

Измерения

4 Измерения

4.1 измерение (величины): Процесс экспериментального получения одного или более **значений величины**, которые могут быть обоснованно приписаны **величине**.

Примечания

1 Измерение подразумевает сравнение величин или включает счет объектов.

2 Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием **результата измерения**, **методику измерений** и **средство измерений**, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений.

4.2 измеряемая величина: **Величина**, подлежащая измерению.

4.3 объект измерения: Материальный объект или явление, которые характеризуются одной или несколькими **измеряемыми** и **влияющими величинами**.

Пример — Вал, у которого измеряют диаметр; технологический процесс, во время которого измеряют температуру; спутник Земли, координаты которого измеряются или с помощью которого измеряют координаты местоположения объекта на Земле. Это все объекты измерения.

В зависимости от рода измеряемой величины, условий проведения измерений и приемов обработки экспериментальных данных измерения могут классифицироваться с различных точек зрения.

С точки зрения **общих приемов** получения результатов они разделены на четыре класса:

- прямые;
- косвенные;
- совокупные;
- совместные.

Прямое измерение

4.19 прямое измерение: Измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений.

Примеры

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

Косвенное измерение

4.20 косвенное измерение: Измерение, при котором искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других 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

$$\rho = \frac{m}{0,25\pi d^2 h}.$$

Косвенные измерения относятся к явлениям, которые непосредственно не воспринимаются органами чувств и познание которых требует экспериментальных устройств. Исторической предпосылкой косвенных измерений было открытие закономерных связей и единства различных явлений в отдельных областях природы и во всей природе в целом, что привело к установлению закономерных связей между различными физическими величинами.

Совокупные измерения

4.21 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.

При этом для определения значений искомых величин число уравнений должно быть не меньше числа величин. Примером совокупных измерений являются измерения, когда значение массы отдельных гирь из набора определяют по известному значению массы одной из гирь и по результатам измерений масс различных сочетаний гирь.

Совместные измерения

4.22 совместные измерения: Проводимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных **величин** для определения зависимости между ними.

Примечание — Как правило, модель совместных измерений объединяет параметрическую зависимость между **измеряемыми величинами** и алгоритм оценки параметров данной зависимости на основе **результатов измерений**.

Совместные и совокупные измерения характеризуются тем, что состоят из совокупности рядов прямых измерений и числовые значения искомых величин определяются из совокупности уравнений типа:

$$F_1(Y_1, Y_2, \dots, X_1, X_2, \dots) = 0$$

.....

$$F_n(Y_1, Y_2, \dots, X_{n1}, X_{n2}, \dots) = 0$$

где Y_1, Y_2, \dots – значения искомых величин, X – значения величин, измеряемых прямым измерением,

F – известные функциональные зависимости, причем, если эти зависимости неизвестны, то их отыскание уже выходит за пределы измерений и является предметом научного исследования.

Пример совместных измерений: измерение, при котором электрическое сопротивление резистора при температуре 20°C и его температурные коэффициенты находят по данным прямых измерений сопротивления и температуры, выполненных при разных температурах.

4.23 измерительная задача: Задача, заключающаяся в определении значения величины путем ее измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений.

4.24 область измерений: Совокупность измерений величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой.

В настоящее время все измерения в соответствии с физическими законами, используемыми при их проведении, сгруппированы в 13 **видов измерений**. Им в соответствии с классификацией были присвоены двухразрядные коды видов измерений: геометрические (27), механические (28), расхода, вместимости, уровня (29), давления и вакуума (30), физико-химические (31), температурные и теплофизические (32), времени и частоты (33), электрические и магнитные (34), радиоэлектронные (35), виброакустические (36), оптические (37), параметров ионизирующих излучений (38), биомедицинские (39).

По **физическому смыслу** измерения можно было бы делить на прямые и косвенные.

По **числу измерений** одной и той же величины измерения делятся на однократные и многократные. От числа измерений зависит методика обработки экспериментальных данных. При многократных наблюдениях для получения результата измерений приходится прибегать к статистической обработке результатов наблюдений.

