

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

**МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции,  
процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 006.73:338.4(07)  
ББК 30.10:30.607я723

**Составитель** А. В. Иванова

**Метрология и стандартизация:** методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. В. Иванова. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 36 с.

Содержат комплекс заданий и методических рекомендаций к выполнению лабораторных работ. Выполнение предусмотренных заданий позволит студентам закрепить теоретические знания и приобрести необходимые практические навыки.

Предназначены для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ЛР \_ МиС. pdf.

Ил. 17. Табл. 4. Библиогр.: 5 назв.

**УДК 006.73:338.4(07)**  
**ББК 30.10:30.607я723**

**Рецензент** - И. В. Поцбнева, канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Метрология и стандартизация» относится к дисциплинам общепрофессионального цикла. Целью изучения является формирование у обучающихся знаний, умений и навыков, обеспечивающих их квалифицированное участие по реализации современных преобразований в производстве и экономике, направленных на коренное повышение качества продукции на основе метрологии и стандартизации.

В методическом указании представлен ряд лабораторных работ цель которых – формирование у студентов знаний в области конструкций, анализа, определения метрологических характеристик и выбора средств измерений.

Задачи работ – усвоение приемов и приобретение навыков измерений линейных размеров штанген- и микрометрическим инструментом.

Для выполнения лабораторных работ необходимы: штангенциркули и микрометры с различной ценой деления шкалы и различными пределами измерений; справочные таблицы ЕСДП и предельных погрешностей средств измерений, их индексов и наименований; чертежные принадлежности.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ

**Метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений, и способах достижения их требуемой точности.

**Измерением** называется получение значения той или иной измеряемой величины с помощью специальных средств измерений (например, измерение диаметра вала штангенциркулем или микрометром, температуры тела термометром и т.д.). Измерения основаны на сравнении одинаковых свойств, которые могут быть общими в качественном отношении для многих, но в количественном отношении являются индивидуальными для каждого объекта (длина, масса, теплоемкость, электропроводимость и др.).

Для количественного сравнения одинаковых свойств объектов измерения служат единицы физических величин, которым присваиваются полные или сокращенные символьные обозначения – **размерности**. Например, длина – метр (м); масса – килограмм (кг); время – секунда (с); сила – Ньютон (Н) и т.д. Количественная индивидуальность объекта характеризуется значением физической величины в виде некоторого числа принятой для нее единицы измерения (диаметр вала – 50 мм, скорость света –  $3 \cdot 10^8$  м/с; вращающий момент – 110 Н·м и др.).

Свойства большинства физических величин обычно выражаются через некоторое число независимых одна от другой основных и производных единиц. Совокупность основных и производных единиц называется **системой единиц**.

Международная система единиц (SI) содержит семь основных и две дополнительные единицы: длина – метр (м); масса – килограмм (кг); время – секунда (с); сила электрического тока – ампер (А); термодинамическая температура – кельвин (К); сила света – канделла (кд); количество вещества – моль (моль).

Дополнительными единицами являются: **радиан** – для измерения плоского угла и **стерадиан** – для измерения телесного угла.

Производные единицы системы SI образованы на основании определения физических величин или законов, устанавливающих связь между физическими величинами, например, сила – Ньютон  $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}^2$ ; угловая скорость ( $\text{рад}/\text{с}$ ); ускорение ( $\text{м}/\text{с}^2$ ) и т.д. Для выражения больших и малых значений физических величин приняты кратные и дольные единицы путем присоединения к размерности исходной единицы соответствующих приставок:  $10^6$  – мега (М);  $10^3$  – кило (К);  $10^2$  – гекто (Г);  $10^1$  – дека (да);  $10^{-1}$  – деци (д);  $10^{-2}$  – санти (с);  $10^{-3}$  – милли (м);  $10^{-6}$  – микро (мк) и др.

### **Средства измерений**

**Средствами измерений (СИ)** называются технические устройства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства. СИ различают по конструктивному исполнению и метрологическому назначению.

Средства измерения по конструктивному исполнению подразделяются на: меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, вспомогательные средства измерений, измерительные установки и измерительные системы.

**Мера** – средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины определенного размера. Меры подразделяются на однозначные и многозначные. Однозначная мера воспроизводит физическую величину определенного размера, например, концевая мера длины, мера массы (гири). Многозначная мера воспроизводит ряд одноименных величин различного размера (штриховая мера длины и др.). Специально подобранный комплект мер, применяемых как самостоятельно, так и в различных сочетаниях, для воспроизведения ряда одноименных величин различного размера, называется **набором мер** (набор плоскопараллельных концевых мер длины, набор угловых мер и т.д.).

Измерительные приборы – средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, наиболее доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Они могут быть показывающими и аналоговыми, а по принципу действия – **приборы прямого действия, сравнения, интегрирующие и суммирующие**.

Для измерения линейных и угловых величин широко применяются показывающие приборы прямого действия, позволяющие получить значение измеряемой величины, путем отсчета показаний по шкале в цифровой форме. Аналоговые приборы предназначаются для измерения непрерывных функций. Приборы сравнения позволяют сравнивать измеряемую величину с известной мерой. Интегрирующие приборы (суммирующие) выполняют роль счетчиков электрической энергии, водомеров, секундомеров и т.д.

По метрологическому назначению средства измерений подразделяются на **образцовые и рабочие**. Образцовые средства измерений имеют повышенную точность и предназначены для хранения и воспроизведения единиц измерений или для поверки других средств измерений, имеющих меньшую точность. Образцовые

средства измерений подразделяют по степени убывания точности на **эталоны, образцовые меры и измерительные приборы ограниченной точности.**

Высшим звеном в метрологической цепи передачи размеров единиц измерения являются эталоны, которые служат для хранения и воспроизведения единиц измерений с наивысшей точностью.

Рабочие средства измерений используются для практических целей измерений. По установившейся терминологии некоторые простейшие измерительные устройства, например, штангенприборы и микрометрические приборы, называются также измерительными инструментами.

### **Виды измерений**

Измерения различают по способу получения, характеру и количеству измерительной информации, а также по отношению к основным единицам и по характеристике точности.

В зависимости от способа получения значения физической величины измерения могут быть прямыми, косвенными, совокупными и совместными. При **прямых измерениях** искомое значение физической величины определяют непосредственно по показаниям измерительного устройства. Примером может служить измерение массы тела на весах, измерение размеров детали с помощью штангенциркуля и т. д.

Прямые измерения составляют основу более сложных косвенных, совокупных и совместных измерений. При **косвенном измерении** находится не сама физическая величина, а другие величины, связанные с искомой величиной определенной функциональной зависимостью, например, прямые измерения катетов и гипотенузы позволяют определить острый угол в прямоугольном треугольнике. При этом косвенные измерения в ряде случаев дают более точные результаты, чем прямые измерения.

При совокупных измерениях решается система уравнений, составленных по результатам одновременных измерений нескольких однородных величин, в результате чего получают искомую величину.

При совместных измерениях измеряют несколько неоднородных величин и определяют зависимость между ними.

В зависимости от характера изменений измеряемой величины в процессе измерений различают статистические, динамические и статические измерения. При этом статистические связаны с измерением величин случайных процессов; статические – с измерением практически постоянных величин; динамические – с измерением величин, изменяющихся в процессе измерений.

По количеству измерительной информации (по числу измерений) измерения могут быть однократными и многократными. Под однократными понимают измерение одной величины, а под многократными – измерения, число которых превышает количество измеряемых величин. Однако на практике однократные измерения, как правило, не проводят, т.к. это связано с большими погрешностями. Поэтому до проведения измерений определяют необходимое число измерений с данной вероятностью. При вероятности  $P$  достоверности измерений число измерений равно:

$$K = \frac{3,84 \cdot v^2}{\varepsilon^2} \quad (1.1)$$

где  $v$  – мера изменчивости;  $\varepsilon$  – допускаемая погрешность (при вероятности  $P = 95\%$ ,  $\nu = 10\%$ , а  $\varepsilon = 5\%$ ).

Различают абсолютные и относительные измерения.

**Абсолютными** называются измерения, основанные на прямых измерениях искомой величины с помощью того или иного средства измерения или путем использования физических констант (определение силы тяжести  $G = m \cdot g$ ).

**Относительными** называются измерения, полученные путем отношения (сравнения) измеряемой величины к одноименной величине, выполняющей роль единицы измерения. Примером может служить измерение с помощью миниметра или оптиметра путем использования концевых мер длины, когда определяется отклонение размера детали от размера концевой меры.

По характеристике точности различают равноточные и неравноточные измерения.

Измерения считают **равноточными**, если они производятся одинаковыми по точности СИ и в одинаковых условиях, и **неравноточными**, когда они производятся несколькими различными по точности СИ и в разных условиях.

### Методы измерений

Метод измерений – это совокупность приемов использования принципов и средств измерений. При этом под принципом измерений понимают совокупность физических явлений, на которых основаны измерения.

По общим приемам получения результатов измерений различают прямой и косвенный методы измерений. Первый реализуется при прямых измерениях, второй – при косвенных.

По условиям измерений различают контактный и бесконтактный методы измерения. При контактном методе чувствительный элемент прибора (измерительные поверхности) приводится в непосредственное соприкосновение с объектом измерения. Бесконтактный метод измерения заключается в том, что чувствительный элемент прибора не вступает в непосредственный контакт с объектом измерения (измерение с помощью радиолокатора).

В зависимости от способа сравнения измеряемой величины с ее единицей различают абсолютный метод (метод непосредственной оценки по отчетному устройству СИ) и относительный (метод сравнения с мерой). В основу первого метода положен абсолютный вид измерений, а второго метода – относительный вид измерений.

