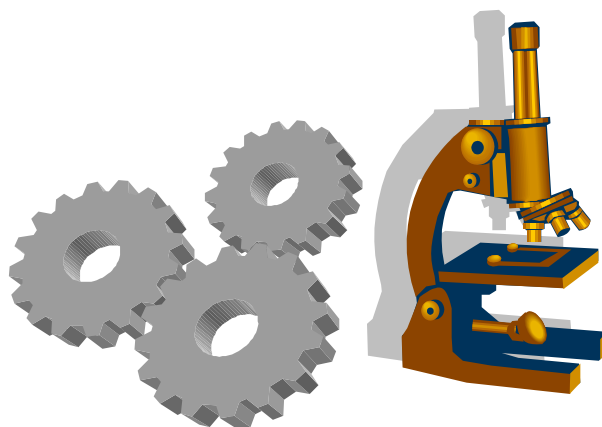


В. С. Байделюк, Я. С. Гончарова

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ



Красноярск  
2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

# **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Утверждено редакционно-издательским советом СибГТУ в качестве  
лабораторного практикума  
для направлений 151000.62 «Технологические машины и оборудования»  
190100.62 «Наземные транспортно-технологические комплексы»  
051000.62 «Профессиональное обучение» (химические производства)  
очной, заочной форм обучения

Красноярск  
2012

Байделюк, В.С. Метрология, стандартизация и сертификация: лабораторный практикум для направлений 151000.62, 190100.62, 051000.62 очной, заочной форм обучения / В.С. Байделюк, Я.С. Гончарова. – Красноярск : СибГТУ, 2012. – 91 с.

Лабораторный практикум содержит основные положения, методические указания и порядок выполнения семи лабораторных работ, список ключевых слов, иллюстрирован 32 рисунками, включает 9 таблиц и библиографический список из 22 наименований.

В практикуме приведены контрольные вопросы, которые позволяют учитывать уровень усвоения студентами учебного материала, изложенного не только в лабораторных работах, но и на лекциях и практических занятиях.

Рецензенты:

зав. кафедрой материаловедения и термической обработки металлов  
ИЦМиМ СФУ д-р техн. наук, профессор В.С. Биронт;

канд. техн. наук, доц. А.В. Михайленко (научно-методический совет  
СибГТУ).

© В.С. Байделюк, Я.С. Гончарова, 2012

© ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический  
университет», 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Общая часть. Основные метрологические показатели измерительных средств и методы измерения .....	5
Лабораторная работа № 1. Измерение деталей штангенинструментом и микрометрическими инструментами .....	16
Лабораторная работа № 2. Измерение угловых величин и конусов.....	31
Лабораторная работа № 3. Измерение деталей рычажно–механическими приборами .....	41
Лабораторная работа № 4 . Измерение шероховатости поверхности .....	52
Лабораторная работа № 5. Измерение калибров .....	60
Лабораторная работа № 6. Измерение резьбового изделия.....	70
Лабораторная работа №7. Выбор универсальных измерительных средств	81
Библиографический список.....	87
Приложение А (справочное). Перечень ключевых слов.....	89

## ВВЕДЕНИЕ

Технические измерения являются обязательной частью любого материального производства. Особое место они занимают в машиностроении, где для обеспечения взаимозаменяемости, высокого качества изделий, надежности и долговечности машин и приборов необходимы высокоточные измерения линейных и угловых величин, поскольку при значительных размерах деталей допуски на них составляют десятки микрометров, а микронеровности поверхностей деталей нередко составляет порядка 1 мкм.

В условиях постоянного роста уровня автоматизации производства измерительные средства используются для управления производственными процессами. Именно это вызывает необходимость изучения метрологических и эксплуатационных характеристик наиболее распространенных измерительных приборов, приобретения навыков в обращении с ними и измерения для будущих специалистов в области машиностроения и ремонта машин.

При постановке лабораторных работ используют измерительные средства, которые широко применяют в цехах и лабораториях машиностроительных заводов и ремонтных предприятий.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 151000.62, 190100.62, 051000.62 очной, заочной форм обучения. Во всех предлагаемых лабораторных работах приемы измерений базируются на практике измерительных лабораторий и на инструкциях Комитета стандартов, мер и измерительных приборов.