По **характеру изменения** измеряемой величины в процессе измерений они делятся на статические и динамические (величина изменяется в процессе измерений).

По **отношению к основным единицам** измерения делятся на абсолютные и относительные.

- **Абсолютное измерение** – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант. Например, измерение силы $F = mg$ основано на измерении основной величины – массы m и использовании физической постоянной g .
- **Относительное измерение** – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную. Например, измерение активности радионуклида в источнике по отношению к активности радионуклида в однотипном источнике, аттестованной в качестве эталонной меры активности.

Существуют и другие классификации измерений, например, по связи с объектом (контактные и бесконтактные), по условиям измерений (равноточные и неравноточные).

4 Измерения

4.1 измерение (величины): Процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине.

Примечания

1 Измерение подразумевает сравнение величин или включает счет объектов.

2 Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием **результата измерения, методика измерений и средство измерений**, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений.

4.4 принцип измерений: Явление материального мира, положенное в основу измерения.

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 гравитационного притяжения при измерении массы взвешиванием.

5 Энергия абсорбции, которая служит для измерения молярной концентрации.

4.5 метод измерений: Прием или совокупность приемов сравнения **измеряемой величины с ее единицей** или соотнесения со **шкалой** в соответствии с реализованным **принципом измерений**.

Методы можно классифицировать по различным признакам.

1. Используемый **физический принцип**. По нему методы измерений разделяют на оптические, механические, акустические, электрические, магнитные и так далее.
2. Режим изменения во времени измерительного сигнала. В соответствии с ним все методы измерений разделяют на **статические и динамические**.
3. Способ взаимодействия средства и объекта измерений. По этому признаку методы измерений разделяют **на контактные и бесконтактные**.
4. Применяемый в средстве измерений вид измерительных сигналов. В соответствии с ним методы разделяют **на аналоговые и цифровые**.

Метод непосредственной оценки

Метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

4.6 метод сравнения (с мерой): Метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Метод сравнения с мерой имеет ряд разновидностей:
*метод замещения, метод дополнения,
дифференциальный метод и нулевой метод.*

4.8 метод измерений замещением; метод замещения: **Метод сравнения с мерой**, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.



Техника измерения состоит в следующем. Сначала на вход измерительного прибора подают измеряемую величину X и отмечают показания прибора (отсчет) Y_1 . После этого вместо измеряемой величины на тот же самый вход (это очень существенно) прибора подают величину X_0 , воспроизводимую мерой. В этом случае показание прибора становится равным Y_2 . Изменяя величину, воспроизводимую мерой, добиваются равенства показаний, т. е. $Y_1 = Y_2$. При этом можно утверждать, что $X = X_0$ независимо от погрешности измерительного прибора. Действительно, в первом случае получаем

$$Y_1 = X + \Delta_1,$$

где Δ_1 – погрешность измерительного прибора при получении счета Y_1 .

При воздействии на прибор меры

$$Y_2 = X + \Delta_2.$$

Здесь Δ_2 – погрешность измерительного прибора при получении счета Y_2 .

Поскольку мы добиваемся одинаковых показаний ($Y_1 = Y_2$), а интервал времени между двумя измерениями невелик, то на одной и той же отметке шкалы прибора погрешность одинакова, т.е. $\Delta_1 = \Delta_2$. Следовательно, из равенства $Y_1 = Y_2$ или $X + \Delta_1 = X + \Delta_2$ вытекает, что $X = X_0$.

Исключение погрешности измерительного прибора из результата измерений является новым достоинством метода замещения. Таким образом методом замещения можно осуществить точное измерение, имея прибор с большой погрешностью.

Метод замещения является самым точным из всех известных методов и обычно используется для проведения наиболее точных (**прецизионных**) измерений. Ярким примером метода замещения является взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (вспомните - на один и тот же вход прибора). Известно, что таким методом можно правильно измерить массу тела, имея неверные весы (погрешность прибора), но никак не гири! (погрешность меры).

4.9 метод измерений дополнением; метод дополнения: **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.