Для оценки годности детали, т.е. проверки соответствия измеряемых величин допускаемым значениям, используют дифференцированный и комплексный методы измерений. При этом дифференцированный метод характеризуется изменением каждого параметра детали в отдельности, а комплексный – одновременным измерением нескольких параметров.

## Метрологические характеристики СИ

Метрологические характеристики – это количественные выражения свойств СИ, оказывающих влияние на результат измерений и его погрешность. При этом результат измерений определяется с помощью отчетного устройства СИ.

Отчетное устройство показывающего прибора имеет шкалу и указатель в виде стрелки или луча света – светового указателя. Шкала представляет собой совокупность отметок (штрихов) с указанием чисел отсчета, соответствующих ряду последовательных значений измеряемой величины. Шкалы с делениями постоянной длины называются **равномерными**. Длина деления шкалы – расстояние между двумя соседними штрихами.

**Цена деления** шкалы прибора – значение измеряемой величины (разность значений), соответствующее одному делению шкалы. Точность, достигнутая в процессе отсчета по шкале данного измерительного устройства, называется – **точность отсчета**.

**Чувствительность прибора** определяется как отношение показаний шкалы (сигнала на выход прибора) к изменению измеряемой величины. Чувствительность прибора можно определить по формуле  $S = a/c$ , где  $a$  – длина деления шкалы,  $c$  – цена деления шкалы. При измерении длин чувствительность прибора является безразмерной величиной. Отношение линейного или углового перемещения указателя (стрелки) к изменению измеряемой величины, вызвавшей это перемещение, называется **передаточным отношением прибора**.

Наименьшее и наибольшее значение измеряемой величины, указанное на шкале, называют начальным и конечным значением шкалы. **Диапазон показаний** – область значений измеряемой величины, а наибольшее или наименьшее значение диапазона показаний является **пределом измерений**.

**Вариация** (нестабильность) показаний – разность показаний прибора между отдельными повторными результатами измерений одной и той же величины при одинаковых условиях проведения измерения.

**Стабильность средств измерения** – отражает качество данного средства измерения и характеризуется неизменностью во времени его метрологических свойств.

**Измерительное усилие** – сила, создаваемая прибором в процессе измерения при контакте измерительных элементов прибора с измеряемым объектом. Это усилие направлено по линии измерения и вызывается обычно причиной, обеспечивающей контакт чувствительного элемента прибора с измеряемым объектом. При этом величина наименьшего и наибольшего измерительного усилия не превышает соответственно  $2H$  и  $7H$ .

Класс точности – обобщенная метрологическая характеристика СИ, отражающая уровень его точности и выражаемая пределами допускаемых (основной и дополнительной) погрешностей. Класс точности устанавливается при разработке СИ и, как правило, указывается на шкале прибора. При этом основная погрешность может быть определена приблизительно как половина величины отсчета по нониусу (барabanу) СИ, а допускаемая погрешность – как две основных.

Наработка на отказ – время (число измерений), в течении которого точность измерений не выходит за пределы допускаемой погрешности. Например, для штриховых и

микрометрических инструментов наработка на отказ при вероятности 80 % составляет: при наружных измерениях –  $8 \cdot 10^3$ ; при внутренних измерениях –  $3 \cdot 10^3$ .

Обычно различают метрологические характеристики для нормальных и рабочих условий измерений. При этом под нормальными понимают условия, при которых изменением метрологических характеристик можно пренебречь.

Например, для большинства СИ нормальными считают условия измерений при температуре  $(293 \pm 5)$  К, относительной влажности  $(65 \pm 15)$  % и атмосферном давлении  $(100 \pm 4)$  кПа.

## Выполнение лабораторной работы

### 1. Единицы физических величин

Единица физической величины – это ...

Таблица 1.1

Наименование		Обозначение	Размерность
Физической величины	Единицы измерений		
1.1. Основные единицы			
1.2. Дополнительные единицы			
1.3. Кратные и дольные единицы			

### 2. Средства измерений

Средства измерений – это ...

#### 2.1. Классификация СИ:

по конструктивному исполнению \_\_\_\_\_

по метрологическому назначению \_\_\_\_\_

#### 3. Виды измерений:

Измерением называется...

#### 3.1. Классификация видов измерений:

по способу получения информации \_\_\_\_\_

по характеру измерений \_\_\_\_\_

по количеству информации \_\_\_\_\_

по отношению к основным единицам \_\_\_\_\_

по характеристике точности \_\_\_\_\_

#### 4. Методы измерений

Методы измерений - это...

#### 4.1. Классификация методов измерений:

по способу (приемам) получения результатов \_\_\_\_\_

по условиям измерений \_\_\_\_\_

по способу сравнения величины с её единицей \_\_\_\_\_

по оценке годности \_\_\_\_\_

#### 5. Метрологические характеристики средств измерений

Метрологические характеристики – это ...

- 5.1. Цена деления - ...
- 5.2. Чувствительность прибора - ...
- 5.3. Диапазон показаний - ...
- 5.4. Предел измерений - ...
- 5.5. Вариация показаний - ...
- 5.6. Стабильность средств измерений - ...
- 5.7. Измерительное усилие - ...
- 5.8. Класс точности - ...
- 5.9. Нарботка на отказ - ...
- 5.10. Условия измерений - ...

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ШТРИХОВЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Для измерения линейных размеров в машиностроении широко применяют штриховые средства измерений и, в частности, штангенинструменты (штангенциркули, штангенглубомеры, штангенрейсмасы).

Общими элементами для штангенинструментов являются штанга с нанесенной на ней основной (миллиметровой) шкалой, и нониус (дополнительная шкала), расположенный на подвижной рампе. При этом наличие нониуса обязательно, так как именно он служит для отсчета целых и дробных величин делений шкалы штанги.

### Штангенциркули

*Штангенциркуль ШЦ-1 с пределами измерений 0-125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм*

Предназначен для наружных и внутренних измерений и для измерения глубин.

Штангенциркуль ШТЦ-1 отличается от ШЦ-1 тем, что губки для наружных измерений твердосплавные, а губки для внутренних измерений отсутствуют.

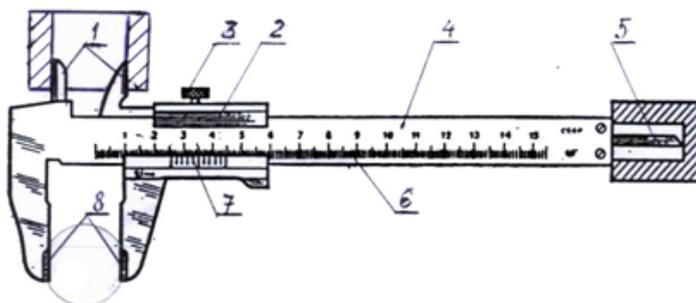
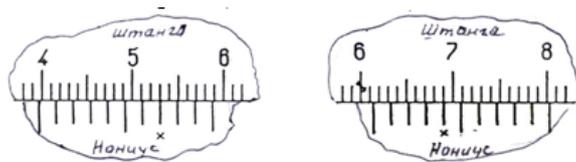


Рис. 2.1. Конструкция штангенциркуля ШЦ-1:

1 – губки для внутренних измерений, 2 – рамка, 3 – зажим рамки, 4 – штанга, 5 – линейка глубиномера, 6 – шкала штанги, 7 – нониус, 8 – губки для наружных измерений

Длина нониуса штангенциркуля ШЦ-I и ШТЦ-I составляет 19 мм и разделена на 10 равных частей. Тогда длина одного деления нониуса равна  $19/10=1,9$  мм, что на 0,1 мм меньше целого числа мм. Следовательно, первое деление нониуса сдвинуто относительно нулевого деления шкалы штанги на 0,1 мм, второе – на  $0,1*2=0,2$  мм, пятое – на  $0,1*5=0,5$  мм и т. д. Таким образом, если при измерении нулевой штрих нониуса оказался между соседними штрихами шкалы штанги, то целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса, а дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 мм) на порядковый номер штриха нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги (рис. 2.2).



Пример отсчета: 39 мм +  
+ 0,1 мм × 7 = 39,7 мм

Пример отсчета: 61 мм +  
+ 0,1 мм × 4 = 61,4 мм

Рис. 2.2. Чтение показаний на штангенциркуле с величиной отсчета 0,1 мм

### ***Штангенциркуль ШЦ-II с пределами измерений 0-160 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм***

Предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки.

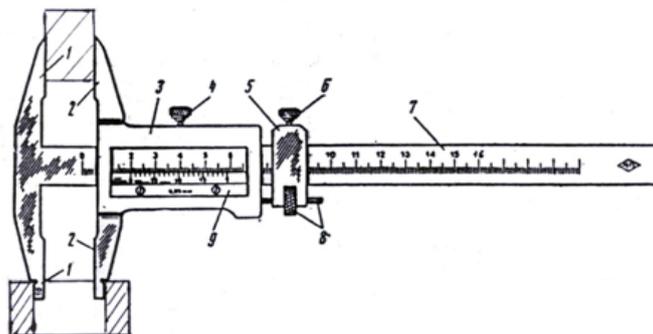


Рис. 2.3. Конструкция штангенциркуля ШЦ – II:

1 – неподвижные измерительные губки, 2 – подвижные измерительные губки, 3 – рамка, 4 – зажим рамки, 5 – рамка микрометрической подачи, 6 – зажим рамки микрометрической подачи, 7 – штанга, 8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки, 9 – нониус

Основным отличием конструкции ШЦ-II, как и последующих штангенинструментов, является наличие дополнительной рамки 5 с отдельным зажимом 6 и микрометрической подачи 8 (рис. 2.4).

