

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**ОП 02. Метрология и стандартизация**

специальность подготовки 27.02.07 Управление качеством продукции, процессов  
и услуг (по отраслям)

уровень среднего  
профессионального образования Специалист среднего звена

квалификация Техник

Год приема 2024

**Севастополь  
2024**

## Содержание

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                                     | 4  |
| Лабораторная работа №1. Изучение концевых мер длины .....                                                          | 5  |
| Лабораторная работа №2. Измерение линейных размеров деталей с использованием<br>штриховых инструментов.....        | 9  |
| Лабораторная работа №3. Измерение отклонений формы цилиндрических поверхностей<br>деталей гладким микрометром..... | 14 |
| Лабораторная работа №4. Контроль размеров цилиндрических поверхностей с<br>применением нутромеров .....            | 18 |
| Лабораторная работа №5. Измерение размеров деталей с помощью индикаторных средств<br>измерений.....                | 22 |
| Лабораторная работа №6. Измерение размеров деталей с помощью рычажной скобы.....                                   | 25 |
| Список рекомендованной литературы .....                                                                            | 27 |

## **Введение**

Основной задачей лабораторных работ по дисциплине ОП 02. Метрология и стандартизация является практическое обучение, учащихся в приобретении умений и навыков проводить измерения:

- с помощью концевых мер длины;
- с помощью штриховых инструментов;
- с помощью гладкого микрометра;
- с помощью нутромера;
- с помощью индикаторных средств измерений;
- с помощью рычажной скобы.

## **Лабораторная работа №1. Изучение концевых мер длины**

**Цель работы:** Приобретение навыков измерения линейных размеров с использованием комплекта концевых мер длины.

### **Общие положения**

Плоскопараллельные концевые меры длины (ПКМД) предназначены для использования в качестве:

- рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов, для непосредственного измерения линейных размеров изделий, для выполнения точных разметочных работ;
- образцовых мер для воспроизведения и передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности и для поверки и градуировки измерительных приборов (ГОСТ9038-90).

Концевые меры выполняют в виде прямоугольных металлических брусков с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями, имеющими различные размеры. Эти размеры являются номинальными размерами плитки.

Концевые меры изготавливают из высококачественной стали или твердого сплава (рисунок 1.1). Рабочие поверхности имеют высокое качество отделки ( $R_z < 0,063$  мкм). Шероховатость этих поверхностей настолько мала, что обеспечивает притираемость – способность прочно сцепляться друг с другом при прикладывании или надвигании одной меры на другую. Обезжиренные или покрытые толстым слоем смазки концевые меры не притираются. Благодаря свойству мер притираться осуществляется составление блоков концевых мер необходимых размеров.

Концевые меры выпускают в наборах, которые обеспечивают составление блоков любого размера с интервалом до 1 мкм. На каждой мере нанесено значение ее номинальной длины. К наборам прилагаются аттестаты, в которых указаны номинальные размеры плиток, отклонения от номинальных размеров, разряд набора, средства измерения, используемые при аттестации.

Нормируемые параметры концевой меры:

- длина – длина перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на ее противоположную измерительную поверхность;
- отклонение длины от номинальной – наибольшая по абсолютному значению разность между длиной концевой меры в любой точке и номинальной длиной концевой меры;
- отклонение от плоскостности и параллельности – разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры.

Метод классов точности. Класс точности – это ряды допусков на изготовление действительных размеров ПКМД в зависимости от величины номинального размера. Класс точности меры показывает, какое отклонение имеет действительный размер меры от ее номинального размера и допускаемое отклонение от плоскостности и параллельности. Согласно ГОСТ 9038-90 концевые меры длины изготавливают пяти классов точности: 00, 0; 1; 2; 3 (в порядке убывания точности). Класс точности присваивается каждой мере при контроле годности ее изготовления и при проверке ее состояния в процессе эксплуатации. Класс точности указывают для рабочих ПКМД.

Метод разрядов. Разряды – это ряды величин погрешностей измерения, допускаемые при аттестации ПКМД. Разряд концевых мер длины показывает, с какой погрешностью измерения производится аттестация действительного размера длины концевой меры. Установлены следующие разряды точности ПКМД – 1, 2, 3, 4 (в порядке убывания точности). Разряд указывают для образцовых ПКМД.

Условное обозначение концевых мер длины.

1. Набор № 2 концевых мер из стали класса точности 1: *Концевые меры 1-Н2 ГОСТ 9038-90*;
2. Набор № 3 концевых мер из твердого сплава класса точности 2: *Концевые меры 2-Н3-Т ГОСТ 9038-90*;
3. Концевая мера длиной 1,49 мм из стали класса точности 3: *Концевая мера 3-1,49 ГОСТ 9038-90*.

Принадлежности к концевым мерам (ГОСТ 4119-76). Предназначены для составления блоков концевых мер с целью обеспечения удобного пользования ими при измерении размеров и выполнении разметочных работ (таблица 1). В комплект принадлежностей к ПКМД входят: державки, основание, стяжки, сухари зажимные, плоскопараллельные боковики, радиусные боковики, центровый боковик, чертильный боковик, трехгранная линейка.

Щупы – предназначены для определения величины зазора между близко расположенными поверхностями. Щупы представляют собой набор стальных пластин определенной толщины (рисунок 2).

Выпускаемые щупы имеют номинальные размеры 0,02 ... 1,0 мм с градацией через 0,01 и 0,05 мм.

Для определения величины зазора подбирают один или несколько щупов и помещают между проверяемыми поверхностями (рисунок 3). При измерении щуп должен перемещаться в зазоре с небольшим усилием, т.е. не должен проваливаться в зазор и перемещаться свободно.

Величина зазора определяется суммарной толщиной набора пластин щупа, полностью вошедших в зазор по всей длине.

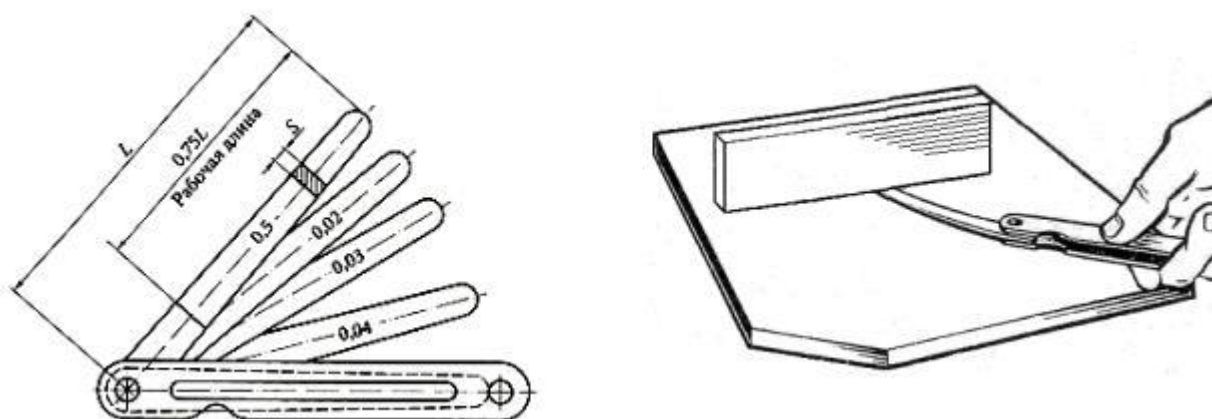


Рисунок 1.1 – Щуп и их применение L – длина щупа, S – толщина щупа

Настройка на размер по блоку концевых мер длины с использованием струбцины широко распространена при контроле внутренних размеров деталей (рисунок 1.2).