Объем часов по дисциплине для направлений 151000.62, 190100.62 – 144 часов, для направления 050501.62 – 72 часа. После выполнения каждой работы студент заполняет форму в методических указаниях к выполнению лабораторных работ и готовится к защите по контрольным

вопросам, а далее к защите курсовой работы (расчётно-графической работы).

Объем часов по дисциплине 144. После выполнения каждой работы студент заполняет форму в методических указаниях к выполнению лабораторных работ и готовится к защите по контрольным вопросам, а далее к защите курсовой работы (расчётно-графической работы).

## **ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

### **Основные метрологические показатели измерительных средств и методы измерения**

**Метрология** – наука об измерениях физических величин, методах и средствах обеспечения их единства.

**Технические измерения** – измерения различных физических величин специальными техническими методами и средствами.

**Метрологическими показателями** называется совокупность параметров универсальных измерительных средств, характеризующих область их возможного и наиболее рационального применения.

Истинным значением физической величины называется значение физической величины, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношениях соответствующие свойства объекта. Определить же истинное значение физической величины экспериментально невозможно вследствие неизбежных погрешностей.

**Погрешность** - это отклонение результата от истинного значения измеряемой физической величины. Итак, истинное значение физической величины неизвестно, и поэтому в практике измерений применяют понятие действительного значения физической величины.

**Действительное значение физической величины** — это значение физической величины, найденное экспериментальным путём и настолько

приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано взамен истинного значения.

Измерения являются неотъемлемой частью как процесса изготовления изделий, так и их эксплуатации, и проводятся для установления соответствия действительных значений геометрических, механических и других параметров нормированию допускаемым значениям этих параметров.

**Измерение** - нахождение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений, то есть технических устройств, используемых при измерениях и имеющих нормированные метрологические свойства.

Спектр измерений как экспериментальной процедуры, проводимой человеком, очень велик и касается различных областей знаний. По способу получения результата различают два вида измерений - прямые и косвенные.

Прямым называется измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных (например, измерение размера деталей штангенциркулем). Математически прямые измерения можно характеризовать простой формулой:

$$X=A_x, \quad (1)$$

где  $X$  - значение величины, найденное путём её измерения и называемое результатом измерения.

Косвенным называется измерение, при котором искомое значение величины определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Косвенные измерения можно охарактеризовать зависимостью:  $A=f(X,Y)$ .

Тогда величины  $X, Y, A$  можно представить в виде

$$X=X[x]; Y=Y[y]; A=A[a], \quad (2)$$

где  $A, X, Y$  - символы, обозначающие физическую величину;  $A, X, Y$  - числовые значения величин (безразмерные);

[a]; [x]; [y] – соответствующие единицы данных физических величин.

В практике применяются также совокупные, совместные и относительные измерения.

**Совокупные измерения** - это такие, в которых одновременно производится измерение нескольких одноимённых величин.

**Совместные измерения** - это такие, в которых одновременно производится измерение нескольких разноимённых величин.

**Относительные измерения** - это измерение отношения величины к одноимённой величине, принимаемой за единицу, либо измерение величины по отношению к одноимённой величине, принимаемой за исходную.

Качество измерений определяется точностью результата, быстротой процесса измерения, условиями, при которых проводятся измерения, а также видом измеряемых величин, их размерами и рядом других признаков.

Каждую физическую величину можно измерить различными методами, которые могут отличаться друг от друга особенностями как технического, так и методического характера.

К **основным методам** измерений можно отнести следующие: непосредственной оценки, сравнения (с разновидностями: нулевой, неравновесный), замещения, компенсационный, мостовой, дифференциальный, комплексный (интегральный).

**Метод непосредственной оценки** - метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение размеров деталей с помощью штангенинструмента, микрометра и др.).



**Метод сравнения с мерой** - метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой, выделяя разницу или добиваясь нулевых показаний уравнивающего устройства.

Примером **дифференциального метода** может служить измерение размеров деталей с помощью индикаторного нутромера, индикаторной или рычажной скоб и др.

Примером **нулевого метода** может служить уравнивание измеряемой величины образцовой, например, с помощью равноплечих весов;

примером **неравновесного метода** может служить измерение электрического сопротивления неуравновешенным мостом.

**Метод измерения** – это совокупность правил и приемов использования средств измерений, позволяющая решать задачу измерения.

Различают прямой и косвенный метод измерения.

