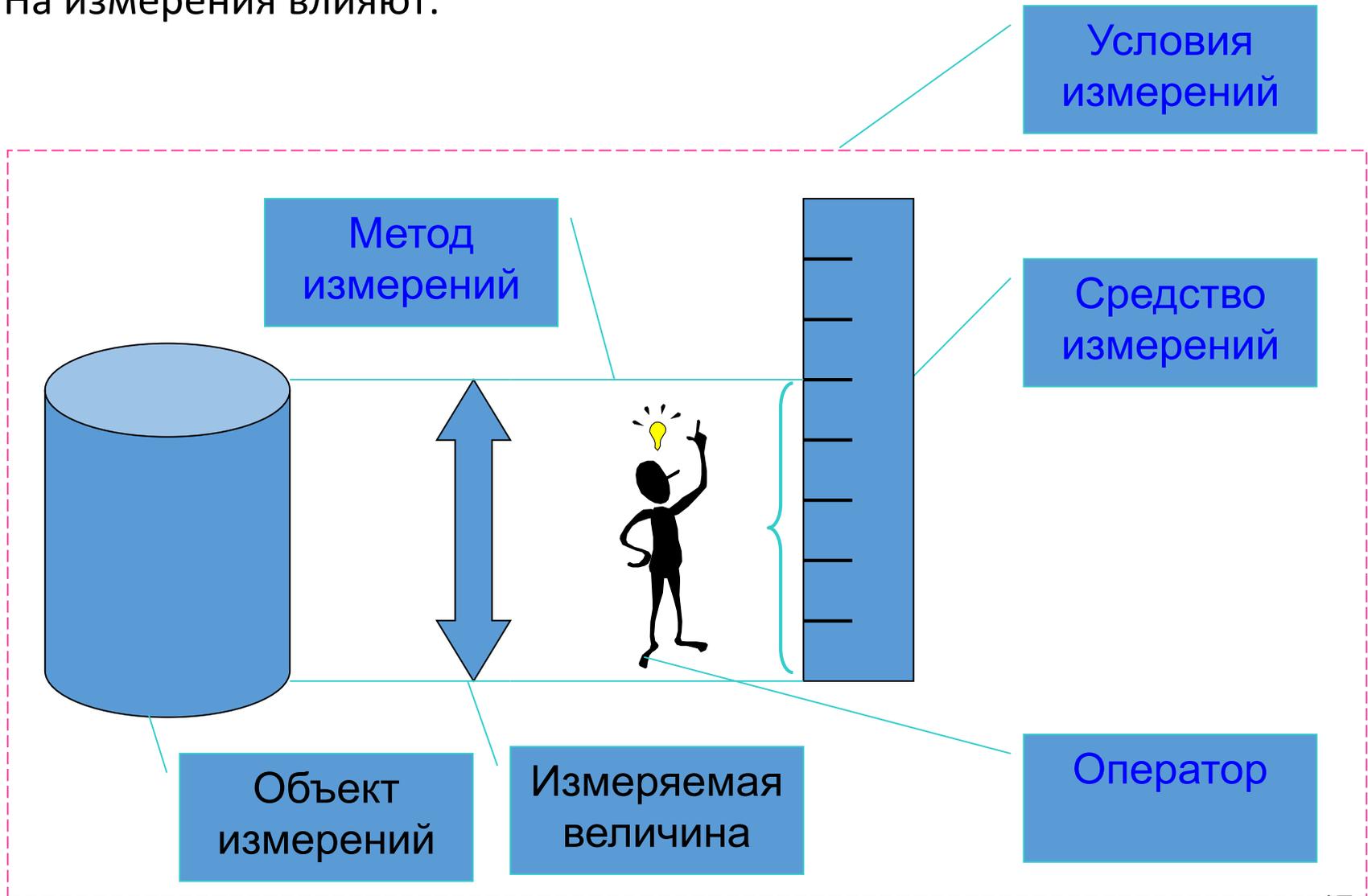
- **Метод измерений дополнением** – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.