Блок концевых мер 5 крепится винтом 1 в струбцине 3 между боковичками 4 и 6. Разрезная гайка 2 служит для быстрого перемещения винта при установке концевых мер в струбцину.

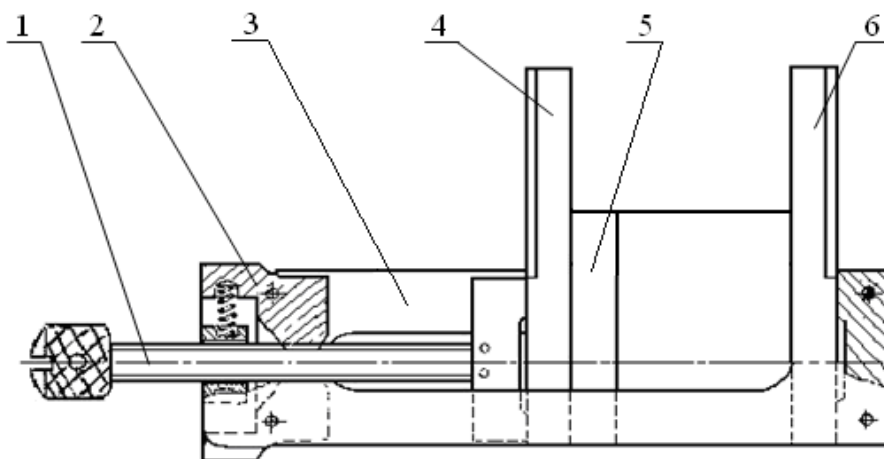


Рисунок 1.2 - Струбцина для концевых мер длины

В таблице 1.1 приведены градации концевых мер длины

Таблица 1.1 – градации концевых мер длины

| Градация | Номинальные размеры, мм |
|----------|-------------------------|
| 0,001    | 0,991; 0,992; 0,993...1 |
| 0,01     | 1,01; 1,02; 1,03...1,49 |
| 0,1      | 1,5; 1,6; 1,7...1,9     |
| 0,5      | 2,0; 2,5; 3,0...25      |
| 1,0      | 1,0; 2,0; 3,0...25      |
| 10       | 10; 20; 30...100        |
| 25       | 125; 150; 175...200     |

### Ход работы

1. Проверить наличие необходимого для проведения работы оборудования и материалов: набора концевых мер длины, гладкого микрометра, ветоши, чистящей жидкости.
2. Изучить набор концевых мер длины. Определить градуацию, класс точности и разряд концевых мер.
3. Очистить концевые меры от смазки, промыть бензином, насухо протереть чистой ветошью.
4. Составить блок из возможно меньшего количества концевых мер длины (не более 4-5), вариант задания выбрать из таблицы.

| Вариант | Размер, мм | Вариант | Размер, мм | Вариант | Размер, мм | Вариант | Размер, мм |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| 1       | 22,350     | 9       | 46,055     | 17      | 15,390     | 25      | 24,390     |
| 2       | 54,390     | 10      | 38,020     | 18      | 22,355     | 26      | 85,645     |
| 3       | 72,355     | 11      | 90,050     | 19      | 56,850     | 27      | 50,050     |
| 4       | 57,250     | 12      | 85,625     | 20      | 18,050     | 28      | 20,850     |
| 5       | 7,555      | 13      | 55,050     | 21      | 9,205      | 29      | 92,650     |
| 6       | 26,420     | 14      | 24,050     | 22      | 18,050     | 30      | 10,300     |
| 7       | 45,020     | 15      | 72,650     | 23      | 32,600     | 31      | 72,550     |
| 8       | 46,055     | 16      | 27,300     | 24      | 63,055     | 32      | 62,545     |

5. Осуществить протирку мер. Для этого, накладывая друг на друга своими измерительными (рабочими) поверхностями примерно на одну треть длинной стороны меры и плотно прижимая, надвигайте меры вдоль длинного ребра до их полного сцепления. Сначала притирайте друг к другу концевые меры малых длин.
6. Осуществите контроль гладкого микрометра при помощи концевых мер длины. Для этого собранный блок установите между пятой и микрометрическим винтом. Отсчитайте показания проверяемого прибора, сравните его с длиной меры по аттестату и определить разность между ними, которая является погрешностью проверяемого средства измерения.
7. Провести 4-5 измерений по микрометру. Результаты измерений занести в таблицу.

| Номер измерения | Длина блока мер $l_1$ , определяемая микрометром, мм | Составленная длина блока мер $l_2$ , мм | Погрешность микрометра $\Delta l_1 = l_1 - l_2$ , мм | Среднее значение погрешности $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta l_1$ , мм |
|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 2               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 3               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 4               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 5               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |

8. После окончания работы разберите блок, промойте меры бензином, протрите чистой сухой салфеткой и уложите в соответствующие гнезда ящика набора.
9. Ответьте на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. С какой целью применяют концевые меры длины?
2. Какие нормируемые параметры концевых мер можете назвать?
3. Сколько существует классов точности концевых мер длины?
4. Что такое притираемость мер?
5. Как составляется блок концевых мер длины?
6. Почему надо стремиться к возможно меньшему количеству концевых мер при составлении блока?
7. С какой целью проводят аттестацию концевых мер длины?
8. Как определяют действительный размер блока концевых мер длины?
9. Приведите примеры использования концевых мер длины.
10. Для каких работ используются принадлежности к концевым мерам длины?
11. Каковы основные правила обращения с концевыми мерами длины?

### Лабораторная работа №2. Измерение линейных размеров деталей с использованием штриховых инструментов

**Цель работы:** Приобретение навыков контроля деталей транспортных средств с использованием штрихового инструмента.

#### Общие положения

Штриховые инструменты применяют для измерения линейных размеров деталей. Основными элементами штриховых инструментов являются штанга со шкалой и нониус, который показывает точность измерения.

Выбор типа штрихового инструмента зависит от вида контролируемой поверхности: внутренняя, наружная.

Штангенциркули предназначены для контроля наружных и внутренних поверхностей, измерения глубины отверстия.

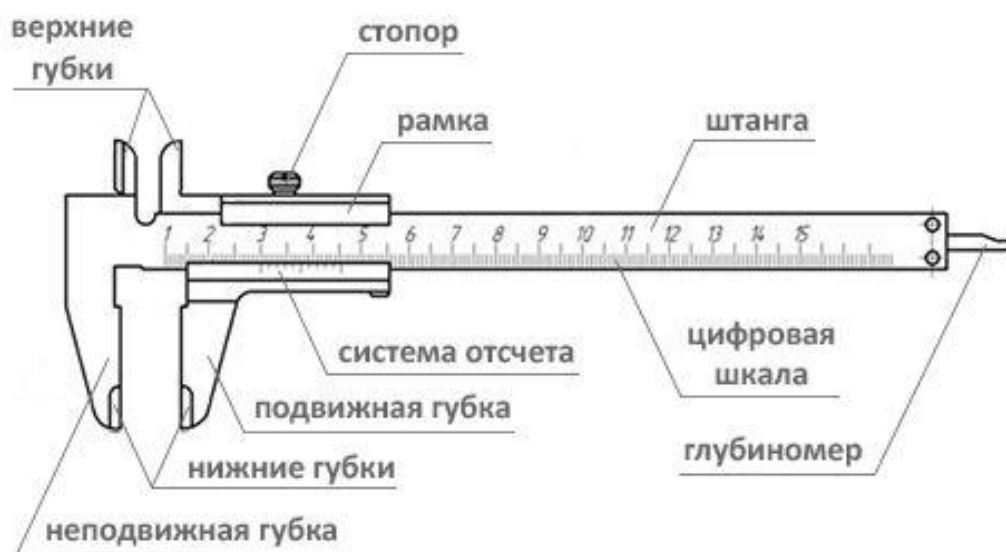


Рисунок 2.1- Устройство штангенциркуля

При соприкасающихся губках штангенциркуля первое слева (нулевое) деление нониуса совпадает с нулевым делением штанги, а торец глубиномера совпадает с торцом штанги. Для получения размера, фиксируемого штангенциркулем, устанавливаю, на каком месте шкалы штанги находится нулевой штрих нониуса, по шкале штанги определяют, сколько целых миллиметров содержится в определенном размере. По шкале нониуса десятые и сотые доли миллиметра.