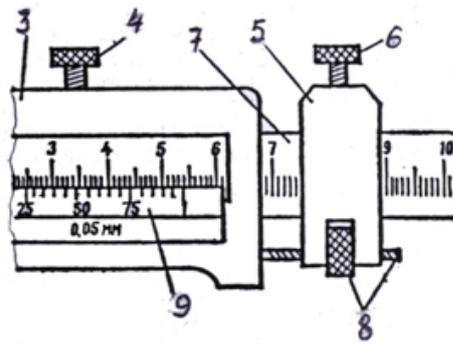


Рис. 2.4. Микрометрическая подача:

3 – рамка, 4 – зажим рамки, 5 – дополнительная рамка, 6 – отдельный зажим, 7 – штанга, 8 – микрометрическая подача, 9 – нониус.

Микрометрическая подача служит только для точного измерения при установке штангенциркуля на требуемый размер. Для этого приблизительно устанавливают контролируемый размер (при наружном измерении несколько больше, а при внутреннем несколько меньше контролируемого размера), закрепляют рамку микрометрической подачи, затем большим и указательным пальцами правой руки вращают гайку микрометрической подачи, поддерживая штангу остальными пальцами правой руки; левой рукой поддерживают губку штанги, доводят губки до соприкосновения с проверяемыми поверхностями (или устанавливают требуемый размер), закрепляют рамку штанги, не допуская перекоса и добиваясь нормального измерительного усилия.

Штангенциркуль ШЦ-II имеет больший предел измерения, чем ШЦ-I, например, 0-250 мм, а величина отсчета по нониусу может быть, как у ШЦ-I, т.е. 0,1 мм или более точной – 0,05 мм. В последнем случае длина нониуса составляет 39 мм и разделена на 20 равных частей. Тогда длина одного деления нониуса равна  $39/20=1,95$  мм, что на 0,05 мм меньше целого числа миллиметров. Следовательно, первое деление нониуса сдвинуто относительно нулевого деления шкалы на 0,05 мм, второе – на  $0,05 \cdot 2=0,1$  мм, пятое – на  $0,05 \cdot 5=0,25$  мм и т. д. Таким образом, если при измерении нулевой штрих нониуса оказался между соседними штрихами шкалы штанги, то целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная же величина (количество сотых долей миллиметра) получают в результате умножения величины отсчета (0,05 мм) на порядковый номер штриха нониуса (не считая нулевого), совпадающего со штрихом штанги (рис. 2.5). Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25...50 и т. д., обозначающие сотые доли миллиметра. То есть для определения дробной величины миллиметра находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы штанги. После этого к ближайшей слева цифре нониуса (25 или 50, или 75), обозначающей сотые доли миллиметра, прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер короткого штриха нониуса, совпадающего со штрихом штанги, считая его от найденного длинного оцифрованного штриха. Если же со штрихом штанги совпадает длинный оцифрованный штрих нониуса, то ограничиваются прибавлением его величины к целому числу миллиметров (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Чтение показаний на штангенциркуле с величиной отсчета 0,05 мм

Особое внимание надо проявить при измерении внутренних поверхностей штангенциркулем данного типа. Необходимо помнить о величине постоянной поправки, которая вносится толщиной измерительных губок 1 и 2 (рис. 2.3), то есть к считанной величине показания (рис. 2.5) необходимо прибавить толщину губок 1 и 2. Суммарная величина толщин губок 1 и 2 указывается (выгравирована) на одной из них.

**Штангенциркуль ШЦ-III с пределами измерений 0-400 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм**

Предназначен для наружных и внутренних измерений.

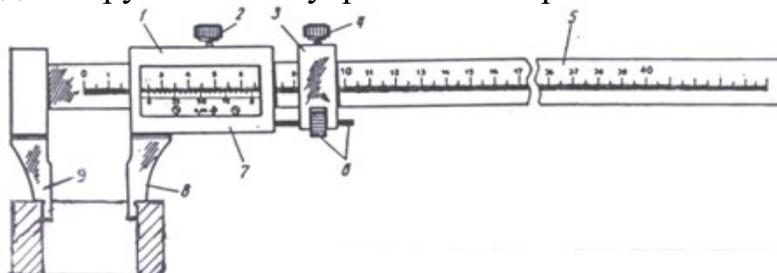


Рис. 2.6. Конструкция штангенциркуля ШЦ-III:

1 – рамка, 2 – зажим рамки, 3 – рамка микрометрической подачи, 4 – зажим рамки микрометрической подачи, 5 – штанга, 6 – гайка и винт микрометрической подачи, 7 – нониус, 8 – губка рамки, 9 – губка штанги

Основным отличием штангенциркуля ШЦ-III от предыдущих конструкций – большой диапазон измерений и невозможность проведения разметочных работ вследствие отсутствия губок с острыми кромками.

Чтение показаний на штангенциркуле ШЦ-III и порядок работы с микрометрической подачей такой же, как и для штангенинструмента с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм. При отсчете показаний результатов измерений внутренних поверхностей необходимо прибавлять суммарную толщину губок 8 и 9 (рис. 2.6).

### Штангенглубомер (ШГ)

Служит для измерений глубин отверстий, канавок и пазов. Отечественная промышленность выпускает ШГ с пределами измерений 160, 200, 250, 315, 400 и 500 мм и с величиной отсчета по нониусу 0,1 и 0,05 мм.

Отличительной особенностью ШГ является отсутствие измерительных губок, а роль глубиномерной линейки выполняет сама штанга. При этом рамка выполняется за одно целое с основанием, внутри которого перемещается штанга. Измерительная поверхность основания по площади значительно больше измерительной поверхности штанги, что обеспечивает устойчивость ШГ при

проведении измерений и возможность его применения для измерений глубин в отверстиях и пазах небольших размеров.

Для проведения измерений ШГ необходимо левой рукой прижать основание 1 к поверхности, от которой будем измерять, а правой рукой довести штангу 6 до соприкосновения с поверхностью, до которой проводится измерение.

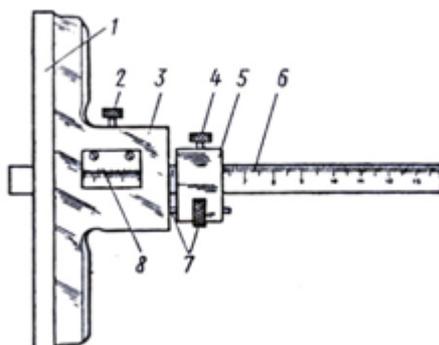


Рис. 2.7. Конструкция штангенглубомера:

1 – основание, 2 – зажим рамки, 3 – рамка, 4 – зажим рамки микрометрической подачи, 5 – рамка микрометрической подачи, 6 – штанга, 7 – гайка и винт микрометрической подачи, 8 – нониус.

Чтение показаний на ШГ и порядок работы с микроподачей аналогичен приведенному выше для штангенциркулей с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм.

### Штангенрейсмас (ШР)

Предназначен для измерения высоты и разметочных работ. Отечественная промышленность выпускает ШР с пределом измерения до 2500 мм и с величиной отсчета по нониус 0,1 и 0,05 мм.

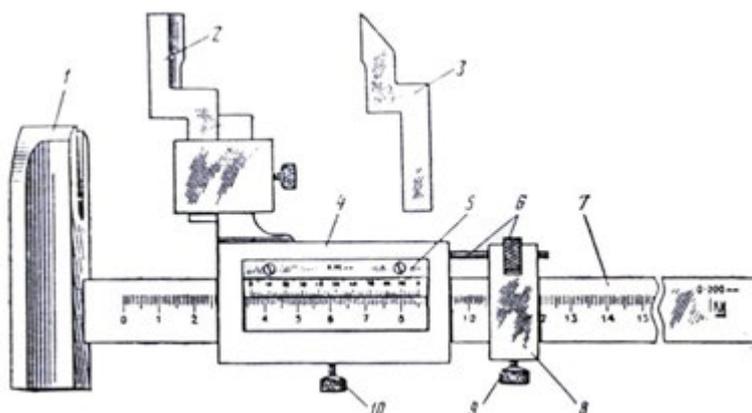


Рис. 2.8. Конструкция штангенрейсмаса:

1 – основание, 2 – измерительная ножка, 3 – разметочная ножка, 4 – рамка, 5 – нониус, 6 – винт и гайка микрометрической подачи, 7 – штанга, 8 – рамка микрометрической подачи, 9 – зажим рамки микрометрической подачи, 10 – зажим рамки

Чтобы предупредить грубые ошибки при подготовке штангенрейсмаса к измерению, надо при сборке ножку установить в державке ниже губки рамки. Иначе (если ножка будет выше губки рамки) ошибка будет равна сумме толщин ножки и губки рамки.

Чтение показаний на ШР и порядок работы с микроподачей аналогичен приведенному выше для штангенциркулей в величине отсчета по нониусу 0,05 мм.

### Последовательность измерения штангенинструментом

Перед началом измерений необходима проверка нулевого положения. Считают, что штангенинструмент пригоден для измерений, если отсутствует просвет между сведенными губками для наружных измерений и если при этом совпадают нулевые штрихи нониуса и штанги.

При измерении штангенинструментом измерительные поверхности губок доводят до требуемого размера путем соприкосновения с проверяемой поверхностью, при этом нормальное измерительное усилие достигается легким контактированием при перемещении проверяемых поверхностей детали относительно измерительных поверхностей инструмента.