Погрешности измерений

1. Классификация погрешностей измерений

➤ На измерения влияют:



1. Классификация погрешностей измерений

- Объект измерений принято считать неизменным, т.е. всегда предполагается, что существует истинное постоянное значение измеряемой величины.
- Все остальные составляющие процесса измерений:
 - средства измерений (СИ),
 - условия измерений,
 - оператор

1. Классификация погрешностей измерений

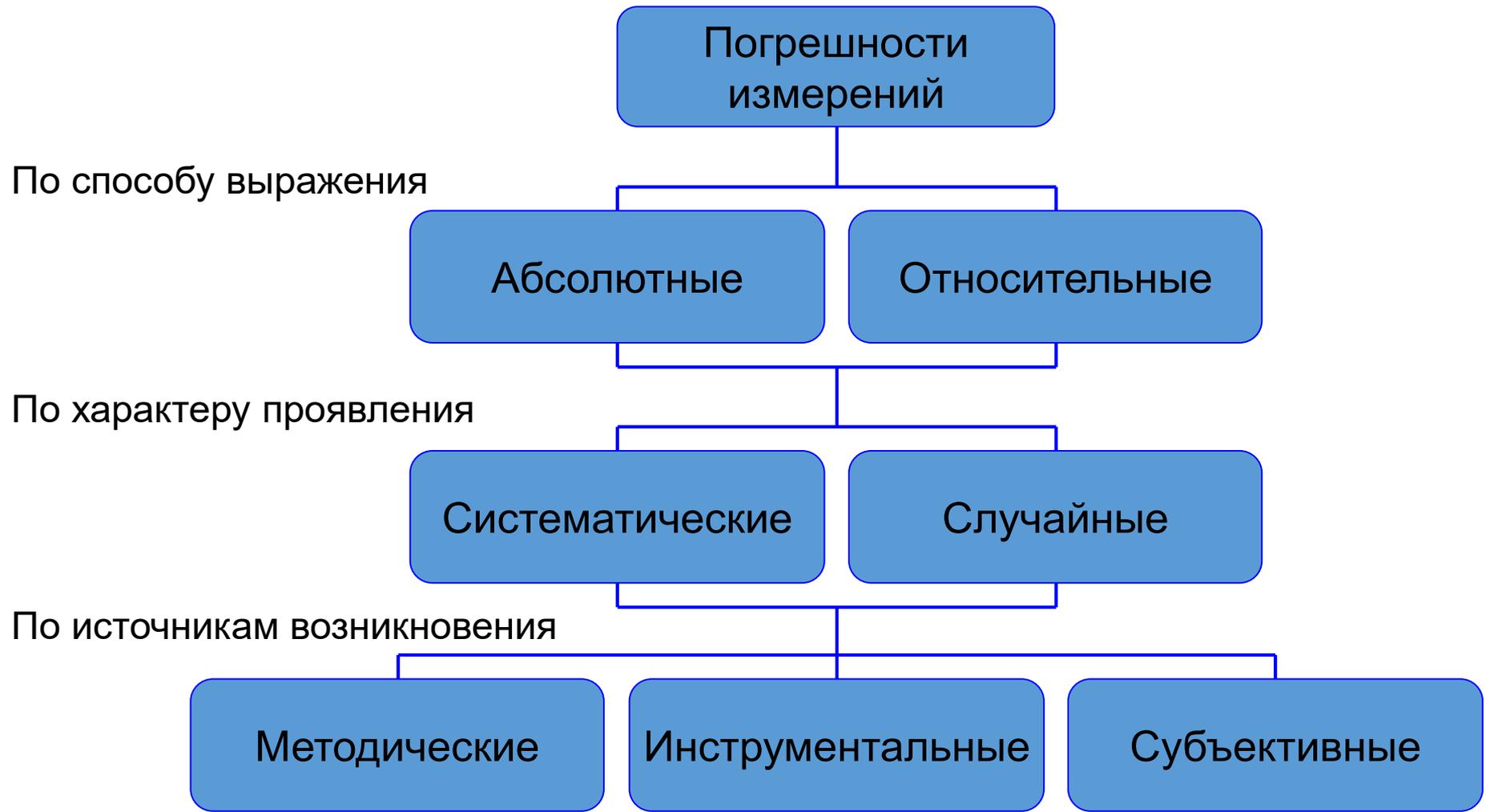
- Результат даже очень точного измерения будет содержать погрешность Δ , которая является отклонением результата измерения x от истинного значения $x_{\text{ист}}$ измеряемой величины