Определенный штангенциркулем размер содержит целое число миллиметров, читаемое по шкале штанги, и число десятых долей миллиметра, равное номеру деления нониуса, совпадающего с каким-либо делением штанги.

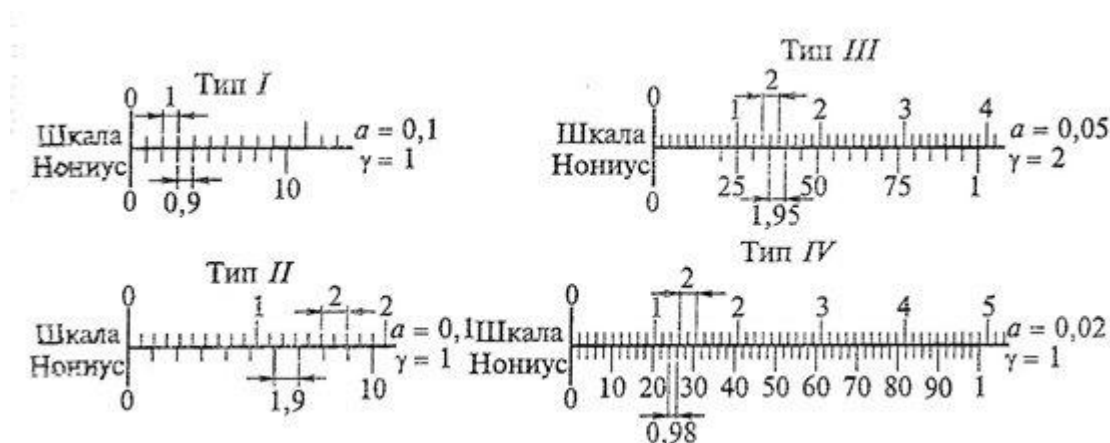


Рисунок 2.2- Типы нониусов

Штангенциркули следует изготавливать с отсчетом по нониусу (ШЦ) или с отсчетом по круговой шкале (ШЦК) (рисунок 2.3), или с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ) (рисунок 2.4).

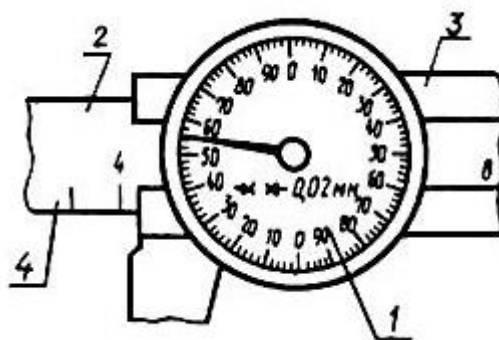


Рисунок 2.3- Штангенцикуль с отсчетом по круговой шкале: 1 - круговая шкала отсчетного устройства; 2 - штанга; 3 - рамка; 4 - шкала штанги

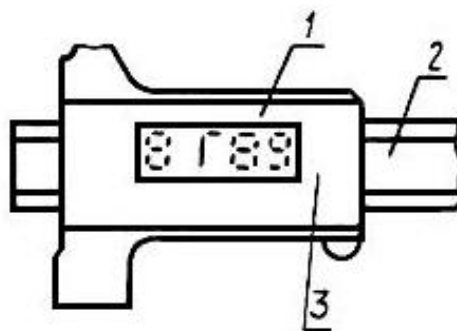


Рисунок 2.4- Штангенциркуль с цифровым отсчетным устройством: 1 - цифровое отсчетное устройство; 2 - штанга; 3 – рамка

Различают следующие типы штангенциркулей: ШЦ- 1, ШЦ-3, ШЦК-1, ШЦЦ-1.

Штангенциркуль ШЦ-1 имеет губки для наружных и внутренних измерений и линейку глубиномера.

Штангенциркуль ШЦ-3 для плоскостной разметки имеет острые окончания губок. Губки имеют дополнительные поверхности для наружных и внутренних измерений. Штангенциркуль ШЦ-3 оснащен микроподачей для плавного подведения губок к поверхности измерений детали. Микроподача состоит из рамки и винта.

Штангенциркуль ШЦК-1 для отсчета показаний вместо нониуса имеет отсчетную стрелочную головку с круговой шкалой.

Штангенциркуль ШЦЦ-1 является штангенциркулем с отсчетом по электронному цифровому устройству с показанием измерения на панели цифровой индикации.

В таблице 2.1 приведены характеристики разных моделей штангенциркулей.

Таблица 2.1 характеристики различных моделей штангенциркулей

| Тип модели  | Пределы измерения шкалы, мм | Цена деления, мм | Предел допустимой погрешности при классе точности, мкм |             |
|-------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------------------------|-------------|
|             |                             |                  | 0 и 1                                                  | 2           |
| ШЦ-1, ШЦТ-1 | 0...125                     | 0,1              | ±0,05                                                  | -           |
| ШЦ-2, ШЦ-3  | 0...160                     | 0,1;0,01         | ±0,05                                                  | -           |
|             | 0...200                     | 0,05             |                                                        |             |
|             | 0...250                     |                  |                                                        |             |
| ШЦ-3        | 0...315                     | 0,1              | 0,06                                                   | 0...100     |
|             | 0...400                     |                  | 0,07                                                   | 100...200   |
|             | 0...500                     |                  | 0,08                                                   | 200...250   |
| ШЦ-3        | 250...630                   | 0,1              | 0,08                                                   | 250...300   |
|             | 250..800                    |                  | 0,09                                                   | 300...400   |
|             | 320..1000                   |                  | 0,1                                                    | 400...1000  |
|             | 500...1250                  |                  | 0,16                                                   | 1000...1200 |
|             | 500...1600                  |                  | 0,17                                                   | 1200...1300 |
|             | 500...1000                  |                  | 0,18                                                   | 1300...1400 |
|             | 800...2000                  |                  | 0,2                                                    | 1400...2000 |

Примеры обозначения штангенциркулей.

Штангенциркуль типа 2 с диапазоном измерения 250 мм и значением отсчета по нониусу 0,05 ГОСТ 166-89: *Штангенциркуль ШЦ-2-250-0,05 ГОСТ 166-89.*

Штангенциркуль типа 3 с диапазоном измерения 250...630 мм и значением отсчета по нониусу 0,1 ГОСТ 166-89: *Штангенциркуль ШЦ-3-250-630-0,1 ГОСТ 166-89.*

В настоящее время широкое распространение получают штангенциркули со встроенным жидкокристаллическим дисплеем, например, электронный штангенциркуль ШЦЦ-200 (0...200 мм). Прибор имеет возможность установки нуля в любой позиции, а также вывод информации через интерфейс. Диапазон измерений и размеры электронного штангенциркуля ШЦЦ-200 приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2- Диапазон измерений и размеры штангенциркуля ШЦЦ-200

| Диапазон измерений | H  | H <sub>1</sub> | B  | D   | T |
|--------------------|----|----------------|----|-----|---|
| 20...170           | 40 | 25             | 20 | 1   | 3 |
| 25...225           | 50 | 35             | 25 | 1   | 4 |
| 30...330           | 60 | 45             | 30 | 1,5 | 5 |

*Примечание:* H- высота губок; H<sub>1</sub>-рабочая длина губок; B- общий вылет губок; D- толщина губок; T-ширина губок.

