

ЛЕКЦИЯ №2

Теоретические основы технических измерений

Вспомним, что является основным объектом измерения в метрологии?
– физическая величина.

Общая характеристика объектов измерений

Физическая величина применяется для описания материальных систем и объектов (явлений, процессов), которые изучаются в любых науках. Существуют основные и производные величины. Величины, характеризующие фундаментальные свойства материального мира, являются основными.

ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы физических величин» устанавливает 7 основных физических величин:

- длина;
- масса;
- время;
- термодинамическая температура;
- количество вещества;
- сила света;
- сила электрического тока.

С помощью этих физических величин создается все многообразие производных величин и описывается любое свойство физических явлений.

Измеряемые физические величины имеют качественную и количественную характеристики. Как можно качественно различать измеряемые физические величины? – размерностью. Согласно международному стандарту ИСО – размерность обозначается символом \dim - (dimension). Размерность основных физических величин – длины, массы и времени обозначается соответствующими заглавными буквами:

$$\dim l = L;$$

$$\dim m = M;$$

$$\dim t = T.$$

Размерность производной физической величины выражается через размерность основных физических величин с помощью степенного одночлена:

$$\dim X = L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma \dots, \text{ где}$$

$L, M, T \dots$ – размерности основных соответствующих физических величин.

$\alpha, \beta, \gamma \dots$ – показатели размерности (могут быть целыми, дробными, равными нулю или отрицательными).

Если $\alpha, \beta, \gamma = 0$, то величина будет безразмерной. Величина может быть относительной (диэлектрическая проницаемость – это отношение одноименных величин), может быть логорифмической, определяемой как логарифм относительной величины (например, логарифм отношения мощностей или напряжения).

Итак, качественная характеристика измеряемой величины – размерность. Количественная характеристика измеряемой величины – размер. Получение информации о размере физической или нефизической величины является содержанием любого измерения.

Простейший способ получения информации о размере ФВ – сравнение его с другим. Расположенные в порядке возрастания или убывания размеры измеряемых величин образуют *шкалы порядка*. Операция расстановки размеров в порядке их возрастания или убывания с целью получения измерительной информации по шкале порядка называется ранжированием. Фиксированные точки являются опорными (или реперными). Точкам шкалы могут быть присвоены цифры, называемые баллами.

Например, знания оцениваются по четырехбалльной реперной шкале – отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно. По реперным шкалам измеряются чувствительность пленок, твердость минералов, международная сейсмическая шкала – интенсивность землетрясений. К шкалам порядка относится шкала Мооса для определения твердости минералов, которая содержит 10 опорных (реперных) минералов с различными условными числами твердости: тальк – 1; гипс – 2; кальций – 3; флюорит – 4; апатит – 5; ортоклаз – 6; кварц – 7; топаз – 8; корунд – 9; алмаз – 10. Отнесение минерала к той или иной градации твердости осуществляется на основании эксперимента, который состоит в том, что испытуемый минерал царапается опорным. Если после царапанья испытуемого минерала, например, кварцем (7), на нем остается след, а после ортоклаза (6) – не остается, то твердость испытуемого минерала составляет более 6, но менее 7. Более точного ответа в этом случае дать невозможно.

Недостаток реперных шкал – неопределенность интервалов между реперными точками.

Шкала интервалов (шкала разностей). Эти шкалы являются дальнейшим развитием шкал порядка и применяются для объектов, свойства которых удовлетворяют отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности. Шкала интервалов состоит из одинаковых интервалов, имеет единицу измерения и произвольно выбранное начало – нулевую точку. К таким шкалам относится летоисчисление по различным календарям, в которых за начало отсчета принято либо сотворение мира, либо Рождество Христово и т.д. Температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта и Реомюра также являются шкалами интервалов.

На шкале интервалов определены действия сложения и вычисления интервалов. Действительно, по шкале времени интервалы можно суммировать или вычитать и сравнивать, во сколько раз один интервал больше другого, но складывать даты каких-либо событий бессмысленно.

