

УДК 658.5

## Виды и методы измерений. Ключевые преимущества и недостатки

Одинцов В. П.

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия.

### Аннотация

В современном мире постоянно растут требования к точности измерений, средства постоянно развиваются. В наше время различные виды измерений можно встретить на каждом шагу. С измерениями связана деятельность человека на любом предприятии. Инженеры промышленных предприятий, осуществляющие метрологическое обеспечение производства должны иметь полные сведения о возможностях измерительной техники, для решения задач взаимозаменяемости узлов и деталей, контроля производства продукции на всех его жизненных циклах. Измерение - процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения. Существует различные виды измерений. метод измерений - прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. В настоящее время, при больших потребностях в вычислении всевозможной информации мы имеем широкие возможности для измерения. Мы можем достичь поставленной цели с помощью различных методов и видов измерения, которых на данный момент большое количество. При грамотном выборе того и другого, мы можем получить необходимый результат с приемлемой погрешностью. Таким образом, необходимо владеть информацией о всех используемых в отрасли видах и методах и измерений, а также знать их основные преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** метрология, методы измерений, виды измерений, точность измерений, преимущества и недостатки видов и методов измерений.

## Types and methods of measurements. Key advantages and disadvantages

Odintsov V. P.

In the modern world, the requirements for the accuracy of measurements are constantly growing, the means are constantly developing. Nowadays, different types of measurements can be found at every step. Human activity in any enterprise is associated with measurements. Engineers of industrial enterprises carrying out metrological support of production must have complete information about the capabilities of measuring equipment, to solve the problems of interchangeability of units and parts, to control the production of products in all its life cycles. Measurement is the process of finding the value of a physical quantity empirically using measuring instruments. There are different types of measurements. measurement method - a reception or a set of methods for comparing a measured physical quantity with its unit in accordance with the implemented measurement principle. At the present time, with great needs in the calculation of all kinds of information, we have ample opportunities for measurement. We can achieve this goal using various methods and types of measurement, of which there are a large number at the moment. With the right choice of both, we can get the desired result with an acceptable error. Thus, it is necessary to have information on all types and methods and measurements used in the industry, as well as to know their main advantages and disadvantages.

**Keywords:** metrology, measurement methods, types of measurements, measurement accuracy, advantages and disadvantages of types and methods of measurements.

### Введение

Виды и методы измерений изучает наука метрология. Метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способа достижения требуемой точности. Это одна из важнейших наук, так как человечество постоянно проводит какие-то измерения с

самого начала существования. Например, сначала измеряли на пальцах или на камнях, потом появлялись другие средства для измерения, такие как счеты. Постоянно растут требования к точности измерений, средства постоянно развиваются. В наше время различные виды измерений можно встретить на каждом шагу. Например, только родившийся человек подвергается измерения - его взвешивают, проверяют температуру и измеряют рост. Мы оцениваем температуру воздуха на улице, следим за временем, решаем насколько выгодно и рационально практически любое наше действие. С измерениями связана деятельность человека на любом предприятии. Инженеры промышленных предприятий, осуществляющие метрологическое обеспечение производства должны иметь полные сведения о возможностях измерительной техники, для решения задач взаимозаменяемости узлов и деталей, контроля производства продукции на всех его жизненных циклах. Метрология стала наукой, без знания которой не может обойтись ни один специалист любой отрасли. В настоящее время метрология развивается по нескольким направлениям. Если еще в начале 20-го века под словом метрология понималась наука, главной задачей которой было описание всякого рода мер, применяемых в разных странах, то теперь это понятие приобрело гораздо более широкий научный и практический смысл, расширилось содержание метрологической деятельности и появилось понятие «метрологическое обеспечение производства». Метрологическое обеспечение - установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности проводимых измерений [1].

Существуют три раздела метрологии:

**Теоретическая метрология** - являясь базой измерительной техники, занимается изучением проблем измерений в целом и образующих измерение элементов: средств измерений, физических величин и их единиц, методов и методик измерений, результатов и погрешностей измерений и др.

**Законодательная метрология** - разрабатывает и внедряет нормы и правила выполнения измерений, устанавливает требования, направленные на достижение единства измерений, порядок разработки и испытаний средств измерений, устанавливает термины и определения в области метрологии, единицы физических величин и правила их применения.

**Прикладная (практическая) метрология** - освещает вопросы практического применения разработок теоретической и положений законодательной метрологии. И именно с ее помощью осуществляется метрологическое обеспечение производства.

Основные цели и задачи метрологии:

- создание общей теории измерений

- образования единиц физических величин и систем единиц, разработка и стандартизация методов и средств измерений, методов
- определения точности измерений, основ обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений
- создание эталонов и образцовых средств измерений, проверка мер и средств измерений

## Виды измерений

Измерение - процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения. Существует различные виды измерений. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов [2].