Дискретность дисплея- 0,01/0,001 мм/дюйм; предел допустимой погрешности, мм  $\pm 0,03$  (0...200);  $\pm 0,04$  (0...300); система измерения линейная.

### Ход работы

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов: штангенциркуля, детали для измерений.
2. Изучите устройство и принцип действия штангенциркуля.
3. Определите метрологические показатели штангенциркуля, укажите его тип. Результаты занесите в таблицу.

| Метрологический показатель    | Величина, мм |
|-------------------------------|--------------|
| Деление шкалы прибора         |              |
| Интервал деления шкалы        |              |
| Диапазон показаний            |              |
| Диапазон измерений            |              |
| Предел измерений              |              |
| Предел допустимой погрешности |              |
| Погрешность измерений         |              |
| Точность измерений            |              |
| Точность прибора              |              |
| Поправки                      |              |

4. Установите контролируемую деталь между положениями губок. На контролируемый размер детали должен быть задан соответствующий допуск.
5. На шкале штанги определите положение нулевого штриха нониуса.

6. По шкале штанги определите, сколько целых миллиметров содержится в определенном размере.

7. По шкале нониуса определите штрих, который совпадает с одним из штрихов шкалы штанги, и добавьте к ранее полученному размеру.

8. Результаты измерения занесите в таблицу. Выполните пять измерений.

| Номер измерения         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|---|---|---|---|---|
| Результат измерения, мм |   |   |   |   |   |

9. Определите среднее значение погрешности штангенциркуля. Результаты занесите в таблицу.

| Номер измерения | Длина блока мер $l_1$ , определяемая микрометром, мм | Составленная длина блока мер $l_2$ , мм | Погрешность микрометра $\Delta l_1 = l_1 - l_2$ , мм | Среднее значение погрешности $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta l_1$ , мм |
|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 2               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 3               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 4               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 5               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |

10. Дайте оценку процессу контроля точности с учетом метрологических показателей штангенциркуля. Для этого сопоставьте величину погрешности измерения с величиной заданной погрешности измерения  $\delta$ . С помощью имеющегося штангенциркуля можно контролировать выданную деталь, если величина погрешности штангенциркуля не превышает величину допускаемой погрешности  $\delta$  на контролируемый размер.

Затем по критерию годности определите, соответствуют ли заданному допуску величины контролируемых размеров. Если допуск на контролируемый размер не задан, то его можно принять равным Н6. Величину указанного допуска можно определить по таблице в зависимости от величины номинального диаметра.

| Номинальный размер, мм | Квалитет |                |         |                |         |                |         |                |
|------------------------|----------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
|                        | 5        |                | 6       |                | 7       |                | 8       |                |
|                        | IT, мкм  | $\delta$ , мкм | IT, мкм | $\delta$ , мкм | IT, мкм | $\delta$ , мкм | IT, мкм | $\delta$ , мкм |
| Свыше 1 до 3           | 4,0      | 1,4            | 6,0     | 1,4            | 10,0    | 3,0            | 14,0    | 6,0            |
| Свыше 3 до 6           | 5,0      | 1,6            | 8,0     | 2,0            | 12,0    | 3,0            | 18,0    | 8,0            |
| Свыше 6 до 10          | 6,0      | 2,0            | 9,0     | 2,0            | 15,0    | 4,0            | 22,0    | 9,0            |
| Свыше 18 до 30         | 8,0      | 2,8            | 11,0    | 3,0            | 18,0    | 5,0            | 27,0    | 10,0           |
| Свыше 30 до 50         | 9,0      | 3,0            | 13,0    | 4,0            | 21,0    | 6,0            | 33,0    | 12,0           |
| Свыше 50 до 80         | 11,0     | 4,0            | 16,0    | 5,0            | 25,0    | 7,0            | 39,0    | 16,0           |
| Свыше 80 до 120        | 13,0     | 4,0            | 19,0    | 5,0            | 30,0    | 9,0            | 46,0    | 18,0           |
| Свыше 120 до 180       | 15,0     | 5,0            | 22,0    | 6,0            | 35,0    | 10,0           | 54,0    | 20,0           |

11. Ответьте на контрольные вопросы.

12. Напишите вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие штангенинструменты предназначены для контроля крупногабаритных деталей?
2. Какие штангенинструменты предназначены для контроля деталей небольших размеров?
3. Какие ограничения существуют при подборе типа штангенциркуля? От чего зависит точность штангенциркуля?
4. Какой тип штангенциркуля можно подобрать для контроля размера детали с указанной точностью? Как определить требуемую точность измерения?
5. Укажите тип штангенциркуля, при помощи которого можно контролировать внутренние размеры деталей.
6. Какие возможности дает применение штангенциркулей с жидкокристаллическим дисплеем?

### **Лабораторная работа №3. Измерение отклонений формы цилиндрических поверхностей деталей гладким микрометром**

**Цель работы:** Изучения способов контроля точности формы поверхностей, приобретение навыков контроля точности формы.

#### **Общее положение**

Отклонение от прямолинейности о плоскостности контролируют лекальной линейкой, измерительной головкой поверочными плитами на краску, оптическими линейками и самопишущими приборами, отклонение от круглости- кругломерами.

Для этого необходимо осуществить измерение детали по нескольким точкам: при определении отклонения от круглости измерит диаметр контролируемой поверхности в одном сечении, при определении отклонения от цилиндричности- в продольном направлении.

Гладкий микрометр является универсальным средством контроля.

Установка на нуль микрометра с пределами измерений 0...25 мм производится гайками. Микрометр для измерений свыше 25 мм выставляют на нижний предел измерения по прилагаемой к каждому микрометру установочной мере.

Гладкий микрометр позволяет осуществлять замер с погрешностью 0,025...0,20 мм, обеспечивает точность измерения до 0,01 мм и состоит из скобы, пятки, стебля, микрометрического винта, барабана, трещотки и стопора.

На стебле, неподвижно соединенным со скобой, имеется шкала, состоящая из риски, расположенной по образующей стебля, и штрихов, которые перпендикулярны к риске. Штрихи под риской расположены через 1 мм, над риской- точно на середине между любым нижним штрихом и соседним с ним верхним.

