

Основы технических измерений

Основные определения

Для того, чтобы определить, какой размер получился после обработки детали соответствует ли он требованиям чертежа, необходимо измерить эту деталь.

Измерения изучаются наукой – метрологией.

Метрология (состоит из двух греческих слов: μέτρον — мера и λόγος — учение, что буквально можно перевести, как «учение о мерах») – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Основные задачи метрологии:

— разработка общей теории измерений единиц физических величин и их систем,
— разработка методов и средств измерений, методов определения точности измерений, основ обеспечения единства и единообразия средств измерений, эталонов и образцовых средств измерений, методов передачи размеров единиц от эталонов и образцовых средств измерений к рабочим средствам измерений.

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Средство измерения – это средство, с помощью которого выполняется измерение.

Средства измерения

Средство измерений – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Классификация средств измерений

1. По конструктивному исполнению:
 - меры (длины, веса, и т.д.),
 - измерительные приборы,
 - измерительные установки,
 - измерительные системы,
 - измерительные комплексы.
2. По уровню автоматизации:
 - не автоматизированные,
 - автоматизированные,
 - автоматические.
3. По уровню стандартизации:
 - стандартизированные,
 - не стандартизированные
4. По отношению к измеряемой физической величине:
 - основные;
 - вспомогательные.

Мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения заданного размера физической величины.

Однозначная мера воспроизводит физическую величину одного размера (например, концевые меры длины, калибры).

Многозначная мера – мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, линейка).

Единицами измерения являются:

- 1) для измерения линейных размеров: метр (м), миллиметр (мм), микрометр (мкм),
- 2) для измерения угловых размеров: градус, угловая минута, угловая секунда.

Измерительные приборы — это средства измерения, предназначенные для получения значений измеряемой величины в установленном диапазоне.

Приборы содержат устройство для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и его индикацию в форме доступной для восприятия. Устройство для индикации имеет шкалу со стрелкой, с помощью которой отсчитывается значение измеряемой величины.

Приборы могут быть показывающие (штангенциркуль, микрометр, вольтметр), аналоговые (ртутный термометр), цифровые, регистрирующие (предусмотрена регистрация показаний, могут быть самопишущие и печатающие), и т.д.

Измерительная установка – это совокупность измерительных мер, измерительных приборов и др. устройств, которые предназначены для измерения одной или нескольких величин, расположенных в одном месте.

Измерительная система – это совокупность мер, приборов, ЭВМ и др. средств размещенных в разных точках контролируемого объекта с целью измерения одной или нескольких величин, свойственных данному объекту.

Измерительный комплекс – это совокупность средств измерений, компьютера и других устройств предназначенных для выполнения конкретной измерительной задачи.

Параметры и характеристики средств измерения

Шкала – ряд отметок (штрихов или точек) и поставленных около них чисел.

Цена деления шкалы – это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Наиболее распространена следующая цена делений: 0,01; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; реже: 0,005.

Отсчет – число, отсчитанное по отсчетному устройству средства измерения.

Показание средства измерений – это значение измеряемой величины, определяемое по отсчетному устройству и выраженное в принятом для этого устройства единицах измерения. Показание равно произведению числа отсчитанных делений шкалы на цену деления данной шкалы.

Диапазон показаний – это область значений шкалы ограниченная начальным и конечным значением этой шкалы.

Диапазон измерений – это область значений измеряемой величины, для которой нормирована погрешность данного средства измерения.

Дискретность отсчета (при цифровой индикации) – это наименьшая разность показаний младшего разряда цифровой индикации данного средства измерений (например 25,3 мм по показаниям штангенциркуля)

Предел измерения – это наибольшее и наименьшее значение диапазона измерений.

Результат измерения – значение величины, которое выявлено измерением.

Длина (интервал) деления шкалы – это расстояние между серединами двух соседних отметок шкалы (например, 0,5 мм и 1 мм).