**Прямой метод** характеризуется непосредственной оценкой измеряемой величины по показанию прибора.

**Косвенный метод** - это метод, при котором измеряют некоторые величины, связанные с функциональной искомой зависимостью. На основании результатов измерений искомая величина вычисляется по формуле. Например, измерение среднего диаметра резьбы методом 3-х проволок, определение угла конуса конической втулки при помощи калиброванных шариков и так далее.

Прямые измерения могут быть абсолютными и относительными.

**Абсолютное измерение** – измерение, при котором оценка значения всей измеряемой величины производится непосредственно по шкале прибора (штангенциркуль, микрометр, длинномер и так далее).

**Относительное измерение** – метод измерения, основанный на сравнении измеряемой величины с установочной мерой, по которой прибор предварительно настраивают на нуль. По шкале прибора в этом случае определяют отклонение размера от установочной меры (измерения на миниметре, оптиметре, индикаторным нутромером).

Измерения могут производиться контактным и бесконтактным способами.

При **контактном способе** измерения происходит соприкосновение измерительных поверхностей прибора с измеряемой деталью (штангенциркуль, микрометр, оптиметр, миниметр, индикаторный нутромер).

При **бесконтактном способе** – контакт измеряемой детали и измерительного средства отсутствует (малый и большой инструментальные микроскопы, двойной микроскоп Линника МИС–II и другие).

**Средством измерений** называют техническое средство, используемое в технических измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

К средствам измерений относятся, например, плоскопараллельные и угловые концевые меры длины, различные измерительные приборы и инструменты (линейки, угломеры, нутромеры, индикаторные и рычажные скобы, микрометры, штангенинструменты и др.).

Каждое из средств измерений характеризуется определенными значениями метрологических характеристик, например, ценой деления шкалы, диапазоном показаний шкалы, пределом измерений и др.

**Шкалой** называют часть отсчётного устройства, образованную совокупностью отметок с проставлением у некоторых из них чисел либо

других символов, определяющих ряд последовательных значений величины.

**Деление шкалы** - это промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

**Цена деления шкалы** - это разность значений величин, соответствующая двум соседним отметкам шкалы.

Всякое измерительное устройство имеет начальное и конечное значения шкалы, соответственно наибольшее и наименьшее значения измеряемой величины, указанные на шкале. А теперь нетрудно представить и понятие диапазона показаний.

**Диапазон показаний** - это область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы (здесь приемлем также предел измерений по шкале). Следует различать понятия диапазона показаний и диапазона измерений.

Предел измерений может иметь как дифференциальный характер, так и комплексный. Если рассматривается, например, только измерительная головка, то её предел измерений будет от наименьшего до наибольшего значения диапазона измерений. Комплексно же проводится оценка, например, если головка установлена на стойке: тогда предел измерений складывается из предела измерений головки и предела перемещения головки по стойке.

При измерениях, ещё до их начала, нужно оценить измерительное усилие.

**Измерительное усилие** - это усилие воздействия измерительного наконечника на поверхность измеряемой детали. Так, индикаторной головкой часового типа можно измерять металлические поверхности, но не всякую тонкостенную цилиндрическую оболочку (например, консервную

баночку), ведь усилие от пружины головки может создать прогиб изделия и исказить результат.

Важнейшей характеристикой приборов является их чувствительность.

**Чувствительность** - это отношение изменения положения указателя измерительного прибора к вызвавшему его изменению измеряемой величины.

Для ряда приборов понятие чувствительность совпадает с понятием передаточное отношение.

В процессе измерений определяются показания приборов и инструментов.

**Показания средства измерений** - это значение величины, определяемое по отсчётному устройству и выраженное в принятых единицах.

Необходимо заметить, что в измерительных инструментах и приборах отсчётное устройство может состоять как из одной, так и из нескольких шкал, и отсчёт проводится не только по одной шкале, но и сразу по нескольким в совокупности. Применение комбинации шкал позволяет существенно повысить точность измерительных инструментов и приборов. Наиболее часто применяют шкалы нониуса и дополнительные лимб-шкалы.

**Нониус** - указатель средства измерений длины или угла в виде дополнительной шкалы, служащей для отсчитывания долей деления основной шкалы по методу совпадений отметок основной и дополнительной шкал. Несомненно, что длина деления основной шкалы и шкалы нониуса должны отличаться, и именно это отличие определяет цену деления и удобство применения инструмента.