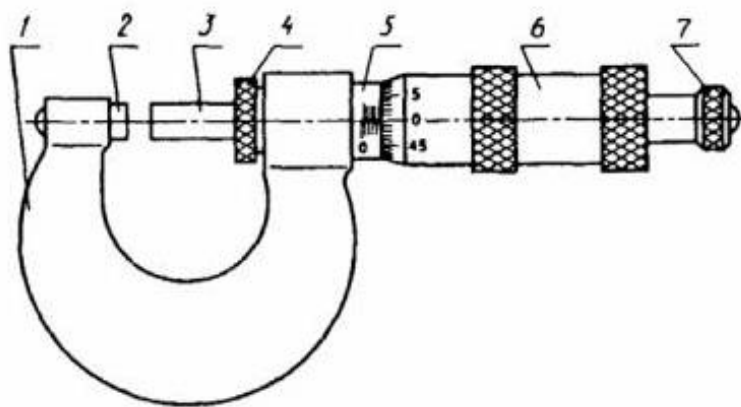


Рисунок 3.1 – Устройство микрометра: 1 – скоба, 2 – пятка, 3- микрометрический винт, 4 – стопор, 5 – стебель, 6 – барабан, 7 – трещотка

Конец микрометрического винта является подвижным упором; стопор служит для зажима винта в нужном положении. Барабан представляет собой муфту, надетую на стебель; левая часть барабана сточена по конусу.

По образующим конуса сделано 50 равномерно расположенных штрихов. За один оборот барабана микрометрический винт и барабан продвигаются по направлению оси на 0,5 мм – это одно расстояние между соседними нижним и верхним штрихами шкалы стебля. Следовательно, при повороте барабана на одно деление конуса (на  $1/50$  часть оборота) микрометрический винт и барабан продвинутся на  $1/50$  часть от 0,5 мм, т.е. на 0,01 мм.

При изменении микрометром деталь помещают между пяткой и концом микрометрического винта. Затем поворачивают барабан, приближая конец микрометрического винта настолько, чтобы винт едва касался детали. Дальше движение микрометрического винта осуществляют трещоткой, которая ограничивает давление винта на измеряемую деталь. Когда торец винта плотно прижимается к поверхности детали и послышится характерное потрескивание, вращение барабана прекращают, винт застопоривают и читают значение размера. Целое число миллиметров равно количеству видимых под рисккой делений шкалы стебля (не считая нулевого деления). Затем смотрят на деление над рисккой правее последнего видимого нижнего штриха. Если такой штрих виден, то это означает, что к полученному целому числу миллиметров нужно добавить 0,5 мм; если такой штрих не виден, то определяют далее, какой штрих на конусе барабана совпадает с горизонтальной рисккой стебля, и получают сотые доли миллиметра, добавляя их к ранее полученным измерениям.

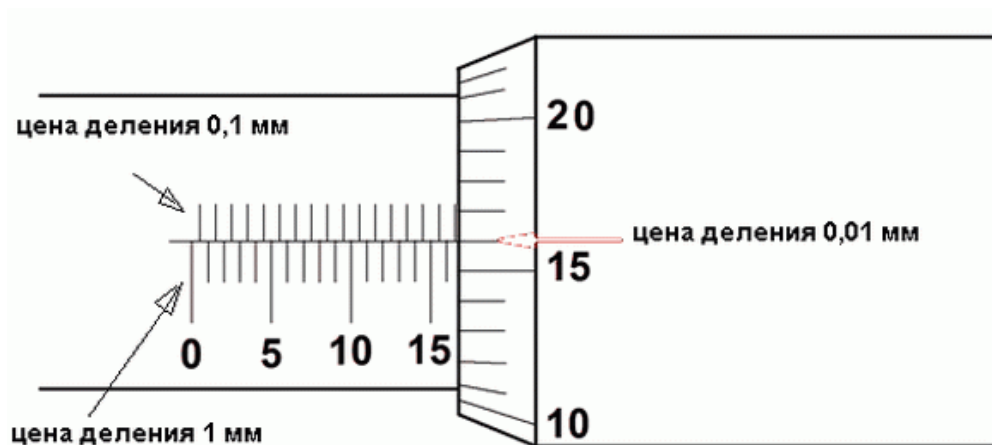


Рисунок 3.2 – Определение показаний гладкого микрометра

В таблице 3.1 приведены характеристики гладкого микрометра мод. МК ГОСТ 6507-78.

Таблица 3.1 – Характеристики гладкого микрометра мод. МК

| Диапазон измерения,<br>мм | Предел допустимой погрешности, мм, при классе точности |        |       |
|---------------------------|--------------------------------------------------------|--------|-------|
|                           | 0                                                      | 1      | 2     |
| 25...50                   | -                                                      | 0,002  | 0,004 |
| 50...75                   |                                                        |        |       |
| 75...100                  |                                                        |        |       |
| 100...125                 | -                                                      | 0,0025 | 0,004 |
| 125...150                 |                                                        |        |       |
| 150...175                 |                                                        |        |       |
| 175...200                 | -                                                      | 0,003  | 0,005 |
| 200...225                 |                                                        |        |       |
| 225...250                 |                                                        |        |       |
| 250...275                 | -                                                      | 0,004  | 0,006 |
| 275...300                 |                                                        |        |       |
| 300...400                 | -                                                      | 0,005  | 0,008 |
| 400...500                 |                                                        |        |       |
| 500...600                 |                                                        |        |       |

*Примечание. Цена деления микрометра 0,01 мм.*

Пример обозначения: гладкий микрометр с диапазоном измерения 50 мм, класса точности 1: *Микрометр МК-50-1 ГОСТ 6507-78.*

Микрометр с аналоговым отсчетом представлен различными моделями, в том числе оснащенные механическим индикатором с цифровой индикацией. Преимущества микрометров с аналоговым отсчетом следующие: аналоговая индикация полных миллиметров, сотых и долей сотых; точное быстрое считывание десятых долей миллиметра; беспараллаксное считывание тысячных долей миллиметра по нониусу.

В таблице 3.2 приведены сведения о микрометрах некоторых серий.

Таблица 3.2 – Технические характеристики некоторых серий микрометров

| Показатель                                       | 40EW,<br>40EXL | 40EX | 40SH/SC,<br>40SD/40A | 40AG,<br>40AW | 40T,<br>40FC | 40AB/<br>40AS/<br>40AR/<br>40AW |
|--------------------------------------------------|----------------|------|----------------------|---------------|--------------|---------------------------------|
| Индикация показаний, дюйм и мм                   | +              | +    |                      |               |              |                                 |
| Возможность абсолютных и относительных координат | +              | +    |                      |               |              |                                 |
| Установка нуля в любой точке измерения           | +              | +    |                      |               |              |                                 |
| Материал сменных наконечников                    | ТС             | ТС   | ТС                   | ТС            |              | ТС                              |
| Встроенная трещотка                              | +              | +    | +                    | +             | +            | +                               |
| Высокая стабильность                             | +              | +    | +                    | +             | +            |                                 |
| Фиксатор                                         |                |      | +                    | +             | +            | +                               |

*Примечание. ТС- твердый сплав.*

### Ход работы

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов: микрометра, деталей для измерения (на контролируемый размер должен быть задан соответствующий допуск).
2. Изучите устройство и принцип действия гладкого микрометра.
3. Определите метрологические показатели гладкого микрометра, укажите его тип. Результаты занесите в таблицу.

| Метрологический показатель    | Величина, мм |
|-------------------------------|--------------|
| Деление шкалы прибора         |              |
| Интервал деления шкалы        |              |
| Диапазон показаний            |              |
| Диапазон измерений            |              |
| Предел измерений              |              |
| Предел допустимой погрешности |              |
| Погрешность измерений         |              |
| Точность измерений            |              |
| Точность прибора              |              |
| Поправки                      |              |

4. Изобразите эскиз гладкого микрометра.
5. Изобразите эскиз контролируемой детали.