Методы измерений

Метод	Сущность	Примеры применения
1. Непосредственной оценки	Значение величины определяется по отсчетному устройству	Измерение давления пружинным манометром, массы – на весах, силы электрического тока – амперметром
2. Сравнение с мерой	Сравнение измеряемой величины с воспроизводимой мерой	Измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирей
2.1. Нулевой	Результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля	Измерение электрического сопротивления электрическим мостом
2.2. Дифференциальный	Измерение разницы измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой	Измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе. (компаратор – средство сравнения, предназначенное для сличения мер однородных величин)
2.3. Замещения	Действие измеряемой величины замещается образцовой	Взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов (метод Борда)
2.4. Совпадений	При измерении разности сравниваемых величин используется совпадение отметок шкал или периодических сигналов	Измерение длины – штангенциркулем, частоты вращения – стробоскопом
2.5. Противопоставления	Измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения	Измерение массы на равноплечих весах с помещением измеряемой массы и уравниванием ее гирь на двух чашках весов

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Средством измерений (СИ) называют техническое средство (или их комплекс), используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики. В отличие от таких технических средств, как индикаторы, предназначенных для обнаружения физических свойств (компас, лакмусовая бумага, осветительная электрическая лампочка), СИ позволяют не только обнаружить физическую величину, но и измерить ее, т.е. сопоставить неизвестный размер с известным. Если физическая величина известного размера есть в наличии, то она непосредственно используется для сравнения (измерение плоского угла транспортиром, массы — с помощью весов с гирями). Если же физической величины известного размера в наличии нет, то сравнивается реакция (отклик) прибора на воздействие измеряемой величины с проявившейся ранее реакцией на воздействие той же величины, но известного размера (измерение силы тока амперметром). Для облегчения сравнения еще на стадии изготовления прибора отклик на известное воздействие фиксируют на кале отсчетного устройства, после чего наносят на шкалу деления в кратном и дольном отношении. Описанная процедура называется градуировкой шкалы. СИ (за исключением некоторых мер — гирь, линейек) в простейшем случае производят две операции: обнаружение физической величины; сравнение неизвестного размера с известным или сравнение откликов на воздействие известного и неизвестного размеров.

Другими отличительными признаками СИ являются, во-первых, «умение» хранить (или воспроизводить) единицу физической величины; во-вторых, неизменность размера хранимой единицы. Если же размер единицы в процессе измерений изменяется более, чем установлено нормами, то с помощью такого средства невозможно получить результат с требуемой точностью. Отсюда следует, что измерять можно только тогда, когда техническое средство, предназначенное для этой цели, может хранить единицу, достаточно неизменную по размеру (во времени).

СИ можно классифицировать по двум признакам:

- конструктивное исполнение;
- метрологическое назначение.

По конструктивному исполнению СИ подразделяют:

1. на меры,
2. измерительные преобразователи;
3. измерительные приборы,
4. измерительные установки,
5. измерительные системы,
6. технические системы и устройства с измерительными функциями.

Меры величины — СИ, предназначенные для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров. Различают меры: однозначные (гиря 1 кг, калибр, конденсатор постоянной емкости); многозначные (масштабная линейка, конденсатор переменной емкости); наборы мер (набор гирь, набор калибров). Набор мер, конструктивно объединенных в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях, называется магазином мер. Примером такого набора может быть магазин электрических сопротивлений, магазин индуктивностей. Сравнение с мерой выполняют с помощью специальных технических средств — компараторов (рычажные весы, измерительный мост и т.д.).

К однозначным мерам можно отнести стандартные образцы (СО). Существуют стандартные образцы состава и стандартные образцы свойств.

СО состава вещества (материала) — стандартный образец с установленными значениями величин, характеризующих содержание определенных компонентов в веществе (материале).

СО свойств веществ (материалов) — стандартный образец с установленными значениями величин, характеризующих физические, химические, биологические и другие свойства.

Новые СО допускаются к использованию при условии прохождения ими метрологической аттестации. Указанная процедура — это признание этой меры, узаконенной для применения на основании исследования СО. Метрологическая аттестация проводится органами метрологической службы.

Измерительные преобразователи (ИП) — СИ, служащие для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований.

По характеру преобразования различают аналоговые (АП), цифроаналоговые (ЦАП), аналого-цифровые (АЦП) преобразователи. По месту в измерительной цепи различают первичные (ИП, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина) и промежуточные (ИП, занимающий место в измерительной цепи после первичного ИП) преобразователи

Измерительный прибор — СИ, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины установленном диапазоне. Прибор, как правило, содержит устройство для преобразования измеряемой величины и ее индикации в форме, наиболее доступной для восприятия. Во многих случаях устройство для индикации имеет шкалу) со стрелкой или другим устройством, диаграмму с пером или цифроуказатель, с помощью которых может быть произведен отсчет или регистрация значений физической величины. В случае сопряжения прибора с мини-ЭВМ отсчет может производиться с помощью дисплея.