Пример, иногда может быть более точным измерение массы, при котором уравнивают гирю, значение которой известно с высокой точностью, измеряемой массой и набором более легких гирь, помещенными на другую чашку весов.

4.10 дифференциальный метод измерений: Метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

Пример — Измерения, выполняемые при поверке мер длины сравнением с эталонной мерой на компараторе.

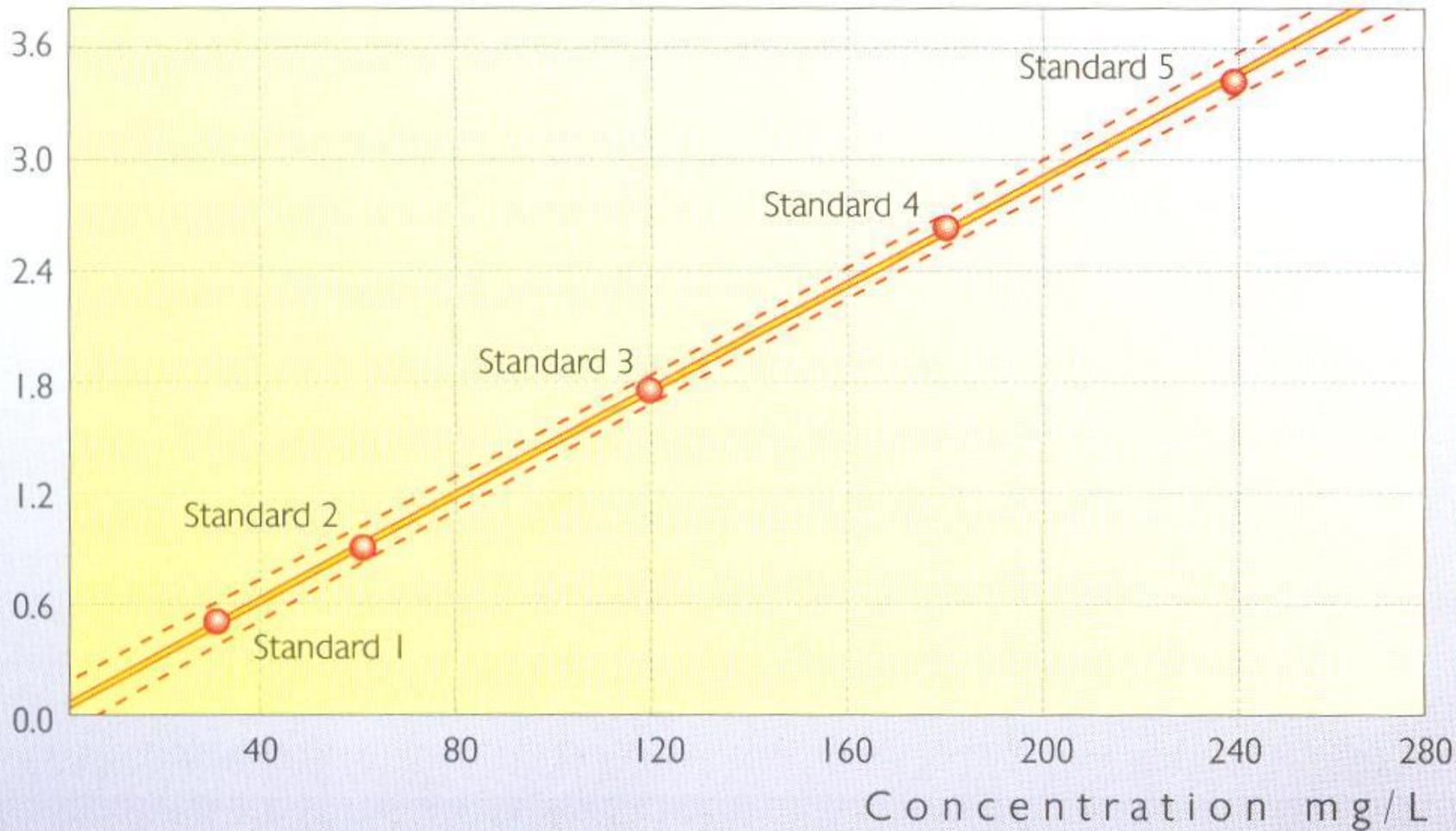
Частным случаем дифференциального метода является **нулевой метод измерений** — метод измерений, где в результате эффект действия измеряемой величины и меры на компаратор доводят до нуля.