Вместе с этим необходимо постоянно следить за правильностью положения губок относительно поверхности, как показано на рис. 2.9. При этом линия измерения 1 перпендикулярна оси детали, а линия измерения 2 перпендикулярна параллельным плоскостям.

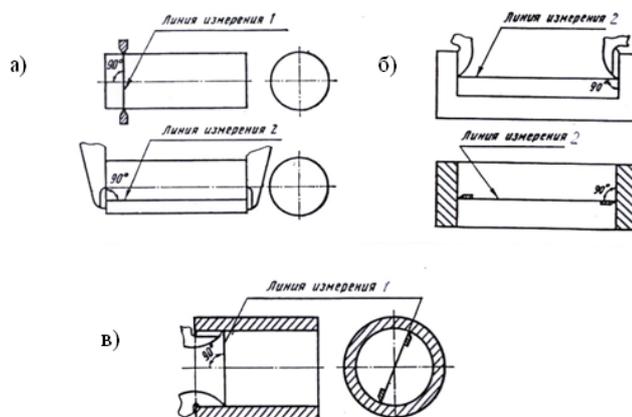


Рис. 2.9. Положение губок относительно измеряемой детали:  
а – при наружных измерениях; б, в – при внутренних измерениях

Затем необходимо закрепить рамку и произвести отсчет показаний по шкале штангенинструмента.

Закрепление рамки надо производить большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать губку штанги.

Порядок чтения показаний на штангенинструменте рассмотрен выше и определяется величиной отсчета по нониусу.

После окончания работы штангенинструмент надо протереть, смазать антикоррозионным составом, развести измерительные губки на 2-3 мм, ослабить зажимы рамки и инструмент положить в футляр.

## Выполнение лабораторной работы

1. Схема средства измерений и его основные элементы \_\_\_\_\_
2. Анализ средства измерений \_\_\_\_\_
  - 2.1. Наименование средства измерений \_\_\_\_\_
  - 2.2. Вид средства измерений \_\_\_\_\_
  - 2.3. Размерность измерений \_\_\_\_\_
  - 2.4. Вид измерений:
    - 2.4.1. По способу получения значений \_\_\_\_\_
    - 2.4.2. По характеру измерений \_\_\_\_\_
    - 2.4.3. По количеству измерений \_\_\_\_\_
    - 2.4.4. По отношению к основным единицам \_\_\_\_\_
    - 2.4.5. По характеристике точности \_\_\_\_\_
  - 2.5. Метод измерений
    - 2.5.1. По приемам получения информации \_\_\_\_\_
    - 2.5.2. По условиям применения \_\_\_\_\_
    - 2.5.3. По способу сравнения величины с её единицей \_\_\_\_\_
    - 2.5.4. По оценке годности \_\_\_\_\_
  - 2.6. Назначение и область применения СИ \_\_\_\_\_
3. Основные метрологические характеристики средства измерений
  - 3.1. Тип шкалы \_\_\_\_\_
  - 3.2. Длина шкалы штанги  $l =$  \_\_\_\_\_
  - 3.3. Число делений шкалы штанги  $n =$  \_\_\_\_\_
  - 3.4. Цена деления шкалы штанги  $c = l/n =$  \_\_\_\_\_
  - 3.5. Длина шкалы нониуса  $l_1 =$  \_\_\_\_\_
  - 3.6. Число делений шкалы нониуса  $n_1 =$  \_\_\_\_\_
  - 3.7. Цена деления шкалы нониуса  $c_1 = l_1/n_1 =$  \_\_\_\_\_
  - 3.8. Величина отсчета по нониусу  $c_2 = c/n_1 =$  \_\_\_\_\_
  - 3.9. Интервал деления шкалы: штанги  $a = c =$  \_\_\_\_\_  
нониуса  $a_1 = c_1 =$  \_\_\_\_\_
  - 3.10. Диапазон измерений \_\_\_\_\_
  - 3.11. Предел измерений \_\_\_\_\_
  - 3.12. Чувствительность (передаточное отношение) средства измерений  
 $S = a/c =$  \_\_\_\_\_
  - 3.13. Основная погрешность средства измерений  $\Delta = 0,5 \cdot c_2 =$  \_\_\_\_\_
  - 3.14. Допускаемая погрешность средства измерений  $\Delta_1 = 2\Delta =$  \_\_\_\_\_
  - 3.15. Класс точности средства измерений \_\_\_\_\_
  - 3.16. Необходимое число измерений с вероятностью 95%, мерой изменчивости  $v = 10\%$  и допускаемой ошибкой  $\varepsilon = 5\%$ :  
$$K = \frac{3,84 \cdot v^2}{\varepsilon^2} =$$
 \_\_\_\_\_
  - 3.17. Измерительное усилие  $F =$  \_\_\_\_\_

3.18. Максимальное колебание измерительного усилия  $F_{\max} =$  \_\_\_\_\_

3.19. Гарантийная наработка на отказ при 80% вероятности:

при наружных измерениях  $n_H =$  \_\_\_\_\_

при внутренних измерениях  $n_B =$  \_\_\_\_\_

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Широкое распространение в машиностроении получили и микрометрические средства измерений общего назначения: микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры.

Общими элементами для микрометрического инструмента являются: стебель с нанесенной на нем основной шкалой, винтовая пара с трещоткой и стопорным устройством и барабан с круговой шкалой.

#### Микрометры

Микрометр предназначен для наружных измерений. Его конструкция приведена на рис. 3.1.

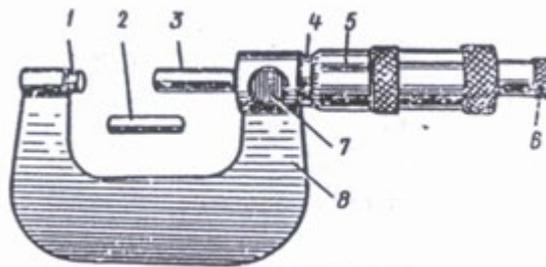


Рис. 3.1. Конструкция микрометра:

1 – пятка, 2 – установочная мера, 3 – микрометрический винт, 4 – стебель, 5 – барабан, 6 – трещотка, 7 – стопор, 8 – скоба

Измерительное перемещение микрометрического винта 3 составляет 25 мм, поэтому нижняя и верхняя шкала стебля 4 разделены на 25 равных частей через 1 мм. При этом верхняя шкала сдвинута относительно нижней на 0,5 мм. Это позволяет отсчитывать целую (нижняя шкала) и дробную (верхняя шкала) часть (0,5 мм) миллиметра. В соответствии с этим различают пределы измерения: 0-25; 25-50; 50-75;... до 600 мм.

К микрометрам с нижним пределом 25 мм и более придаются установочные меры 2 для проверки нулевого положения. Микрометры с верхним пределом свыше 300 мм имеют сменную или передвижную пятку 1 для увеличения диапазона измерений до 500 мм.

При повороте на одно деление микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 5, перемещается вдоль оси на 0,5 мм. А так как круговая шкала барабана разделена на 50 равных делений, то цена ее деления равна  $0,5/50=0,01$  мм. Следовательно, по круговой шкале барабана определяют сотые доли миллиметра.

Цена деления и диапазон измерений указывают на лицевой стороне микрометра.

Таким образом, целое число миллиметров и половину миллиметра отсчитывают краем скоса барабана по шкале стебля. Сотые доли миллиметра определяют по порядковому номеру штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля. Пример чтения показаний приведен на рис. 3.2.

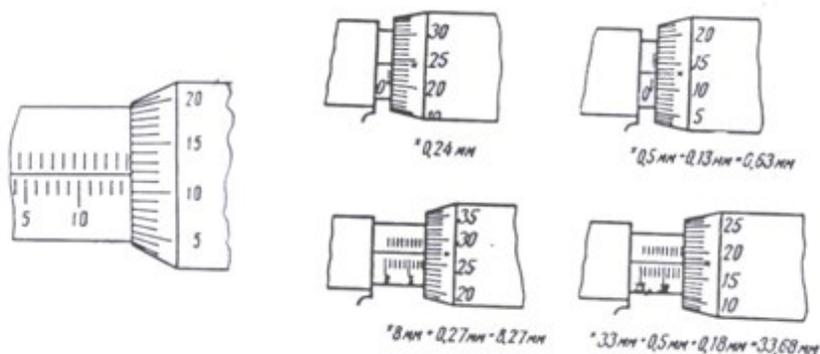


Рис. 3.2. Чтение показаний на микрометре

### Микрометрический нутромер

Нутромер предназначен для внутренних измерений. Его конструкция приведена на рис. 3.3.

Микрометрические нутромеры изготавливаются с пределами измерений: 50-75, 75-175, 75-600, 150-1250, 800-2500, 1250-4000, 2500-6000, 4000-10000 мм. Диапазон измерений достигается за счет сменных удлинителей.

Для выбора удлинителя необходимо от проверяемого размера отнять нижний предел измерения микрометрической головки с наконечником. Затем выбрать удлинители по размерам, обеспечивающим их наименьшее количество (от большего к меньшему). Сумма нижнего предела измерения микрометрической головки с наконечником и удлинителей должна быть меньше требуемого размера, но не более чем на разность между пределами измерения микрометрической головки.