По степени индикации значений измеряемой величины измерительные приборы подразделяют на показывающие и регистрирующие. Показывающий прибор допускает только отсчитывание показаний измеряемой величины (микрометр, аналоговый или цифровой вольтметр). В регистрирующем приборе предусмотрена регистрация показаний — в форме диаграммы, путем печатания показаний (термограф или, например, измерительный прибор, сопряженный с ЭВМ, дисплеем и устройством для печатания показаний).

Измерительная установка — совокупность функционально объединенных элементов — мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерения одной или нескольких физических величин и расположенных в одном месте. Примером являются установка для измерения удельного сопротивления электротехнических материалов, установка для испытаний магнитных материалов. Измерительную установку, предназначенную для испытаний каких-либо изделий, иногда называют испытательным стендом.

Измерительная система — совокупность функционально объединенных элементов — мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого пространства с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому пространству. Примером может служить радионавигационная система. Для определения местоположения судов, состоящая из ряда измерительных комплексов, разнесенных в пространстве на значительном расстоянии друг от друга.

Технические системы и устройства с измерительными функциями — технические системы и устройства, которые наряду с основными выполняют и измерительные функции. Они имеют один или несколько измерительных каналов.

Примерами таких систем являются игровые автоматы, диагностическое оборудование.

По метрологическому назначению все СИ подразделяются на два вида: рабочие СИ и эталоны.

Рабочие СИ (РСИ) предназначены для проведения технических измерений. По условиям применения они могут быть: 1) лабораторными, используемыми при научных исследованиях, проектировании технических устройств, медицинских измерениях; 2) производственными, используемыми для контроля характеристик технологических процессов, контроля качества готовой продукции, контроля отпуска товаров; 3) полевыми, используемыми непосредственно при эксплуатации таких технических устройств как самолеты, автомобили, речные и морские суда и др.

К каждому виду РСИ предъявляются специфические требования:

- к лабораторным — повышенная точность и чувствительность;
- к производственным — повышенная стойкость к ударно-вибрационным нагрузкам, высоким и низким температурам;
- к полевым — повышенная стабильность в условиях резкого перепада температур, высокой влажности.

Эталоны являются высокоточными СИ, а поэтому используются для проведения метрологических измерений в качестве средств передачи информации о размере единицы. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных СИ к менее точным «по цепочке»: первичный эталон - вторичный эталон — рабочий эталон 0-го разряда - рабочий эталон 1-го разряда... — рабочее средство измерений.

Передача размера осуществляется в процессе поверки СИ. Целью поверки является установление пригодности СИ к применению.

Соподчинение СИ, участвующих в передаче размера единицы от эталона к РСИ, устанавливается в поверочных схемах СИ.

Эталонная база в дальнейшем будет развиваться в количественном и главным образом в качественном отношении. Перспективно создание многофункциональных эталонов, т.е. эталонов, воспроизводящих на единой конструктивной и метрологической основе не одну, а несколько единиц физических величин или одну единицу, но в широком диапазоне измерений. Так, метрологические институты страны создают единый эталон времени, частоты и длины, который позволит, кстати, уменьшить погрешность воспроизведения единицы длины до $1 \cdot 10^{-11}$.

Если технический уровень первичных эталонов в России благодаря успехам науки и энтузиазму ученых можно оценить как вполне удовлетворительный, то состояние парка СИ, находящихся в практическом обращении, прежде всего рабочих эталонов и РСИ, внушает тревогу. Если в 1980-х гг. к обновления отечественной измерительной техники, как правило, составлял пять-шесть лет (для сравнения: в США и Японии — не более трех лет), то наблюдаемый сейчас регресс в области отечественного приборостроения еще больше увеличил сроки обновления рабочих эталонов и РСИ, что ведет к значительному старению измерительной техники.

Другой проблемой отечественных производителей СИ является высокая стоимость их разработок в сравнении с зарубежными фирмами. Для преодоления традиционного отставания необходимо также в отечественных приборах предусматривать: высокую степень автоматизации на базе микропроцессорной технологии, быстродействие, высокую надежность, пониженные массу, габариты и энергопотребление, высокий уровень эстетики и эргономики.

Многообразие СИ обуславливает необходимость применения специальных мер по обеспечению единства измерений.