6. Выполните измерения диаметра детали по пяти точкам только одной поверхности, Расположение точек должно быть строго в определенной последовательности, одна за другой (при этом можно выявить вогнутость или выпуклость поверхности, огранку и т.д.). Результаты измерений занесите в таблицу.

|                         |   |   |   |   |   |
|-------------------------|---|---|---|---|---|
| Номер измерения         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Результат измерения, мм |   |   |   |   |   |

7. Определите среднее значение погрешности гладкого микрометра. Результаты занесите в таблицу.

| Номер измерения | Длина блока мер $I_1$ , определяемая микрометром, мм | Составленная длина блока мер $I_2$ , мм | Погрешность микрометра $\Delta I_1 = I_1 - I_2$ , мм | Среднее значение погрешности $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_1$ , мм |
|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 2               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 3               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 4               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 5               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |

8. Дайте оценку процессу контроля точности с учетом метрологических показателей гладкого микрометра. Для этого сопоставьте величину погрешности измерения с величиной заданной погрешности измерения  $\delta$ . С помощью имеющегося микрометра можно контролировать выданную деталь, если величина погрешности микрометра не превышает величину допускаемой погрешности  $\delta$  на контролируемый размер.

9. Ответьте на контрольные вопросы.

10. Сформулируйте вывод по результатам работы.

#### Контрольные вопросы

1. Какие отклонения от округлости вам известны?
2. Какие виды отклонения от цилиндричности вы знаете?
3. Каким образом осуществляют контроль отклонений от круглости и цилиндричности при помощи гладкого микрометра?
4. Какой способ контроля дает более точные представления о плоскостности и параллельности?
5. Можно ли выявить отклонения от плоскостности и параллельности при помощи гладкого микрометра?

#### Лабораторная работа №4. Контроль размеров цилиндрических поверхностей с применением нутромеров

**Цель работы:** приобретение навыков контроля внутренних размеров гильзы при помощи индикаторных нутромеров.

### Общее положение

Основанием индикаторного нутромера является трубка с теплоизоляционной рукояткой. В верхней части трубки находится присоединительное отверстие с зажимом, в которое вводится и закрепляется гильза корпуса отсеченной стрелочной измерительной головки. В большинстве случаев для этого используется индикатор часового типа; цена деления – 1 или 2 мкм.

В нижней части основания-трубки расположена головка прибора, состоящая из корпуса, центрирующего мостика и воспринимающих измерительных стержней-наконечников - жесткого и неподвижного. Движение наконечника передается измерительному наконечнику, далее по стержню измерительной стрелочной головки через рычаг и шток. Центрирующий мостик совмещает ось измерения нутромера, которая является общей осью измерительных стержней-наконечников и, с диаметром отверстия измеряемой детали. Необходимо покачать нутромер в осевой плоскости в продольном сечении и определить при этом минимальное положение по стрелке измерительной головки, т.е. положение, при котором ось измерения нутромера перпендикулярна к обеим образующим измеряемого отверстия, при этом будет зафиксирован действительный размер отверстия в измеряемом сечении.

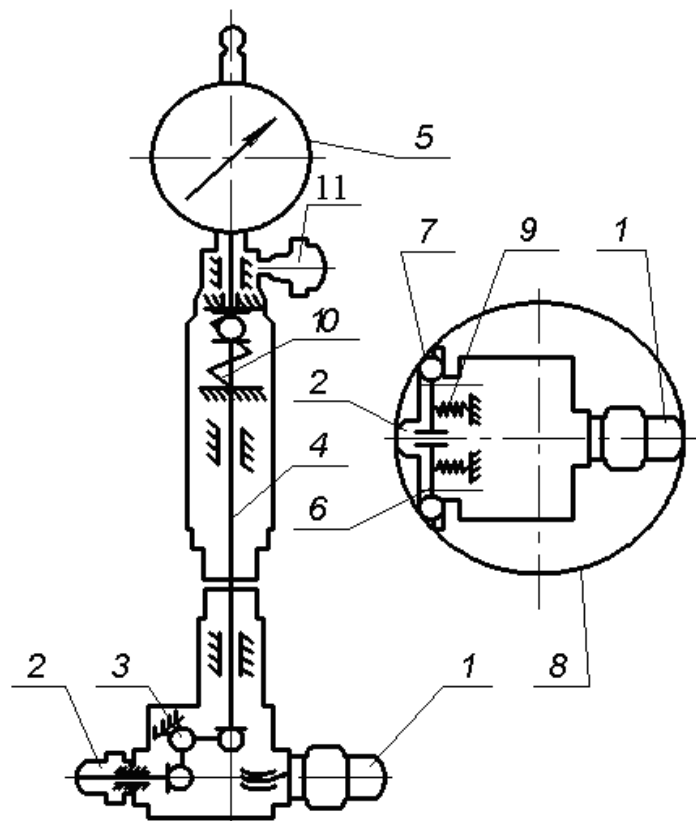


Рисунок 4.1- Кинематическая схема нутромера

Измерение отверстий диаметром 3...18 мм выполняют с помощью нутромеров с шариковыми вставками. В них применяют сменные измерительные вставки, в которых вдоль оси движется шток, имеющий снизу коническую поверхность, опирающуюся в две пары шариков. Шарики одной пары по диаметру больше шариков другой пары на 0,01 мм, потому они первыми входят в контакт с поверхностью измеряемого отверстия и передают возникшее измерительное усилие штоку. Верхний конец представляет собой плоский торец, в который упирается измерительный наконечник, отсеченный стрелочной головки. Ее показания равны величине подвижного штока.

Рычажный нутромер (рисунок 4.1) состоит из измерительной головки 5 и корпуса 6 с ручкой, оканчивающегося тройником с измерительными наконечниками 1 и 2 и центрирующим мостиком 7. Перемещение чувствительного измерительного наконечника 2 через рычаг 3, и стержень 4 воспринимается измерительной головкой 5, закрепленной в хомутике стопорным винтом 11. Пружина 10 создает измерительное усилие и обеспечивает надежный контакт измерительных наконечников с измеряемой деталью 8. Центрирующий мостик 7 необходим для такой установки нутромера, при которой измерительные наконечники располагались бы не по хорде, а по диаметру измеряемого отверстия. Центрирующий мостик прижимается к детали пружинами 9.

Сменный базирующий стержень 1 закрепляется в тройнике гайкой. Путем использования различных размеров сменных измерительных наконечников 1, отличающихся друг от друга на 2 мм, и подкладываемых под них сменных шайб толщиной 0,5 и 1 мм подбирают настроечный размер в соответствии с диаметром измеряемого отверстия.

Цена деления нутромера определяется ценой деления измерительной головки и составляет 0,01 мм, если он оснащен индикатором часового типа ИЧ-10 или 0,002 мм, если он оснащен рычажно-зубчатой головкой типа ИГ.