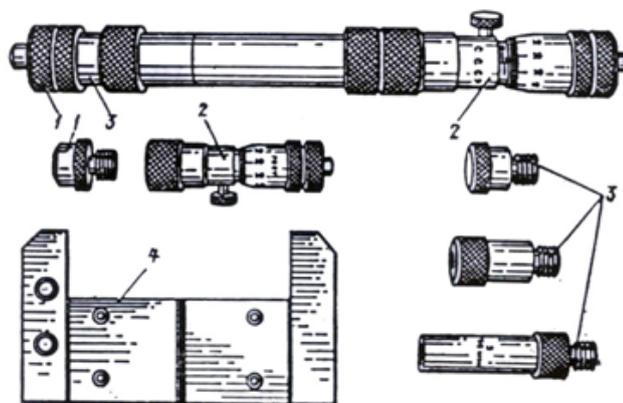


Рис. 3.3. Конструкция микрометрического нутромера:  
1 – наконечник, 2 – микрометрическая головка, 3 – удлинители,  
4 – установочная мера.

Чтение показаний на микрометрическом нутромере показано на рис. 3.4.

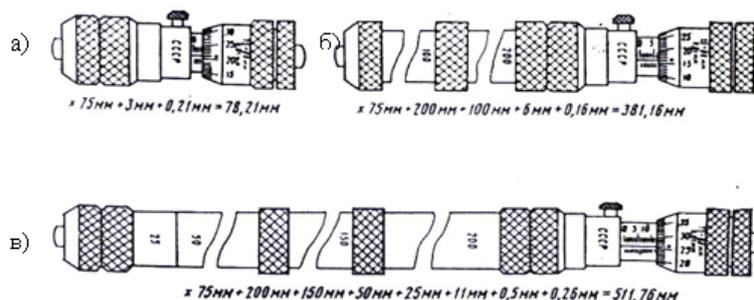


Рис. 3.4. Чтение показаний на микрометрическом нутромере с нижним пределом измерений 75 мм: а) – без дополнительных удлинителей; б) – с дополнительными удлинителями 100 и 200 мм; в) – с дополнительными удлинителями 25, 50, 150 и 200 мм.

При чтении показаний необходимо помнить, что цена деления круговой шкалы барабана определяется отношением шага резьбы микрометрического винта к числу делений на шкале барабана и равна 0,01 мм, а цена деления линейной шкалы на стебле составляет 0,5 мм. При этом значение измеряемой величины будет равно сумме показаний линейной и круговой шкал плюс величина нижнего предела измерений и плюс длина всех удлинителей (если последние использовать при измерении). Длина каждого удлинителя указана на его лицевой стороне.

### Микрометрический глубиномер

Глубиномер предназначен для измерения глубин отверстий, канавок и пазов. Его конструкция показана на рис. 3.5.

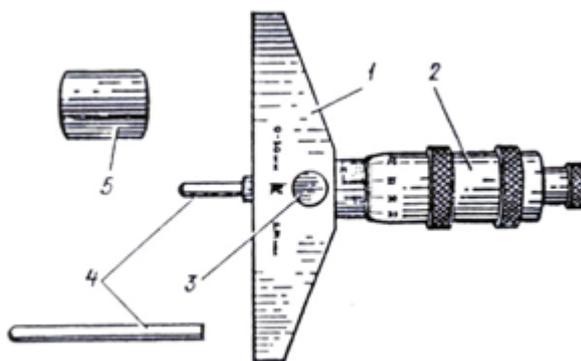


Рис. 3.5. Конструкция микрометрического глубиномера:  
1 – основание; 2 – микрометрическая головка; 3 – стопор; 4 – сменные измерительные стержни; 5 – установочная мера

Микрометрические глубиномеры изготавливаются с верхним пределом измерений 100 и 150 мм. Диапазон измерений устанавливается с помощью сменных измерительных стержней и может быть 0-25 мм, 25-50 мм, 50-75 мм..., 125-150 мм.

Широкая измерительная поверхность основания и сменные измерительные стержни малого сечения обеспечивают устойчивость глубиномера и возможность производить измерения глубин в отверстиях и пазах небольших размеров.

С целью обеспечения удобства измерений при ввинчивании микровинта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане – по часовой стрелке.

Чтение показаний на микрометрическом глубиномере показано на рис. 3.6.

## Последовательность измерения микрометрическими средствами

### Измерения микрометром

Перед началом измерений необходима установка нулевого положения микрометра. Установку на нуль считают верной, если при соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с измерительными поверхностями установочной меры или непосредственно между собой (при пределах измерения 0-25 мм) нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, а скос барабана должен открывать нулевой штрих стебля. В противном случае необходимо: 1) закрепить микровинт стопором, 2) разъединить барабан с микровинтом, 3) установить барабан на нуль и закрепить его, 4) произвести проверку нулевого положения, т.е. развести измерительные поверхности микрометра с установочной мерой или между собой (если пределы измерения микрометра 0-25 мм) и снова соединить их.

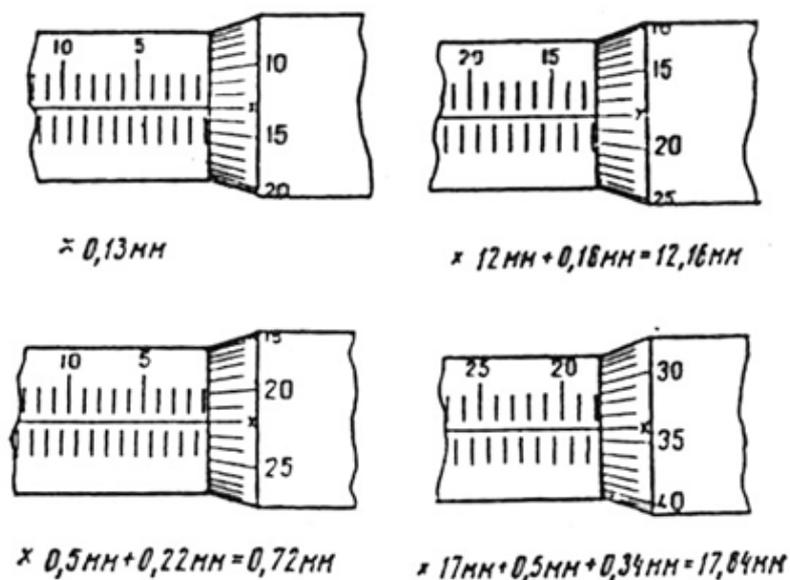


Рис. 3.6. Чтение показаний на микрометрическом глубиномере

При этом значение измеряемой величины равно сумме показаний линейной и круговой шкал плюс величина нижнего предела измерений (длины измерительного стержня).

Перед измерением устанавливают микрометр на размер немного больше проверяемого; поддерживая скобу левой рукой слегка прижимают пятку к проверяемой поверхности; большим и указательным пальцем правой руки вращают барабан за трещотку и доводят микровинт до соприкосновения с проверяемой поверхностью; покачиванием проверяют отсутствие перекоса; стопорят микровинт

и читают показания. При этом ось микровинта должна быть перпендикулярно оси измеряемой детали, как показано на рис. 3.7.

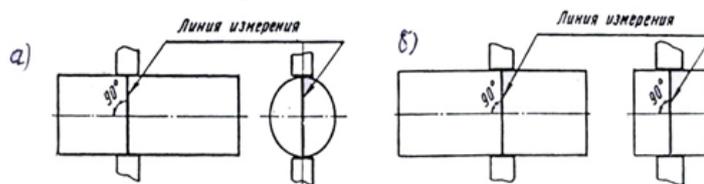


Рис. 3.7. Положение измеряемых поверхностей относительно проверяемых: а) – при измерении круглых деталей; б) – при измерении некруглых деталей

### **Измерения микрометрическим нутромером**

До начала измерений необходимо установить нутромер в нулевое положение. Установку на нуль проводят с помощью концевой меры. Для этого нутромер помещают между измерительными поверхностями концевой меры и, вращая барабан за трещотку, доводят до соприкосновения с измерительными поверхностями нутромера.

Если при этом нутромер показывает величину, равную установочной мере, и нулевой штрих шкалы барабана совпадает с продольным штрихом стебля, то считают, что нутромер готов к измерениям. В противном случае необходимо провести установку на нуль. Это проводится так же, как и для микрометра.

Перед измерением нутромер устанавливают на размер немного меньше проверяемого; поддерживая стержень левой рукой, прижимают наконечник к проверяемой поверхности; большим и указательным пальцем правой руки вращают барабан за трещотку и доводят микровинт до соприкосновения с противоположной проверяемой поверхностью; правильное положение нутрометра находят его покачиванием. При этом при измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна быть наибольшим размером в плоскости, проходящей через ось, как показано на рис. 3.8.

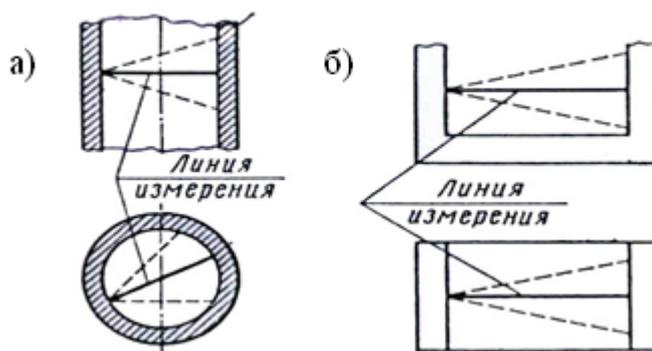


Рис. 3.8. Положение измеряемых поверхностей относительно проверяемых: а) – для цилиндрического отверстия; б) – для параллельных плоскостей

При измерении расстояния между параллельными плоскостями правильное положение измерительных поверхностей (отсутствие перекоса) обеспечивает наименьшие показания (рис. 3.8, б).

### ***Измерения микрометрическим глубиномером***

Установку на нуль проводят либо без установочной, либо с установочной мерой. Установочная мера представляет собой цилиндрическую втулку длиной 50, 75 или 100 мм.