Пример — Измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием.

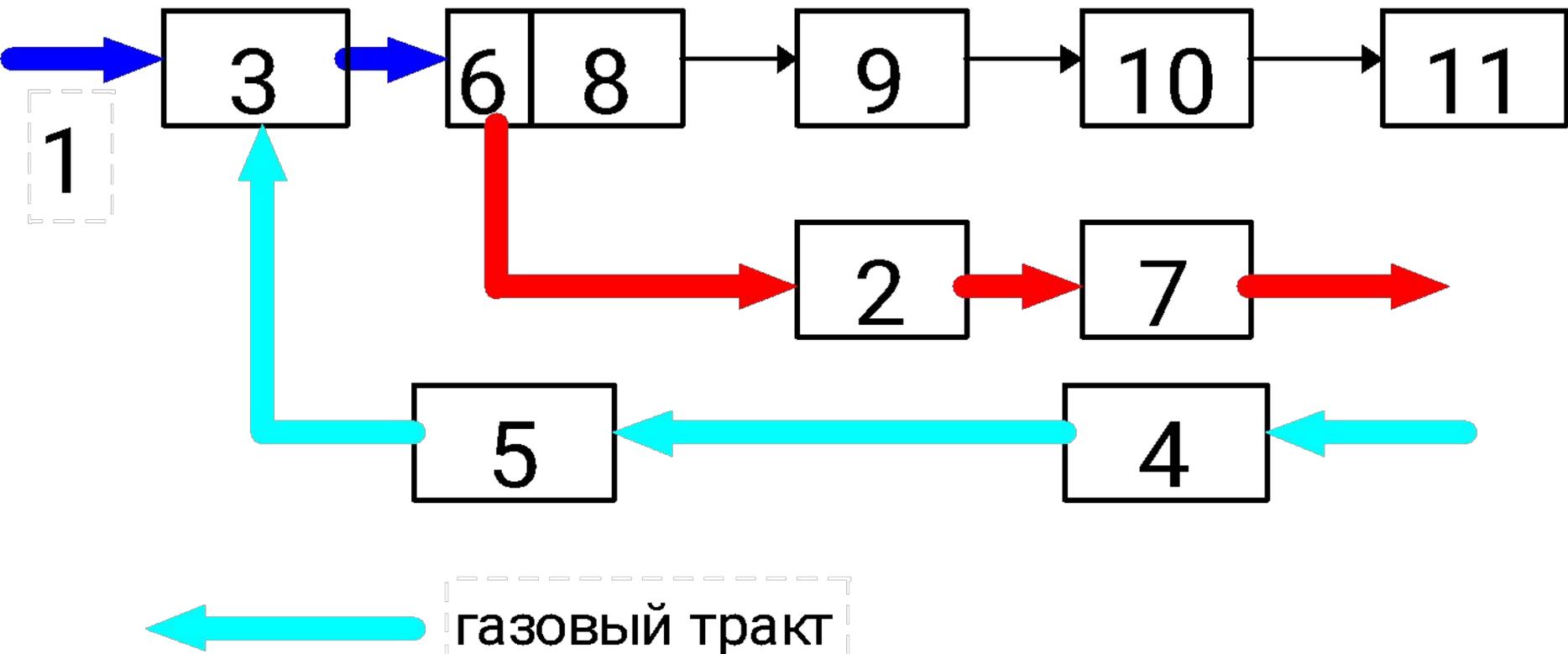
В дифференциальном методе погрешность представляет собой погрешность измерения разности меры и измеряемой величины. Для получения большой точности измерения нулевым и дифференциальным методом необходимо, чтобы погрешности измерительных приборов были невелики.