Таблица 4.1 – Основные параметры индикаторных нутромеров

| Нутромеры с центрирующим мостиком |                                                                                            |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Диапазоны измерений, мм           | 6...10; 10...18; 18...50; 50...100; 100...160; 160...250; 250...450; 450...700; 700...1000 |
| Цена деления, мм                  | 0,01                                                                                       |
| Нутромеры с шариковыми вставками  |                                                                                            |
| Диапазоны измерений, мм           | 3...6; 6...10; 10...18;                                                                    |
| Цена деления, мм                  | 1;2                                                                                        |

*Примечание. Цена деления нутромера меняется в зависимости от устанавливаемой на нем измерительной стрелочной отсчетной головки.*

Пример обозначения нутромера: нутромер типа НИ6 с диапазоном измерения 10 мм с ценой деления шкалы 0,01 мм: *Нутромер НИ 6-10-0,01 ГОСТ 868-82.*

### Ход работы

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов: индикаторного нутромера, детали для измерений.
2. Изучите устройство и принцип действия индикаторного нутромера.
3. Определите метрологические показатели индикаторного нутромера, укажите его тип. Результаты занесите в таблицу.

| Метрологический показатель    | Величина, мм |
|-------------------------------|--------------|
| Деление шкалы прибора         |              |
| Интервал деления шкалы        |              |
| Диапазон показаний            |              |
| Диапазон измерений            |              |
| Предел измерений              |              |
| Предел допустимой погрешности |              |
| Погрешность измерений         |              |
| Точность измерений            |              |
| Точность прибора              |              |
| Поправки                      |              |

4. Настройте индикаторный нутромер на размер и положение «0».
5. Выполните контроль размеров внутренних размеров деталей. Результаты измерений занесите в таблицу

| Номер измерения         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------|---|---|---|---|---|
| Результат измерения, мм |   |   |   |   |   |

6. Определите среднее значение погрешности индикаторного нутромера. Результаты занесите в таблицу.

| Номер измерения | Длина блока мер $l_1$ , определяемая микрометром, мм | Составленная длина блока мер $l_2$ , мм | Погрешность микрометра $\Delta l_1 = l_1 - l_2$ , мм | Среднее значение погрешности $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta l_1$ , мм |
|-----------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 2               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 3               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 4               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |
| 5               |                                                      |                                         |                                                      |                                                                         |

7. Дайте оценку процессу контроля точности с учетом метрологических показателей индикаторного нутромера. Для этого сопоставьте величину погрешности измерения с величиной заданной погрешности измерения  $\delta$ . С помощью имеющегося штангенциркуля можно контролировать выданную деталь, если величина погрешности индикаторного нутромера не превышает величину допускаемой погрешности  $\delta$  на контролируемый размер.
8. Затем по критерию годности определите, соответствуют ли заданному допуску величины контролируемых размеров. Для этого сопоставьте величину погрешности

измерения с величиной заданного допуска. Если допуск на контролируемый размер не задан, то его можно принять равным Н7.

9. Ответьте на контрольные вопросы.

10. Напишите вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие поверхности контролируют индикаторным нутромером?
2. Можно ли измерить глубину отверстия при помощи индикаторного нутромера?
3. Что определяет погрешность измерения индикаторного нутромера?
4. Каким образом осуществляют контроль индикаторным нутромером?

### **Лабораторная работа №5. Измерение размеров деталей с помощью индикаторных средств измерений**

**Цель работы:** Приобретение навыков измерения размеров деталей с помощью индикаторных средств измерений.

#### **Общие положения**

К индикаторным относятся приборы, в которых измерительными головками являются индикаторы. На практике наиболее часто применяются индикаторные скобы, индикаторные нутромеры, индикаторные глубиномеры, а также штативы и стойки с индикаторами для измерения размеров деталей, отклонений формы и расположения поверхностей. Индикаторы и индикаторные приборы относятся к группе рычажно-механических приборов.

Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм является наиболее распространенными измерительными головками. Принцип их действия основан на преобразовании возвратно–поступательного движения измерительного стержня во вращательное движение стрелки при помощи зубчатого передаточного механизма.

Схема индикатора представлена на рисунке 5.1.

Общий вид индикатора часового типа (тип ИЧ) представлен на рисунке 5.2.

Индикаторы часового типа предназначены для использования в цеховых условиях при выполнении операций технологических процессов изготовления, сборки и испытания изделий. Индикаторы часового типа выпускают двух исполнений: типа ИЧ – с перемещением стержня параллельно шкале (рисунок 5.2) и типа ИТ – с перемещением стержня перпендикулярно шкале.

На лицевой стороне индикаторов часового типа (рисунок 5.2) имеются две шкалы: большая шкала 1 с нанесенными на ней 100 делениями с ценой деления 0,01 мм и малая шкала с миллиметровыми делениями. Перемещение измерительного стержня 9 на 1 мм вызывает поворот большой стрелки на 360° и малой стрелки 8 на одно деление, т.е. на 1 мм.

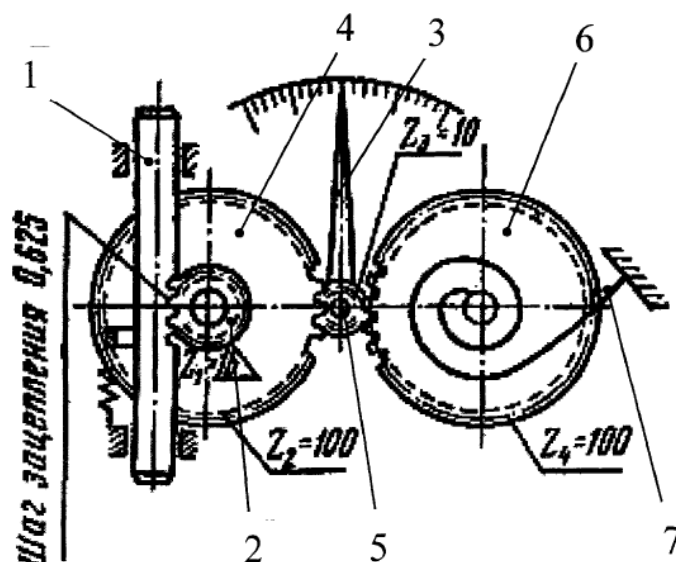


Рисунок 4.1. Кинематическая схема индикатора: 1 – измерительный стержень; 2,4,5,6 – зубчатые колеса; 3 – основная (большая) стрелка; 7 – спиральная пружина

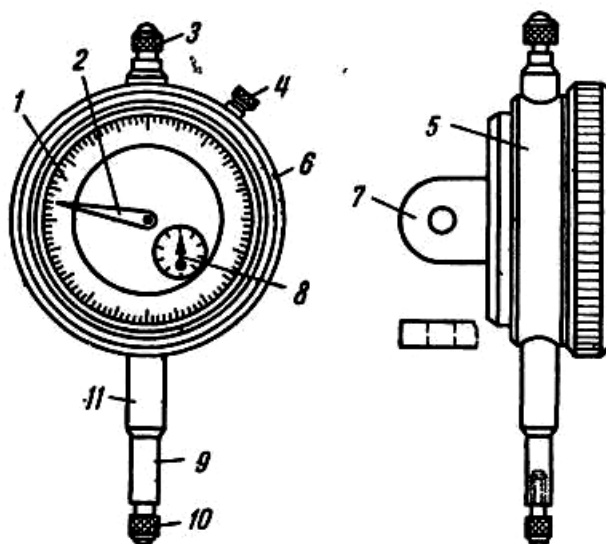


Рисунок 4.2 - Индикатор часового типа: 1 – большая шкала; 2 – стрелка; 3 – головка измерительного стержня; 4 – стопор; 5 – корпус; 6 – ободок; 7 – ушко; 8 – указатель чисел оборотов (целых мм); 9 – измерительный стержень; 10 – наконечник; 11 – гильза

Шкала большой стрелки вместе с рифлёным ободком поворачивается относительно корпуса головки, таким образом, любое значение шкалы совмещается с концом стрелки 2. При чтении размеров по шкалам индикатора часового типа целое число миллиметров отсчитывается стрелкой указателя оборотов по малой шкале. Сотые доли миллиметров отсчитываются стрелкой по большой шкале. На практике также находят применение многооборотные индикаторы повышенной точности (рычажно-зубчатые измерительные головки) 1МИГ и 2МИГ с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм, однооборотные рычажно-зубчатые головки типа 1ИГ и 2ИГ с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм.