1. Виды измерений по характеру измеряемой величины от времени:

**Статические** - это измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

**Динамические** - это измерения, в процессе которых измеряемая величина изменяется во времени, например, измерение давления и температуры при сжатии газа в цилиндре двигателя.

2. По способу получения результата:

**Прямые измерения** - измерения, при которых искомое значение физической величины определяется непосредственно из опытных данных. Прямые измерения можно выразить формулой  $Q = X$ , где  $Q$  - искомое значение измеряемой величины, а  $X$  - значение, непосредственно получаемое из опытных данных. Например, мы можем измерить силу тока с помощью амперметра, измерить длину с помощью линейки и т.д.

**Косвенные измерения** - измерения, при которых измеряется не сама физическая величина, а величина, функционально связанная с ней. Измеряемая величина определяется на основе прямых измерений величины, функционально связанной с измеряемой, с последующим расчетом на основе известной функциональной зависимости. Значение измеряемой величины вычисляют по формуле  $Q = F(x_1, x_2 \dots x_N)$ , где  $Q$  - искомое значение измеряемой величины;  $F$  - известная функциональная зависимость,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - значения величин, полученные прямыми измерениями. Например, мы можем найти сопротивление резистора на основании закона Ома подстановкой значений силы тока и напряжения,

получаемых в результате прямых измерений. Или найти удельное электрическое сопротивление проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения

**Совокупные измерения** - измерения нескольких однородных величин, на основании которых значения искомой величины находят путем решения системы уравнений. Например, измерение сопротивления резисторов, соединенных треугольником. При этом измеряется значение сопротивления между вершинами. По результатам определяются сопротивления резисторов.

**Совместное измерение** - одновременное измерение нескольких величин для нахождения зависимости между ними. При этом решается система уравнений. Например, определение зависимости сопротивления от температуры, при этом, после измерения величин определяется зависимость.

### 3. По условиям, определяющим точность результата:

Измерения максимальной возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения и в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимальной 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.

### 4. В зависимости от способа выражения результатов:

**Абсолютные.** Абсолютными называют измерения, которые основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании значений физических констант. Примерами абсолютных измерений являются: определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на

секунду в квадрате.

**Относительные.** Относительными называют измерения, при которых искомую величину сравнивают с одноименной величиной, играющей роль единицы или принятой за исходную. Примерами относительных измерений являются: измерение диаметра обечайки по числу оборотов мерного ролика, измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 куб.м, воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 куб.м, воздуха при данной температуре [3].

## Методы измерений

**Метод измерения** - совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Другое определение: метод измерений - прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Измерения производятся одним из двух методов:

**Метод непосредственной оценки** - метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. При использовании метода непосредственной оценки значение измеряемой физической величины определяют непосредственно по отсчетному устройству прибора прямого действия. Суть метода непосредственной оценки, как любого метода измерения состоит в сравнении измеряемой величины с мерой, принятой за единицу, но в этом случае мера "заложена" в измерительный прибор. Прибор осуществляет преобразование входного сигнала измерительной информации, соответствующего всей измеряемой величине, после чего и происходит оценка ее значения. Примерами таких измерений являются: измерение длины с помощью линейки, размеров деталей микрометром, угломером, давления манометром и т. д.

Формальное выражение для описания метода непосредственной оценки может быть представлено в следующей форме  $Q = x$

где  $Q$  - измеряемая величина,

$x$  - показания средства измерения.

**Метод сравнения с мерой** - метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Метод сравнения с мерой характеризуется тем, что прибор используют для сопоставления измеряемой величины с известной величиной, воспроизводимой мерой. Для реализации этого метода можно использовать приборы с относительно небольшими диапазонами показаний, вплоть до вырожденной шкалы с одной

нулевой отметкой. Например, для измерения диаметра калибра оптиметр устанавливают на нуль по блоку концевых мер длины, а результат измерения получают по показанию стрелки оптиметра, являющегося отклонением от нуля. Таким образом, измеряемая величина сравнивается с размером блока концевых мер.

Формально метод сравнения с мерой может быть описан следующим выражением:

$$Q = X + X_m,$$

где  $Q$  - измеряемая величина,

$x$  - показания средства измерения.

$X_m$  - величина, воспроизводимая мерой.

Так же, существует несколько видов метода сравнения с мерой.

**Метод противопоставления**, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, позволяющий установить соотношение между этими величинами, например измерение сопротивления по мостовой схеме с включением в диагональ моста показывающего прибора;

**Дифференциальный метод**, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на оптиметре после его настройки на нуль по блоку концевых мер длины. Фактически дифференциальный метод измерений - это метод сравнения с мерой, в котором на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой.

**Нулевой метод** - также разновидность метода сравнения с мерой, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Этим методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравновешиванием.

