

6. Поясните причины развития метрологии, стандартизации и сертификации в процессе человеческой деятельности.

7. Назовите основные этапы деятельности по развитию метрологии, стандартизации и сертификации.

8. Какова взаимосвязь метрологии, стандартизации и сертификации?

9. Что такое качество продукции, услуги?

10. Поясните триаду методов и видов деятельности по обеспечению качества.

1.2. Основные термины и понятия метрологии

1.2.1. Основные понятия, связанные с объектами измерения

Метрология – область знаний и вид деятельности, которые связаны с измерениями.

Объектами метрологии являются единицы величин, средства измерений, эталоны, методики выполнения измерений.

Основным объектом измерения в метрологии являются физические величины. *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. В качестве основных (таблица 1.1) величин выбирают величины, которые характеризуют фундаментальные свойства материального мира.

Величины можно разделить на два вида: реальные (физические и нефизические) и идеальные (математические).

Измеряемые величины имеют качественную и количественную характеристики.

Формализованным отражением качественного различия измеряемых величин является их *размерность*. Каждый показатель размерности может быть положительным или отрицательным, целым или дробным, нулем. Если все показатели размерности равны нулю, величина называется безразмерной.

Количественной характеристикой измеряемой величины служит ее *размер*. Получение информации о размере физической или нефизической величины является содержанием любого измерения.

Цель измерения – получение значения этой величины в форме, наиболее удобной для пользования. С помощью измерительного прибора

сравнивают размер величины, информация о котором преобразуется в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора.

Таблица 1.1

Основные физические величины

Основные величины	Символ	Описание	Единица СИ
Температура	T	Средняя кинетическая энергия частиц объекта	кельвин (К)
Сила тока	I	Протекающий в единицу времени заряд	ампер (А)
Сила света	I_v	Количество световой энергии, излучаемой в заданном направлении в единицу времени	кандела (кд)
Масса	m	Величина, определяющая инерционные и гравитационные свойства тел	килограмм (кг)
Количество вещества	n	Количество однотипных структурных единиц, из которых состоит вещество	моль (моль)
Длина	l	Протяженность объекта в одном измерении	метр (м)
Время	t	Продолжительность события	секунда (с)

Измерение – совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины. Это значение называют результатом измерений.

Значение физической величины получают в результате ее измерения или вычисления в соответствии с основным уравнением измерения:

$$Q = X[Q], \quad (1.1)$$

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

Измерения различают: по способу получения информации; по характеру изменений измеряемой величины в процессе измерений; по количеству измерительной информации; по условиям, определяющим точность результата и по отношению к основным единицам.

1. По способу получения информации измерения разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямые измерения – это непосредственное сравнение физической величины с ее мерой (измерение длины линейкой, температуры – термометром).

Косвенные измерения отличаются от прямых тем, что искомое значение устанавливают по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определенной зависимостью. Примеры косвенных измерений: определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения. Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить прямым измерением. Встречаются случаи, когда величину можно измерить только косвенным путем, например размеры астрономического или внутриатомного порядка.

Косвенные измерения в свою очередь делятся на совокупные и совместные.

Совокупные измерения сопряжены с решением системы уравнений, составляемых по результатам одновременных измерений некоторых однородных величин. Решение системы уравнений дает возможность вычислить искомую величину (определение массы отдельных гирь набора по известному значению массы одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний этих гирь).

Совместные измерения – это измерения двух или более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними.

2. По характеру изменения измеряемой величины в процессе измерений бывают статистические, динамические и статические измерения.

Статистические измерения связаны с определением характеристик случайных процессов.

Статические измерения имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

Динамические измерения связаны с такими величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения.

3. По количеству измерительной информации различают однократные и многократные измерения.

Однократные измерения – это одно измерение одной величины, т. е. число измерений равно числу измеряемых величин. Практическое применение такого вида измерений всегда сопряжено с большими погрешностями, поэтому следует проводить не менее трех однократных измерений и находить конечный результат как среднее арифметическое значение.