Шкала отношений. Пример температурная шкала Кельвина. Начало отсчета – абсолютный нуль температуры, когда прекращается тепловое движение молекул.

Вторая реперная точка – температура таяния льда. По шкале Цельсия интервал между этими реперами равен $273,16^{\circ}\text{C}$. По шкале отношений

можно определить не только, на сколько один размер больше или меньше другого, но и во сколько раз больше или меньше.

Шкала наименований (шкала классификаций) – это своего рода качественная, а не количественная шкала. Она не содержит нуля и единиц измерения. Шкалы наименований являются атласами цветов. Процесс измерения заключается в визуальном сравнении окрашенного предмета с образцами цветов (эталонными образцами атласа цветов). Поскольку каждый цвет имеет немало вариантов, такое сравнение под силу опытному эксперту, который обладает не только практическим опытом, но и соответствующими особыми характеристиками зрительных возможностей.

Один и тот же размер может быть представлен по разному. Длина перемещения $L = 1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 1000 \text{ мм}$ – это три значения измеряемой величины являются оценками размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Это отвлеченное число называется числовым значением. В нашем примере это 1, 100, 1000.

Чтобы получить значение физической величины ее измеряют или вычисляют согласно основного уравнения измерения

$$Q = X \cdot [Q]$$

где Q – значение измеряемой физической величины;

X – числовое значение измеряемой величины (в принятой единице);

$[Q]$ – выбранная для измерения единица измерения.

Пример: необходимо измерить отрезок прямой в 10 см с помощью линейки (имеющий деления в см или мм).

$$Q_1 = 10 \text{ см при } X_1 = 10 \text{ } [Q_1] = 1 \text{ см,}$$

$$Q_2 = 100 \text{ мм при } X_2 = 100 \text{ } [Q_2] = 1 \text{ мм.}$$

Числовое значение результата измерения изменилось, т.к. применили различные единицы (1 см и 1 мм), но длина отрезка прямой (размер его физической величины) не изменился.

Виды и методы измерений.

Цель измерения – получение значения этой величины в форме, удобной для пользования.

Измерения классифицируются:

- по характеристикам точности – *равноточные* (ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений (СИ) и в одних и тех же условиях), *неравноточные* (выполнены несколько различными по точности СИ и в несколько различных условиях);
- по числу измерений в ряду измерений – однократные, многократные;
- по отношению к изменению измеряемой величины:
 - статические - измерение неизменной во времени физической величины, например, измерение размеров земельного участка;
 - динамические – измерение изменяющейся по размеру физической величины, например, измерение переменного напряжения электрического тока.

- по выражению результата измерений:
 - абсолютные – измерения, основанные на прямых измерениях величин и использовании значений физических констант ($F = mg$);
 - относительные – измерение отношения величины к одноименной величине, выполняющей роль единицы.
- по общим приемам получения результатов измерений:
 - прямые - искомое значение получают непосредственно, например, масса на весах;
 - косвенные.

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. По общим приемам получения результатов измерений различают: прямой метод измерений и косвенный метод измерений.

- по условию измерения – контактный и бесконтактный метод.
 - контактный – чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения (измерение температуры тела термометром);
 - бесконтактный – измерение расстояния до объекта, например, радиолокатора.

Исходя из способа сравнения измеряемой величины с ее единицей различают:

- методы непосредственной оценки – определяют значение величины непосредственно по отчетному устройству показывающего СИ (вольтметр). Мера, отражающая единицу измерения, в измерении не участвует. Ее роль играет шкала, проградуированная при производстве СИ;
- при методе сравнения с мерой, измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, измерение массы на рычажных весах с уравновешивающими гирями).

Контрольные вопросы.

1. Что является объектом измерения в метрологии?
2. Какие характеристики имеют физические величины?
3. Что является качественной характеристикой измеряемой физической величины?
4. Что является количественной характеристикой измеряемой физической величины?
5. Как получить значение физической величины?