Сравнивая между собой метод сравнения и метод непосредственной оценки, мы обнаружим их разительное сходство. Действительно, метод непосредственной оценки по своей сути представляет метод замещения. Почему он выделен в отдельный метод? Все дело в том, что при измерении методом непосредственной оценки мы выполняем только **первую операцию – определение показаний**. Вторая операция – градуировка (сравнение с мерой) производится не при каждом измерении, а лишь в процессе производства прибора и **при его периодических поверках**. Между применением прибора и его предыдущей поверкой может лежать большой интервал времени, а погрешность измерительного прибора за это время может значительно измениться. Это и приводит к тому, что метод непосредственной оценки дает обычно меньшую точность измерения, чем метод сравнения.

A



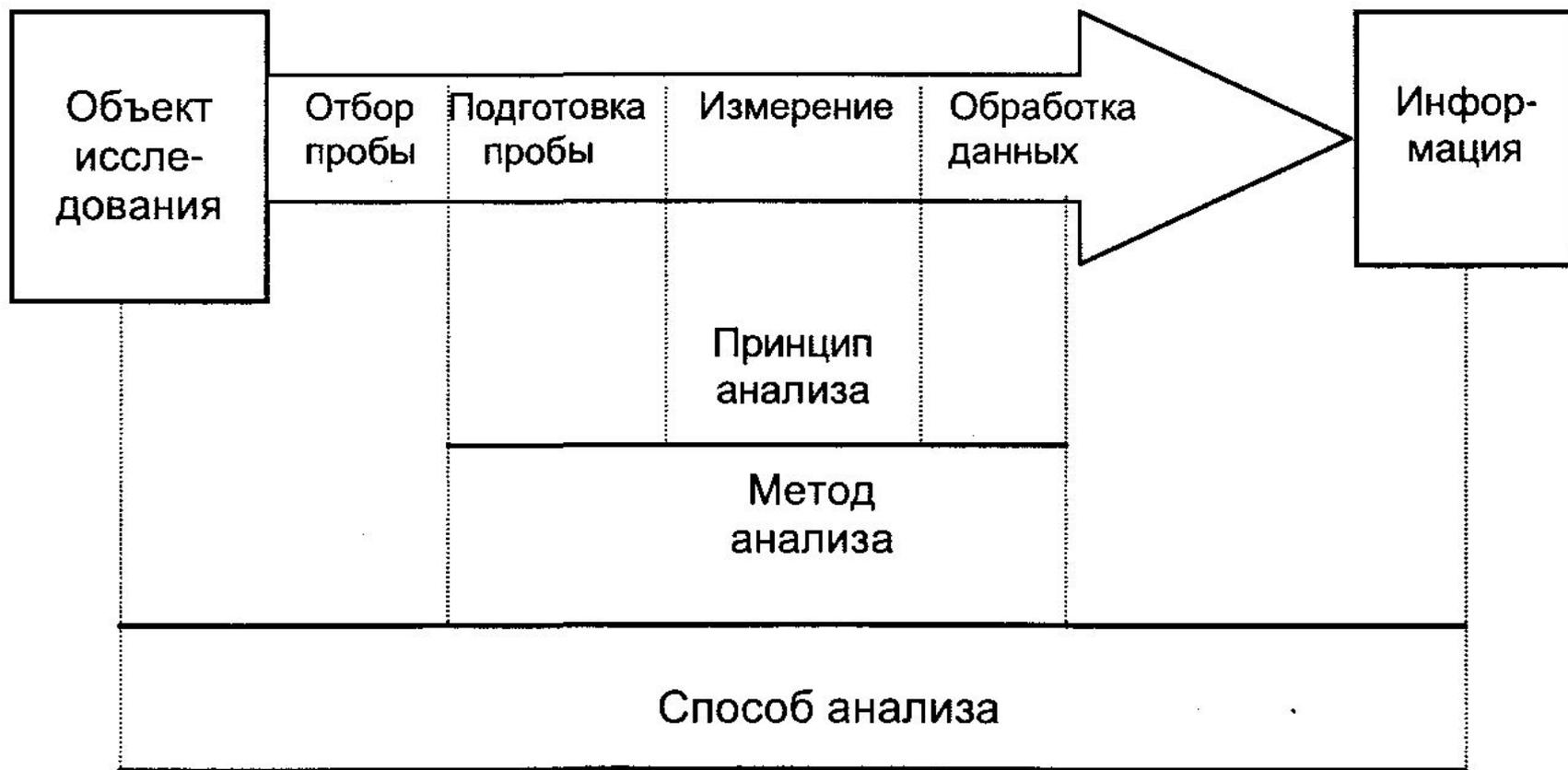
Градуировочная характеристика (зависимость оптической плотности от концентрации) строится по стандартным образцам с известной концентрацией