Если измеряемая величина не выходит за пределы 0-25 мм, то установка на нуль проводится в следующем порядке:

1) вращают барабан до полного захода измерительного стержня в основание глубиномера; 2) устанавливают основание глубиномера на разметочную плиту; 3) вращая барабан за трещотку, доводят микровинт до соприкосновения его измерительной поверхности с поверхностью плиты. Если при этом нулевой штрих шкалы барабана совпадает с продольным штрихом стебля, то нулевое положение установлено. В противном случае установка на нуль проводится аналогично, как и для микрометра.

Для глубиномеров с пределом измерений свыше 25 мм установка на нуль проводится с помощью установочных мер.

Перед измерением глубиномер устанавливают на размер, несколько меньше проверяемого.левой рукой прижимают основание к поверхности детали, а правой рукой с помощью трещотки доводят измерительный стержень до соприкосновения с другой поверхностью детали, стопорят микровинт и считывают показание.

После окончания работы у микрометрических инструментов надо ослабить стопор и микрометрический винт, протереть инструмент, смазать антикоррозионным составом и уложить в футляр.

### **Выполнение лабораторной работы:**

1. Схема средства измерений и его основные элементы \_\_\_\_\_
2. Анализ средства измерений \_\_\_\_\_
  - 2.1. Наименование средства измерений \_\_\_\_\_
  - 2.2. Вид средства измерений \_\_\_\_\_
  - 2.3. Размерность измерений \_\_\_\_\_
  - 2.4. Вид измерений:
    - 2.4.1. По способу получения значений \_\_\_\_\_
    - 2.4.2. По характеру измерений \_\_\_\_\_
    - 2.4.3. По количеству измерений \_\_\_\_\_
    - 2.4.4. По отношению к основным единицам \_\_\_\_\_
    - 2.4.5. По характеристике точности \_\_\_\_\_
  - 2.5. Метод измерений
    - 2.5.1. По приемам получения информации \_\_\_\_\_
    - 2.5.2. По условиям применения \_\_\_\_\_
    - 2.5.3. По способу сравнения величины с её единицей \_\_\_\_\_
    - 2.5.4. По оценке годности \_\_\_\_\_
  - 2.6. Назначение и область применения СИ \_\_\_\_\_
3. Основные метрологические характеристики средства измерений
  - 3.1. Тип шкалы \_\_\_\_\_

- 3.2. Длина шкалы стебля  $l =$  \_\_\_\_\_
- 3.3. Число делений шкалы стебля  $n =$  \_\_\_\_\_
- 3.4. Цена деления шкалы стебля  $c = l/n =$  \_\_\_\_\_
- 3.5. Перемещение барабана за один оборот  $l_1 =$  \_\_\_\_\_
- 3.6. Число делений шкалы барабана  $n_1 =$  \_\_\_\_\_
- 3.7. Цена деления шкалы барабана  $c_1 = l_1/n_1 =$  \_\_\_\_\_
- 3.8. Величина отсчета по барабану  $c_2 = c/n_1 =$  \_\_\_\_\_
- 3.9. Интервал деления шкалы: стебля  $a = c =$  \_\_\_\_\_  
 барабана  $a_1 = c_1 =$  \_\_\_\_\_
- 3.10. Диапазон измерений \_\_\_\_\_
- 3.11. Предел измерений \_\_\_\_\_
- 3.12. Чувствительность (передаточное отношение) СИ  $S = a/c =$  \_\_\_\_\_
- 3.13. Основная погрешность СИ  $\Delta = 0,5 \cdot c_2 =$  \_\_\_\_\_
- 3.14. Допускаемая погрешность  $\Delta_1 = 2\Delta =$  \_\_\_\_\_
- 3.15. Класс точности СИ \_\_\_\_\_
- 3.16. Необходимое число измерений с вероятностью 95 %, мерой изменчивости  $\nu = 10$  % и допускаемой ошибкой  $\varepsilon = 5$  %:  
 $K = 3,84 \cdot \nu^2 / \varepsilon^2 =$  \_\_\_\_\_
- 3.17. Измерительное усилие  $F =$  \_\_\_\_\_
- 3.18. Максимальное колебание измерительного усилия  $F_{\max} =$  \_\_\_\_\_
- 3.19. Гарантийная наработка на отказ при 80 % вероятности:  
 при наружных измерениях \_\_\_\_\_  
 при внутренних измерениях \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО УНИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ

**Цель работы:** получить навыки оценки экономической эффективности работ по унификации изделий.

**Задачи:**

- изучить метод параметрической стандартизации;
- рассчитать экономическую эффективность работ по унификации.

**Теоретические сведения**

*Параметрическая стандартизация.* Теоретической базой современной стандартизации является система предпочтительных чисел. *Предпочтительными числами* называются числа, которые рекомендуется выбирать как преимущественные перед другими при назначении величин параметров для вновь создаваемых изделий.

*Параметр* – это количественная характеристика свойств продукции. Различают параметры размерные; весовые; характеризующие производительность машин и приборов; энергетические.

Продукция определенного назначения определяется рядом параметров. Набор установленных значений параметров называется параметрическим рядом. Процесс стандартизации параметрического ряда – параметрическая стандартизация – заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численных значений параметров. Решается эта задача с помощью математических методов.

Предпочтительные числа получают на основе геометрической прогрессии

$$a_n = a_1 q^{n-1} \quad (4.1)$$

где  $a_1$  – первый член прогрессии;  $q$  – знаменатель прогрессии;  $n$  – принимает целые значения в интервале от 0 до  $R$ , где  $R = 5, 10, 20, 40, 80, 160$ .

Если придерживаться строго обоснованного ряда предпочтительных чисел, то параметры и размеры отдельного изделия или группы изделий наилучшим образом будут согласованы со всеми соответствующими видами продукции: электродвигателей – с технологическим оборудованием, грузоподъемными устройствами; предохранительных клапанов – с паровыми котлами; комплектующих изделий – с присоединительными и посадочными местами в машине. Несоблюдение этого условия вызывает излишние затраты материалов, электрической и других видов энергии, неполное использование оборудования, снижение производительности труда, рост себестоимости продукции. Например, несоответствие сортамента круглого проката, выпускавшегося ранее металлургическими заводами, и нормального ряда диаметров в машиностроении приводило к излишнему стружкообразованию, снижению коэффициента использования металла, дополнительной непроизводительной загрузке металлорежущих станков, в результате требовалось больше станков.

Предпочтительные числа и их ряды служат основой упорядочения выбора величин и градаций параметров производственных процессов, оборудования, приспособлений, режущего измерительного инструмента, штампов, материалов, полуфабрикатов, транспортных средств и т. п. Создают предпосылки для сокращения номенклатуры изделий, длительности цикла технологической подготовки производства, а также для организации массового изготовления продукции.

Многие промышленно развитые страны приняли национальные стандарты на нормальные линейные размеры. ГОСТ 8032–84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел», составленный с учетом рекомендаций Международной организации по стандартизации (ИСО), устанавливает четыре основных ряда предпочтительных чисел ( $R 5, R 10, R 20, R 40$ ) и два дополнительных ряда ( $R 80, R 160$ ). Цифра указывает количество чисел в десятичном интервале. При выборе нужно отдавать предпочтение нормальным размерам из рядов с более крупной градацией. На базе ГОСТ 8032–84 утвержден ГОСТ 6636 «Нормальные линейные размеры».

Введение единого порядка при переходе от одних численных значений параметров к другим во всех отраслях промышленности уменьшает количество типоразмеров, приводит к более экономному раскрою исходных материалов,

позволяет согласовать увязать между собой различные виды изделий, материалов и полуфабрикатов, транспортных средств, производственного оборудования (по мощности, габаритам т. п.).

Если, например, на каком-то заводе предполагается выпускать семь типоразмеров двигателей (минимальная мощность первого типоразмера 10 кВт), то по нормальному ряду чисел со знаменателем прогрессии  $q = \sqrt[5]{10}$  параметрический ряд будет включать в себя двигатели следующих мощностей: 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160 кВт.

В машиностроении и приборостроении предпочтительные числа, принятые за основу при назначении классов точности, размеров, углов, радиусов, канавок, уступов, линейных размеров, сокращают номенклатуру режущего и измерительного инструмента, штампов, пресс-форм, приспособлений. Это способствует росту уровня взаимозаменяемости, повышению серийности, технического уровня и качества выпускаемой продукции, расширению объемов ее производства, улучшению организации инструментального хозяйства на предприятиях. В результате значительно снижается себестоимость изделий увеличивается экономическая эффективность производства.

К числу основных методов стандартизации относятся унификация, агрегатирование.

*Унификация* – это деятельность по рациональному сокращению числа типов деталей, агрегатов одинакового функционального назначения, которая базируется на классификации и ранжировании, селекции и симплификации, типизации и оптимизации элементов готовой продукции.

Унификацию можно рассматривать как средство оптимизации параметров качества и ограничения количества типоразмеров выпускаемых изделий и их составных частей. При этом унификация воздействует на все стадии жизненного цикла продукции, обеспечивает взаимозаменяемость изделий, узлов и агрегатов, что, в свою очередь, позволяет предприятиям кооперироваться друг с другом.