$$\Delta = x - x_{\text{ист}}$$

1. Классификация погрешностей измерений

- **Истинным значением физической величины** называется такое ее значение, которое идеальным образом отражает понятие «физическая величина» с точки зрения количества и качества.
- Истинное значения физической величины неизвестно.
- Термин «истинное значение» физической величины применяют только в теоретических исследованиях.
- В формулу погрешности результата измерения подставляют действительное значение X_D , т.е. значение, найденное опытным путем и настолько приближающееся к истинному, что может быть использовано вместо него.

1. Классификация погрешностей измерений



1. Классификация погрешностей измерений

➤ По способу выражения различают: абсолютные и относительные погрешности измерений.

➤ **Абсолютная погрешность** измерения – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины:

$$\Delta = x - x_{\text{ист}}$$

➤ **Примечание** – Необходимо различать термины абсолютная погрешность и абсолютное значение погрешности, т.к. абсолютное значение погрешности – значение погрешности без учета ее знака (модуль погрешности).

$$\Delta_{\text{абс}} = |\Delta| = |x - x_{\text{ист}}|$$

➤ **Относительная погрешность** измерения – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины.

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

1. Классификация погрешностей измерений

- По характеру проявления, способам обнаружения и учета погрешности измерений подразделяются на систематические и случайные.
- Систематическая погрешность измерения – составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.
 - **Примечание** – в зависимости от характера измерения систематические погрешности подразделяют на постоянные, прогрессивные, периодические и погрешности, изменяющиеся по сложному закону.
- Случайная погрешность измерения – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины.

1. Классификация погрешностей измерений

- Составляющие систематической погрешности:
 - *Постоянные погрешности* – погрешности, которые длительное время сохраняют своё значение, например в течение времени выполнения всего ряда измерений.
 - *Прогрессивные погрешности* – непрерывно возрастающие или убывающие погрешности. К ним относятся, например, погрешности вследствие износа измерительных наконечников, контактирующих с деталью при контроле ее прибором активного контроля.
 - *Периодические погрешности* – погрешности, значение которых является периодической функцией времени или перемещения указателя измерительного прибора.
 - *Погрешности, изменяющиеся по сложному закону*, происходят вследствие совместного действия нескольких систематических погрешностей.

1. Классификация погрешностей измерений

- По источникам возникновения различают: методические, инструментальные и субъективные погрешности измерений.
- **Методическая погрешность** (погрешность метода измерений) – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятого метода измерений.
- **Инструментальная погрешность** измерения (погрешность инструмента) – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.
- **Субъективная погрешность** измерения (личная погрешность) – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная индивидуальными особенностями оператора.

1. Классификация погрешностей измерений

- Методические погрешности возникают:
 - из-за несовершенства, неполноты теоретических обоснований принятого метода измерений
 - из-за непостоянства теоретических или эмпирических коэффициентов рабочих уравнений, используемых для оценки результата измерений
 - при изменении свойств измеряемых объектов, режимов и условий измерений
 - из-за неправильного выбора измеряемых величин (неадекватно описывающих модели интересующих свойств объекта).
- Выявить источники и исключить методические погрешности – главное в технике эксперимента.
Уровень решения этой задачи определяется метрологической подготовкой и искусством экспериментатора.

1. Классификация погрешностей измерений

- Инструментальные погрешности обусловлены свойствами СИ:
 - технологией и качеством изготовления (например, неточностью градуировки или нанесения шкалы)
 - стабильностью
 - чувствительностью к внешним воздействиям
 - влиянием на объект измерений
- Субъективные погрешности вызываются:
 - состоянием оператора, проводящего измерения,
 - его положением во время работы,
 - несовершенством органов чувств,
 - эргономическими свойствами СИ.