Многократные измерения характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин.

4. По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на три класса.

Измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения и в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин. Сюда относятся также измерения физических констант, прежде всего универсальных, например, измерение абсолютного значения ускорения свободного падения.

Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения. В этот класс включены измерения, выполняемые лабораториями государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов, а также состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями. Эти измерения гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого, заранее заданного значения.

Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на промышленных предприятиях, в сфере услуг и др.

5. По отношению к основным единицам измерения делят на абсолютные и относительные.

Абсолютными измерениями называют такие, при которых используются прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины и физическая константа. Примерами абсолютных измерений являются: определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате.

Относительные измерения базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной величине, применяемой в качестве единицы. Искомое значение при таком измерении, зависит от используемой единицы измерения. Примерами относительных измерений являются: измерение диаметра обечайки по числу оборотов мерного ролика, измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 м³ воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 м³ воздуха при данной температуре.

С измерениями связано такое понятие, как «шкала измерений».

1.2.2. Виды шкал и их особенности

Шкала измерений – это упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая основой для ее измерения. Поясним это понятие на примере температурных шкал. В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда, а в качестве основного интервала (опорной точки) – температура кипения воды. Одна сотая часть этого интервала является единицей температуры (градус Цельсия).

В метрологической практике известны несколько разновидностей шкал: шкала наименований, шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений и др.

Шкала наименований – это своего рода качественная, а не количественная шкала, она не содержит нуля и единиц измерений. Это самый простой тип шкал, основанный на приписывании качественным свойствам объектов чисел, играющих роль имен. Примером может служить атлас цветов (шкала цветов), предназначенная для идентификации цвета. Процесс измерения заключается в визуальном сравнении окрашенного предмета с образцами цветов. В бытовом плане шкалами наименований являются шкала фамилий, шкала личных номеров в документах, адреса, номера экзаменационных билетов, номера ссылок на литературные источники.

Шкала порядка характеризует значение измеряемой величины в баллах. Она является монотонно возрастающей или убывающей и позволяет установить отношение больше/меньше между величинами, характеризующими указанное свойство. В шкалах порядка существует или не существует нуль, но принципиально нельзя ввести единицы измерения, так как для них не установлено отношение пропорциональности и соответственно нет возможности судить, во сколько раз больше или

меньше конкретные проявления свойства. Для обеспечения измерений по шкале порядка некоторые точки на ней можно зафиксировать в качестве опорных (реперных). Точкам шкалы могут быть присвоены цифры, часто называемые баллами. Можно привести такие примеры использования шкал порядка в метрологии, как шкалы твердости, ранжированные классы точности приборов, разряды эталонных средств измерений, упорядоченные по возрастанию или по убыванию ряды результатов измерений или отклонений от базового значения и т. д. Недостатком шкал порядка является неопределенность интервалов между точками.

Шкала интервалов (разностей) имеет условные нулевые значения, а интервалы устанавливаются по согласованию. Такими шкалами являются шкалы времени, длины, разности потенциалов. По шкале интервалов можно судить не только о том, что один размер больше другого, но и о том, на сколько больше. Однако по шкале интервалов нельзя оценить, во сколько раз один размер больше другого. Это обусловлено тем, что на шкале интервалов известен только масштаб, а начало отсчета может быть выбрано произвольно. К таким шкалам относится, например, летоисчисление по различным календарям. Температурные шкалы Цельсия, Фаренгейта также являются шкалами интервалов.

Шкала отношений является наиболее совершенной. Она имеет естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию. Примером такой шкалы является шкала термодинамической температуры. По шкале отношений можно определить не только, на сколько один размер больше или меньше другого, но и во сколько раз больше или меньше. Шкалы большинства физических величин (длина, масса, сила, давление, скорость и др.) также являются шкалами отношений.