К основным видам унификации относят конструкторскую и технологическую унификации. При этом первая предполагает унификацию изделий в целом и их составных частей (деталей, узлов, комплектующих изделий и т. п.), а вторая – унификацию нормативно-технической документации (стандартов, технических условий, инструкций, методик, руководящих документов, конструкторско-технологической документации и др.). Результатом работ по унификации могут быть альбомы типовых (унифицированных) конструкций, деталей, узлов, сборочных единиц и т. д. В зависимости от области проведения унификации изделий унификация может быть межотраслевой, отраслевой и заводской. Степень унификации характеризуется уровнем насыщенности изделия унифицированными деталями, узлами и сборочными единицами.

Показателем уровня унификации является коэффициент применимости, который рассчитывается по формуле:

$$K_n = \frac{n-n_0}{n} 100\% \quad (4.2)$$

где  $n$  – общее число деталей в изделии, шт.;  $n_0$  – число оригинальных деталей, шт.

К оригинальным относятся детали и сборочные единицы, специально разработанные для данного изделия.

*Агрегатирование* – это метод создания машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости. Другим словами, это метод конструирования и эксплуатации изделий, основанный на функциональной и геометрической взаимозаменяемости их основных узлов и агрегатов.

Важнейшим преимуществом изделий, созданных на основе агрегатирования, является конструктивная обратимость. Агрегатирование позволяет также многократно применять стандартные детали, узлы и агрегаты в новых модификациях изделий при изменении их конструкции. Использование агрегатирования как метода стандартизации обеспечивает решение целого ряда актуальных задач в различных отраслях промышленности.

В настоящее время актуален переход к производству техники на базе крупных агрегатов – модулей. Модульный принцип широко распространен в радиоэлектронике и приборостроении. Это основной метод создания гибких производственных систем.

Для построения исходного ряда основными данными являются затраты на материалы, прочие затраты, годовой объем производства. Основным критерий установления диапазона типоразмеров изделия – потребность. В тех случаях, когда исходные данные имеются только по некоторым типоразмерам ряда, для остальных типоразмеров данные определяют методом интерполяции. *Интерполяция* – это метод нахождения промежуточных значений величины данного графика по некоторым промежуточным значениям.

Выбор оптимального размерного ряда сводится к определению количества типоразмеров, при котором затраты на изготовление изделия, его эксплуатацию были бы минимальными. Здесь могут иметь место три случая:

- 1) затраты на эксплуатацию неизменны;
- 2) затраты уменьшаются;
- 3) затраты увеличиваются.

Например, распределив расходы по элементам затрат, определяют количество типоразмеров (членов ряда), при которых затраты на изготовление изделия и его эксплуатацию были бы минимальными. Также анализируют изменения годовых затрат по исходному ряду при разрежении и увеличении густоты этого ряда.

Так, если исходный (принятый) ряд соответствует нормальному ряду  $R_{10}$ , то следует выяснить, как изменяются годовые затраты в случае увеличения его густоты до  $R_{20}$  или разрежения до  $R_5$ .

При разрежении ряда, например вдвое, вместо двух смежных членов ряда остается один. Следовательно, новая программа выпуска для этого члена ряда  $V_n$  равна сумме программ двух исходных членов ряда. Коэффициент изменения программы в этом случае равен:

$$K_{и.п} = \frac{B_n}{B_i} \quad (4.3)$$

где  $B_n$  – программа для нового члена ряда;  $B_i$  – исходная программа для ближайшего большего (из рассматриваемых) члена ряда.

Затраты на материалы  $M_p$  принимаются по затратам на материалы для изделий ближайшего члена исходного ряда.

Изменение основной заработной платы производственных рабочих и накладные расходы определяются по формуле

$$K_{из} = \frac{1}{K_{и.п}^z} \quad (4.4)$$

где  $K_{из}$  – коэффициент изменения прочих затрат;  $z$  – показатель степени (характеризует степень интенсивности снижения себестоимости при увеличении программы).

Абсолютное значение прочих затрат равно

$$S_{np} = S'_{np} K_{из} \quad (4.5)$$

где  $S'_{np}$  – прочие затраты по измененной программе  $B_n$ ;  $S_{np}$  – прочие затраты при исходной программе  $B_i$  для ближайшего большего члена ряда. Себестоимость изделия определяется по формуле

$$C_u = M_p + S_{np} \quad (4.6)$$

Годовые затраты на изготовление изделия по измененному ряду равны произведению себестоимости единицы изделия на годовую программу:

$$Z_2 = C_u B_n \quad (4.7)$$

Измененный ряд целесообразнее исходного, если годовые затраты по измененному ряду будут меньше, чем годовые затраты по исходному ряду  $Z_2 < Z'_2$ . Если общие годовые затраты по полученному ряду окажутся ниже, чем по исходному, то следует провести аналогичный расчет для следующего ряда в сторону разрежения. Если же затраты по новому ряду выше, чем по исходному, то дальнейшие расчеты нецелесообразны.

При увеличении густоты ряда, например в 2 раза, что соответствует переходу от R 10 к R 20, расчет производят следующим образом. Можно принять, что исходная программа выпуска изделий распределится поровну. В этом случае измененная программа для нового члена ряда равна  $B_n = B_i / 2$ , где  $B_i$  – исходная программа для (R 10) члена ряда большего размера. Коэффициент изменения программ в данном случае  $K_{и.п} = 1 / 2 = 0,5$ .

Затраты на материалы для вновь полученного члена ряда определяются по формуле:

$$M_p = \frac{M_1 + M_2}{2} \quad (4.8)$$

где  $M_1$  – затраты на материалы меньшего члена исходного ряда;  $M_2$  – затраты на материалы большего члена исходного ряда.

Коэффициент изменения прочих затрат, себестоимость изделия и годовые затраты определяют так же, как и при разрежении ряда.

Абсолютное значение прочих затрат по новому члену ряда изменяется пропорционально величине интервала основного параметра. Если основной параметр – длина  $L$  – имеет значения  $L_1$  и  $L_2$ , а соответствующие им затраты  $S_{np1}$  и  $S_{np2}$ , то для нового члена ряда при объеме  $L_n$  прочие затраты определяют из соотношения:

$$S_{np.n} = \frac{S_{np1} + (S_{np2} - S_{np1})(L_2 - L_n)}{L_2 - L_1} \quad (4.9)$$

Измененный ряд целесообразнее исходного, если  $3\gamma < 3'\gamma$ .

На основе анализа суммарных годовых затрат по каждому варианту выбирают наиболее экономически целесообразный ряд.

#### *Задание*

Для футеровочных болтов МЗ6, согласно отраслевому стандарту, установлен ряд длин: 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200,

210, 220 мм. На заводе эти болты изготавливаются для цементных мельниц следующих длин: 120, 140, 160, 180, 200, 220 мм. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходный ряд ( $q = 20$  мм)

Длина болтов, мм	Годовая программа, шт.	Затраты на материалы, руб.	Прочие затраты, руб.
120	400	21	31
140	12 960	24	37
160	6 675	27	40
180	562	29	42
200	560	31	45
220	32	34	50

Провести экономическое обоснование выбора размерного ряда футеровочных болтов МЗ6. Для выяснения экономичности исходного ряда и нахождения наиболее оптимального ряда уменьшить количество типоразмеров с разностью  $q = 40$  мм и увеличить густоту рядас разностью  $q = 10$  мм.

#### *Контрольные вопросы и задания для самоподготовки*

1. Что является теоретической базой стандартизации?
2. Дайте определения параметрического и размерного рядов.
3. Что лежит в основе построения рядов предпочтительных чисел?
4. Как осуществляется выбор оптимального размерного ряда?
5. Какие методы стандартизации вы знаете?

### *Требования к отчету*

Отчет должен содержать:

- 1) расчет затрат на изготовление исходного ряда;
- 2) расчет затрат при разрядении и увеличении густоты ряда;
- 3) выводы о целесообразности изменения густоты ряда.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ДЕКЛАРИРОВАНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ**

**Цель работы:** ознакомить студентов с процедурой выбора формы подтверждения соответствия продукции и, в частности, декларирования соответствия, а также правилами заполнения декларации о соответствии, удостоверяющей соответствие продукции установленным требованиям.

### **Порядок и правила проведения декларирования**

Декларирование соответствия – одна из форм обязательного подтверждения соответствия, которая соответствует общепринятой мировой практике, когда ответственность за безопасность продукции несет производитель. Исключение составляют отрасли и направления, в которых преобладают интересы общества в целом: оборона, социальная сфера. Здесь гарантом безопасности и качества будет выступать, как и раньше, государство.

При декларировании соответствия заявителем могут быть юридическое лицо или физическое лицо в качестве индивидуального предпринимателя.

Изготовитель может принять декларацию на серийно выпускаемую продукцию или на конкретную партию продукции, продавец же – только на имеющуюся у него партию продукции конкретного объема.

Изготовитель (продавец) принимает декларацию о соответствии на основании собственных доказательств или на основании собственных доказательств и доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории, т.е. с участием третьей стороны.

Необходимо отметить, что продавец, в отличие от изготовителя, как правило, не располагающий собственной испытательной базой и опытом проведения испытаний, может принимать декларацию о соответствии только при наличии протоколов испытаний, проведенных третьей стороной. В соответствии с порядком декларация о соответствии может быть принята в отношении конкретной продукции или группы однородной продукции, на которую установлены единые требования, подлежащие подтверждению.

Схемы декларирования соответствия, как на основании собственных доказательств, так и на основании доказательств, полученных с участием третьей стороны.

Схема декларирования соответствия с участием третьей стороны устанавливается в технических регламентах для продукции, потенциальная

опасность которой требует усиления доказательной базы в процедуре подтверждения соответствия.