**Лимб** - цилиндрическое или коническое кольцо либо кольцевой диск, разделённые (штрихами, точками и др.) на равные доли (например,

градусы, минуты, секунды, миллиметры, микрометры и др.) и предназначенные для использования в измерительных инструментах и приборах для определения показаний в виде основной или дополнительных шкал.

Для получения показаний, при наличии одной шкалы, необходимо провести отсчёт по шкале и умножить его на цену деления шкалы.

Для получения показаний, при наличии нескольких шкал, необходимо получить частные показания на базе отчётов по шкалам и затем определить суммарный результат.

В зависимости от заданной точности изготовления деталей выбираются средства измерений с соответствующими метрологическими показателями. Средство измерений и приемы его использования в совокупности образуют метод измерения.

Измерений без погрешностей нет, но они существенно различны.

**Случайная погрешность** - это составляющая погрешности, изменяющаяся случайным образом. Причиной её появления считается множество случайных факторов, которые предугадать и, тем более, исключить невозможно, а можно лишь вероятностно определить область их существования.

**Систематическая погрешность** - это составляющая погрешности, закономерно повторяющаяся или остающаяся постоянной. А вот систематическую погрешность можно учесть, скорректировать и исключить из результатов измерений.

**Абсолютная погрешность** - погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины

$$\Delta_X = X - X_d, \quad (3)$$

где  $X$  - значение, полученное при измерениях;

$X_d$  - действительное значение измеряемой величины.

**Относительная погрешность** - это отношение абсолютной погрешности к действительному значению

$$\delta = (\Delta_x / X_0) 100\%. \quad (4)$$

Абсолютная погрешность измерительного прибора - это алгебраическая разность показаний прибора и действительного значения измеряемой величины.

Приведенная погрешность прибора - это отношение абсолютной погрешности к некоторому нормирующему значению. Наиболее часто за нормирующее значение принимают верхний предел измерений (правила выбора нормирующих значений регламентированы ГОСТ 8.401-80).

**Статическая погрешность** - это погрешность, возникающая при измерении постоянных величин после завершения переходных процессов.

**Динамическая погрешность** - это погрешность, определяемая разностью между погрешностью в динамическом режиме и статической погрешностью.

Немаловажную роль в создании качественных изделий машиностроения играет нормирование отклонений формы деталей. В первую очередь, это касается цилиндрических поверхностей, применение которых составляет около 70% от общего числа используемых. Отклонение формы оказывает влияние на плавность работы пар при наличии зазоров, равномерность натягов, прочность, трудоёмкость, долговечность соединений, однако ее определение значительно усложняет контроль параметров деталей. Именно поэтому стандартами введены специальные принципы, определения и знаки нормирования отклонений формы.

**Отклонением формы EF** называется отклонение формы реальной (истинной) поверхности от формы номинальной (идеальной) поверхности, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

**Отклонением формы профиля** называется отклонение формы реального (истинного) профиля от формы номинального (идеального) профиля.






Отсюда следует, что форма может быть нормирована как по всей поверхности, так и по профилю, кроме того, нормирование может проводиться как на определённом участке, так и по шагам.

**Допуск формы TF** - это наибольшее допускаемое отклонение формы, отнесенное к нормируемому участку (который может занимать любое место на поверхности детали). Если нормируемый участок не указан, то допуск относится ко всей поверхности. Если же не указан допуск формы, то он соответствует допуску размера; в иных случаях он, конечно же, меньше.

**Стандартом предусмотрены следующие допуски формы:**

- отклонение от прямолинейности с допуском TFL;
- отклонение от плоскостности с допуском TFE;
- отклонение от круглости с допуском TFK;
- отклонение от цилиндричности с допуском TFZ;
- отклонение профиля продольного сечения с допуском TFP.

Таблица 1- Изображение на чертежах допусков формы

п/п	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642—81	Изображение на чертеже
	Допуск цилиндричности TFZ	
	Допуск круглости TFK	
	Допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности TFP	
	Допуск плоскостности TFE	
	Допуск прямолинейности TFL	

## Классификация средств измерения

Все средства, применяемые в машиностроении по назначению, подразделяются на два вида: универсальные и специальные. Универсальные измерительные средства имеют многоцелевое назначение. Специальные измерительные средства предназначены для измерения одного или нескольких параметров деталей определенного типа