Абсолютные шкалы обладают всеми признаками шкал отношений, кроме того, дополнительно имеют естественное однозначное определение единицы измерения и не зависят от принятой системы единиц измерения. Такие шкалы соответствуют относительным величинам, например шкала коэффициента полезного действия, шкала относительной влажности и другие им подобные.

Следует отметить, что шкалы наименований и порядка называют неметрическими (концептуальными), а шкалы интервалов и отношений – метрическими (материальными). Абсолютные и метрические шкалы относятся к разряду линейных.

1.2.3. Методы измерений

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Методы измерений классифицируют по нескольким признакам.

1. По общим приемам получения результатов измерений различают прямой и косвенный методы измерений. Первый реализуется при прямом измерении, второй – при косвенном измерении, которые описаны выше.

2. По условиям измерения различают контактный и бесконтактный методы измерений.

Контактный метод измерений основан на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

Бесконтактный метод измерений основан на том, что чувствительный элемент прибора не приводится в контакт с объектом измерения.

3. По способу сравнения измеряемой величины с ее единицей различают метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

При методе непосредственной оценки (рис. 1.3) определяют значение величины непосредственно по отсчетному устройству показывающего средства измерения. Мера, отражающая единицу измерения, в измерении не участвует. Ее роль играет шкала, проградуированная при его производстве с помощью достаточно точных средств измерений. Измерения с помощью этого метода проводятся очень быстро, просто и не требуют высокой квалификации оператора, поскольку не нужно создавать специальные измерительные установки и выполнять какие-либо сложные вычисления. Однако точность измерений чаще всего оказывается невысокой из-за погрешностей, связанных с необходимостью градуировки шкал приборов и воздействием влияющих величин (непостоянство температуры, нестабильность источников питания и пр.).

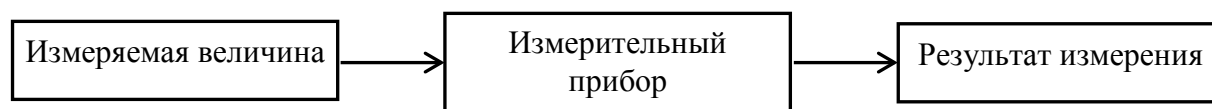


Рис. 1.3. Метод непосредственной оценки

При методе сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Отличительной чертой методов

сравнения является непосредственное участие меры в процедуре измерения, в то время как в методе непосредственной оценки мера в явном виде при измерении не присутствует, а ее размеры перенесены на отсчетное устройство (шкалу) средства измерения заранее, при его градуировке. Обязательным в методе сравнения является наличие сравнивающего устройства.

Метод сравнения с мерой имеет несколько разновидностей: нулевой метод, дифференциальный метод, метод замещения и метод совпадения.

Нулевой метод (или метод полного уравнивания) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводится к нулю.

Пример: измерение массы на равноплечных весах, когда воздействие на весы массы m_x полностью уравнивается массой гирь m_0 .

При *дифференциальном методе* полное уравнивание не производят, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале прибора.

Пример: измерение массы на равноплечных весах, когда воздействие массы m_x на весы частично уравнивается массой гирь m_0 , а разность масс отсчитывается по шкале весов, градуированных в единицах массы; в этом случае значение измеряемой величины $m_x = m_0 + \Delta m$, где Δm – показания весов.

Метод замещения – метод сравнения с мерой, в которой измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

Пример: взвешивание на пружинных весах; измерение производят в два приема, вначале на чашу весов помещают взвешиваемую массу и отмечают положение указателя весов, затем массу m_x замещают массой гирь m_0 , подбирая ее так, чтобы указатель весов установился точно в том же положении, что и в первом случае.

В *методе совпадений* разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

Пример: измерение числа оборотов вала с помощью стробоскопа – вал периодически освещается вспышками света, и частоту вспышек подбирают так, чтобы метка, нанесенная на вал, казалась наблюдателю неподвижной.