Блок-схема ХЛ газоанализатора: 1 - заборный патрубок; 2 - ротаметр, 3 - газовый коммутатор, 4 - фильтр-поглотитель, 5 - калибратор, 6 - ХЛ-реактор, 7 - насос, 8 - ФЭУ, 9 - усилитель, 10 - процессор, 11 - индикатор.

4.11 методика (выполнения) измерений: Установленная логическая последовательность операций и правил при **измерении**, выполнение которых обеспечивает получение **результатов измерений** в соответствии с **принятым методом измерений**.

Примечание — Обычно методика измерений регламентируется каким-либо нормативным документом.



Стадии аналитического процесса — отбор пробы, подготовка пробы, измерение и обработка результатов — являются равнозначными звеньями цепи, каждое из которых несет в себе

объективные и субъективные источники погрешности

Пример легенды, относящейся к информационной сфере

Согласно легенде, Карфаген (город на северном побережье Африки) был основан царицей Дидоной. Ей разрешили занять столько земли, сколько охватит воловья шкура. Дидона разрешила шкуру на тончайшие ремни и охватила ими участок земли, оказавшийся достаточным для строительства города.

Если подумать, о чем по сути дела эта легенда, можно прийти к выводу, что она *о методе измерения*. Не были с надлежащей полнотой оговорены измерительные операции со шкурой вола, поэтому Дидона и смогла отмерить совсем не столько земли, сколько предполагалось. Сходные легенды существовали и у других народов.

Результаты измерений

5.1 результат (измерения величины): Множество значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией.

5.4 истинное значение (величины): Значение величины, которое соответствует определению измеряемой величины.

5.6 действительное значение (величины): Значение величины; полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

5.7 точность измерений; точность результата измерения: Близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

5.9 прецизионность (измерений): Близость между показаниями или измеренными значениями величины, полученными при повторных измерениях для одного и того же или аналогичных объектов при заданных условиях.

5.15 воспроизводимость (измерений): Прецизионность измерений в условиях воспроизводимости измерений.

5.16 погрешность (результата измерения): Разность между измеренным значением величины и опорным значением величины.

ГОСТ 8.001-2013. Термины и определения

3 Погрешность измерения равна сумме случайной и систематической погрешностей.

5.17 случайная погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

5.19 систематическая погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

Примечания

1 В зависимости от характера изменения во времени систематические погрешности подразделяют на *постоянные, прогрессирующие, периодические и погрешности, изменяющиеся по сложному закону*. В зависимости от характера изменения по диапазону измерений систематические погрешности подразделяются на *постоянные и пропорциональные*.

Постоянные погрешности — погрешности, которые в течение длительного времени, например, в течение времени выполнения всего ряда измерений, остаются постоянными (или — неизменными). Они встречаются наиболее часто.

Прогрессирующие 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.

5.20 поправка: Значение величины, вводимое в показание с целью исключения систематической погрешности.

5.22 доверительные границы (погрешности измерения): Верхняя и нижняя границы интервала, внутри которого с заданной вероятностью находится значение погрешности измерений.

5.26 абсолютная погрешность (измерения): Погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

5.27 относительная погрешность (измерения): Погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к опорному значению измеряемой величины.

Примечание — Границы относительной погрешности в долях или процентах находят из отношений

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

где Δx — границы абсолютной погрешности измерения, x — опорное или измеренное значение величины.