**Метод совпадений**. При методе совпадений разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов. Для оценки совпадения можно использовать прибор сравнения, фиксируя появление определенного физического эффекта (стробоскопический эффект, совпадение резонансных частот, плавление или застывание вещества при достижении определенной температуры и другие физические эффекты). В зависимости от одновременности или неодновременного воздействия на прибор сравнения измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой, различают метод измерений замещением и метод противопоставления.

**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. Так же, методы измерения в зависимости от получения информации могут быть контактными и бесконтактными.

**Контактный метод** - метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения. Примеры: измерение диаметра вала индикаторной скобой, измерение температуры тела термометром.

**Бесконтактный метод измерений** - метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения. Примерами могут быть измерение температуры в доменной печи пирометром и измерение расстояния до объекта радиолокатором. Так же, существуют погрешности, которые возникают из-за взаимодействия прибора с объектом измерений. При механическом контакте необходимо учитывать взаимодействия объекта и средства измерений (деформации из-за их недостаточной жесткости, контактные деформации, колебание переходных сопротивлений и др.). При отсутствии механического контакта следует учитывать особенности "бесконтактного съема" измерительной информации - оптические искажения в воздухе, ослабление сигнала на расстоянии и т.д. В зависимости от типа, применяемых измерительных средств, различают инструментальный, экспертный и органолептический методы измерений [4].

**Инструментальный метод** основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.

**Экспертный метод** оценки основан на использовании суждений группы специалистов.

**Органолептические методы** оценки основаны на использовании органов чувств человека.

Оценка состояния объекта может проводиться поэлементными и комплексными измерениями.

**Поэлементный метод** характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности. Например, эксцентриситета, овальности, огранки цилиндрического вала.

**Комплексный метод** характеризуется измерением суммарного показателя качества, на который оказывают влияние отдельные его составляющие. Например, измерение радиального биения цилиндрической детали, на которое влияют эксцентриситет, овальность и другие, контроль положения профиля по предельным контурам и т. п.

### **Ключевые преимущества и недостатки**

#### **Метод непосредственной оценки**

Преимущество – быстрота измерений, обуславливающая незаменимость для

практического применения. Недостаток – ограниченная точность.

#### **Метод сравнения с мерой**

Преимущество – большая точность измерения, чем при методе непосредственной оценки. Недостаток – большие затраты времени на подбор мер.

#### **Метод противопоставления**

Преимущество – уменьшение воздействия на результаты измерения факторов, влияющих на искажение сигналов измерительной информации. Недостаток – увеличение времени взвешивания.

#### **Дифференциальный (разностный) метод**

Преимущество - получение результатов с высокой точностью, даже при применении относительно грубых средств для измерения разности.

#### **Метод совпадения**

Преимущество – метод позволяет существенно увеличить точность сравнения с мерой. Недостаток – затраты на приобретение более сложных средств измерения, необходимость наличия профессиональных навыков у оператора.

#### **Метод замещения**

Преимущества – погрешность измерений мала, так как определяется в основном погрешностью меры и зоной нечувствительности прибора (ноль – индикатор). Недостаток – необходимость применения многозначных мер.

#### **Косвенный метод измерения**

Преимущества – возможность измерения величин, для которых отсутствуют методы непосредственной оценки или они не дают достоверных результатов или связаны со значительными затратами. Недостатки – повышенные затраты времени и средств на измерение [5].

### **Заключение**

Исходя из приведенных данных, мы можем понять, насколько важна наука метрология. В настоящее время, при больших потребностях в вычислении всевозможной информации мы имеем широкие возможности для измерения. Мы можем достичь поставленной цели с помощью различных методов и видов измерения, которых на данный момент большое количество. При грамотном выборе того и другого, мы можем получить необходимый результат с приемлемой погрешностью. С развитием науки и технологии развивается и метрология. Растет точность вычислений, появляются новые способы обработки информации,



новые приборы измерения. Очевидно, что без метрологии мы не могли бы делать все то, что мы считаем обыденным. Именно поэтому измерениям уделяется такое большое внимание, без них нельзя сделать ничего, начиная от пошива брюк и заканчивая построением суперкомпьютеров.

### Список литературы

1. Рудзит Т.Я., Плуталов В.Н. / Основы метрологии, точность и надёжность в приборостроении. - М.: Машиностроение, 1991.
2. Цветков, Э.И. / Процессорные измерительные средства. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. - 224 с.
3. Измерительные преобразователи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/6-48767.html> - свободный (дата обращения 01.04.2020).
4. Таланчук П.М. и др. Средства измерения в автоматических информационных системах и системах управления. - К.: Радуга, 1994. - 672 с.
5. Фарзани Н.Г., Илясов П.В., Азим-заде А.Ю. / Технологические измерения и приборы. Учебник - Москва. Высшая школа. 1989.