Принятая изготовителем (продавцом) декларация о соответствии подлежит обязательной регистрации в аккредитованном органе по сертификации. Регистрация декларации – этап, необходимый в условиях российского рынка. Она дает возможность «отслеживать» производителя (продавца), принявшего декларацию. Кроме того, регистрация – это процедура, в результате которой орган по сертификации фактически придает равную юридическую силу принимаемой производителем декларации о соответствии наравне с сертификатом соответствия при обязательной сертификации.

Декларация принимается на срок, установленный самим изготовителем (продавцом), исходя из ожидаемой продолжительности выпуска данной продукции или реализации партии продукции. Срок действия декларации не может превышать 3 года.

До вступления в силу соответствующих технических регламентов при проведении в Системе сертификации ГОСТ Р обязательного подтверждения соответствия продукции, выпущенной в обращение на территории Российской Федерации, применяют нормативные документы, на соответствие требованиям которых осуществляется обязательная сертификация и декларирование соответствия, установленные «Номенклатурой продукции и услуг (работ), в отношении которых законодательными актами РФ предусмотрена их обязательная сертификация», и «Номенклатурой продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии».

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Познакомиться с общими сведениями по подтверждению соответствия.
2. Подтвердить по «Номенклатуре продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии», возможность декларации продукции, предложенной преподавателем.
3. По результатам поиска заполнить таблицу.

Таблица 5.1

Форма заполнения результатов

Наименование продукции	Код продукции по ОК 005- 93 (ОКП)	Обозначение определяющего нормативного документа	Подтверждаемые требования определяющего нормативного документа	Форма подтверждения соответствия требованиям

3. Заполнить декларацию в соответствии с требованиями:

– декларацию о соответствии оформляют на листах формата А 4 по ГОСТ 9327-60 машинописным способом.

– декларация о соответствии подписывается руководителем организации-изготовителя (продавца) или индивидуальным предпринимателем и заверяется печатью.

– декларацию заполнить описанным ниже образом.

*Позиция 1.* Приводится наименование организации (полное и сокращенное) или фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя, принявшего декларацию о соответствии.

*Позиция 2.* Запись начинается словами «зарегистрирован» или «зарегистрирована», далее указывается наименование органа, зарегистрировавшего организацию в качестве юридического лица, или гражданина в качестве индивидуального предпринимателя, дата регистрации, регистрационный номер.

*Позиция 3.* Приводится юридический адрес, телефон, факс (при наличии) организации и/или индивидуального предпринимателя. При необходимости приводят дополнительный адрес, телефон, факс фактического местонахождения.

*Позиция 4.* Заполняется только для организации. Указывается руководитель организации или лицо, назначенное приказом по организации для принятия декларации.

*Позиция 5.* Указывается наименование, тип, вид, марка продукции, по возможности документ, по которому продукция выпускается (стандарт, технические условия, техническое описание и т.п.). Далее указываются «серийный выпуск», или «партия», или «единичное изделие». Для партии и единичного изделия приводят номер и размер партии или номер изделия, номер и дату выдачи накладной, договора (контракта), документа о качестве и т.п. Далее указывается код продукции (6 разрядов с пробелом после первых двух) по Общероссийскому классификатору продукции ОК 005-93 (ОКП) или 9-разрядный код продукции по классификатору Товарной номенклатуры внешней экономической деятельности (ТН ВЭД СНГ для импортируемой продукции).

*Позиция 6.* Обозначения нормативных документов, их разделов или пунктов, на требования которых проведено подтверждение соответствия данной продукции. Если декларацией подтверждено соответствие всем требованиям нормативного документа, то разряды (пункты) не указываются.

*Позиция 7.* Документы, на основании которых принята декларация о соответствии, например:

– протоколы испытаний на продукцию, сырье, материалы, комплектующие изделия с указанием номера и даты выдачи, наименования организации и регистрационного номера аккредитованной испытательной лаборатории (при наличии);

– документы, предусмотренные для данной продукции соответствующими федеральными законами (санитарно-эпидемиологические заключения, ветеринарные свидетельства, сертификаты пожарной безопасности и др.), выданные уполномоченными на то органами и организациями с указанием наименования органа или организации, наименования вида документа, номера, даты выдачи и срока действия;

– сертификаты на системы качества или производство изготовителя продукции, а также на сырье, материалы, комплектующие изделия, другие документы, прямо или косвенно подтверждающие соответствие продукции установленным требованиям.

Если декларацию о соответствии принимает продавец, то он может привести в декларации кроме документов, предусмотренных для данной продукции соответствующими федеральными законами, другие указанные выше документы,

полученные от изготовителя, или протоколы испытаний, проведенных им или по его поручению, сертификаты на систему качества продавца, декларации о соответствии или сертификаты, полученные от изготовителя, сведения о маркировании европейскими знаками «СЕ» и другими зарубежными знаками соответствия.

*Позиция 8.* Приводится дата принятия декларации о соответствии (дата подписания).

*Позиция 9.* Приводится предельный срок действия декларации о соответствии, установленный изготовителем (продавцом), принявшим декларацию о соответствии.

*Позиции 10, 11.* Заполняются органом по сертификации. Приводится регистрационный номер органа по сертификации – по Государственному реестру, его наименование – в соответствии с аттестатом аккредитации, адрес. Далее приводится дата и регистрационный номер, зарегистрированный в реестре декларации о соответствии, подпись, инициалы, фамилия руководителя органа по сертификации. Ставится печать органа по сертификации.

4. Для проверки усвоения знаний нужно ответить на контрольные вопросы.

– Что такое декларирование?

– Чем принципиально отличается декларирование соответствия от обязательной сертификации?

– Какое изменение в формах подтверждения соответствия предусматривает реформа технического регулирования?

– Какой из документов – декларация о соответствии или сертификат соответствия – имеет большую юридическую силу?

– Какие основные функции выполняет орган по сертификации при декларировании?

5. Оформить отчет

Отчет должен содержать:

– титульный лист по установленной форме;

– цель работы;

– выбор формы подтверждения соответствия;

– обоснование выбора схемы декларирования;

– заполнение декларации соответствия;

– ответ на контрольный вопрос;

– выводы.

## СХЕМЫ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ

Обозначение схемы	Содержание схемы и исполнители	Обозначение европейского модуля, близкого к схеме
1д	<b>Заявитель</b> Приводит собственные доказательства соответствия в техническом файле принимает декларацию о соответствии	A
2д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	C
3д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на стадии производства <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль системы качества	D
4д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на этапах контроля и испытаний <b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания типового образца продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль системы качества	E
5д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит выборочные испытания партии выпускаемой продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	F
6д	<b>Аккредитованная испытательная лаборатория</b> Проводит испытания каждой единицы продукции <b>Заявитель</b> Принимает декларацию о соответствии	G
7д	<b>Орган по сертификации</b> Сертифицирует систему качества на стадиях проектирования и производства <b>Заявитель</b> проводит испытания образца продукции принимает декларацию о соответствии <b>Орган по сертификации</b> Осуществляет инспекционный контроль системы качества	H

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Коротков В.С., Афонасов А.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 186 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>.

2. Аминев А.В. Метрология, стандартизация и сертификация в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Аминев А.В., Блохин А.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов, Екатеринбург: Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019.— 203 с.

3. Мелконян Р.Г. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Виды брака стекла и способы их устранения [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Мелконян Р.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 122 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64895.html>.

4. Минько Э.В. Оценка качества товаров и основы экспертизы [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Минько Э.В., Минько А.Э.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 221 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70616.html>.

**ФОРМА ДЕКЛАРАЦИИ О СООТВЕТСТВИИ  
ДЕКЛАРАЦИЯ О СООТВЕТСТВИИ**

(1) \_\_\_\_\_  
наименование организации или фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя,  
принявших декларацию о соответствии

(2) \_\_\_\_\_  
сведения о регистрации организации или индивидуального предпринимателя  
(наименование регистрирующего органа, дата регистрации, регистрационный номер)

(3) \_\_\_\_\_  
адрес, телефон, факс

(4) в лице \_\_\_\_\_  
должность, фамилия, имя, отчество руководителя организации, от имени  
которой принимается декларация, заявляет, что

(5) \_\_\_\_\_  
наименование, тип, марка продукции, на которую распространяется декларация, код ОК 005-  
93 и (или)

ТН ВЭД СНГ, сведения о серийном выпуске или партии (номер партии, номера изделий,  
Реквизиты договора /контракта/, накладная, наименование изготовителя, страны и т.п.)

(6) соответствует требованиям \_\_\_\_\_  
обозначение нормативных документов, соответствие которым подтверждено данной  
декларацией, с  
указанием пунктов этих нормативных документов, содержащих требования для данной  
продукции

(7) Декларация принята на основании \_\_\_\_\_  
информация о документах, являющихся основанием для принятия декларации

(8) Дата принятия декларации \_\_\_\_\_

(9) Декларация о соответствии действительна до \_\_\_\_\_  
М.П.

\_\_\_\_\_   
подпись

\_\_\_\_\_   
инициалы, фамилия

Сведения о регистрации декларации о соответствии

(10) \_\_\_\_\_  
наименование и адрес органа по сертификации, зарегистрировавшего декларацию  
\_\_\_\_\_   
дата регистрации и регистрационный номер декларации

(11) М.П. \_\_\_\_\_  
подпись, инициалы, фамилия руководителя органа по сертификации

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ШТРИХОВЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО УНИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ.....	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	
ДЕКЛАРИРОВАНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ.....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ. ФОРМА ДЕКЛАРАЦИИ О СООТВЕТСТВИИ.....	34

# **МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции,  
процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Составитель:  
**Иванова Анна Вадимовна**

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 17.11. 2021.

Уч.-изд. л. 2,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский проспект 14