Индикаторы применяют для измерения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей при закреплении их в стойках, штативах или в специальных приспособлениях.

На рисунок 5.3 представлены штативы и примеры закрепления в них индикаторов часового типа. Штативы с магнитным основанием отличаются от штативов других типов постоянными магнитами, встроенными в основание штативов. Посредством этих магнитов штативы удерживаются на стальных и чугунных изделиях без дополнительного закрепления. Включение магнитов в основании штатива приводится рычагом 7.

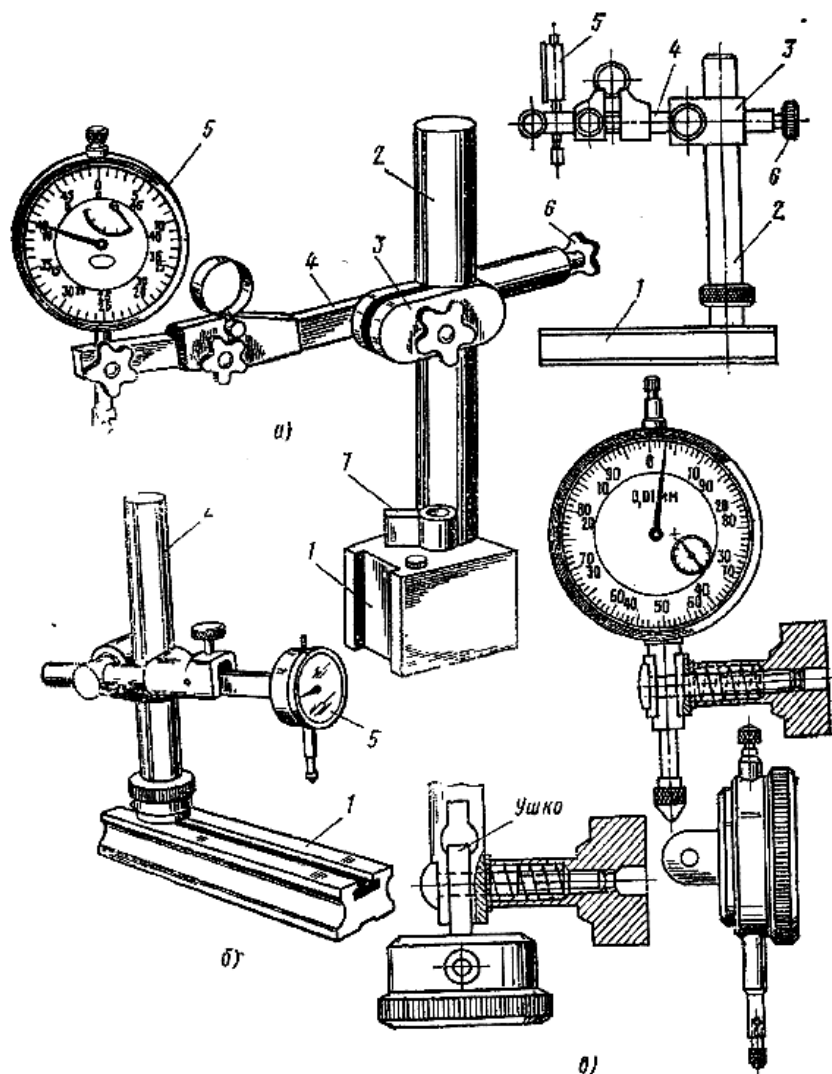


Рисунок 5.3 - Штативы типа ШМ-II (а), Ш-II (б) и примеры закрепления в них индикаторов часового типа (в): 1 – основание; 2 – колонка; 3 – муфта; 4 – стержень; 5 – измерительная головка; 6 – винт микроподачи; 7 – рычаг включения магнитов

### Ход работы

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов: индикатора часового типа, детали для измерений, индикаторной стойки.

- Изучите устройство и принцип действия индикатора часового типа.
- Определите метрологические показатели индикатора часового типа, укажите его тип. Результаты занесите в таблицу.

| Метрологический показатель    | Величина, мм |
|-------------------------------|--------------|
| Деление шкалы прибора         |              |
| Интервал деления шкалы        |              |
| Диапазон показаний            |              |
| Диапазон измерений            |              |
| Предел измерений              |              |
| Предел допустимой погрешности |              |
| Погрешность измерений         |              |
| Точность измерений            |              |
| Точность прибора              |              |
| Поправки                      |              |

- Настройте индикатора часового типа на положение «0».
- Выполните контроль размеров наружных размеров деталей. Результаты измерений занесите в таблицу.

|                         |   |   |   |   |   |
|-------------------------|---|---|---|---|---|
| Номер измерения         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Результат измерения, мм |   |   |   |   |   |

- Ответьте на контрольные вопросы.
- Напишите вывод.

### Контрольные вопросы

- Принципиальное устройство индикатора часового типа.
- Основные микрометрические показатели индикатора часового типа (пределы измерения, точность отсчетов, расположение аттестованного участка шкалы).
- Как проверить точность показателей индикаторов?
- Область применения индикаторов.

## Лабораторная работа №6. Измерение размеров деталей с помощью рычажной скобы

**Цель работы:** Приобретение навыков измерения размеров деталей с помощью рычажной скобы.

### Общие положения

Рычажная скоба – предназначена для измерения внешних диаметров. В рычажных скобах (рисунок 6.1) в процессе измерения подвижная пятка 9, перемещаясь, воздействует на измерительный рычаг 11, зубчатый сектор которого поворачивает зубчатое колесо 4 и стрелку 1, неподвижно закрепленную на его оси. Спиральная пружина 3 постоянно прижимает зубчатое колесо к зубчатому сектору, устраняя таким образом зазор. Микровинт для настройки 8 служит для установки прибора на нуль по блоку концевых мер. Промышленность выпускает также рычажные скобы с цифровым отсчетом измеряемой величины в миллиметрах, десятых и сотых долях миллиметра.

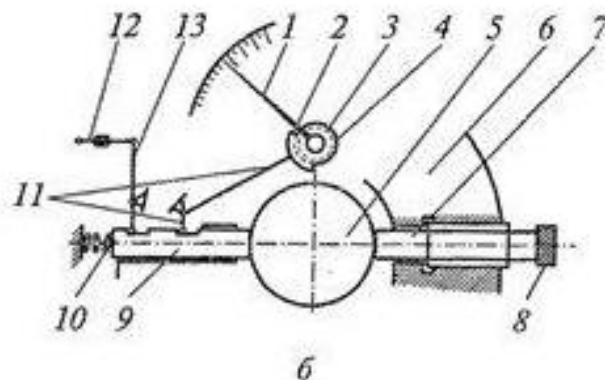
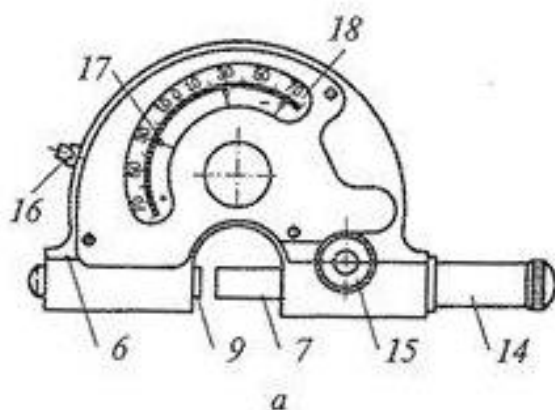


Рисунок 6.1 - Рычажная скоба (а) и ее схема (б): 1– стрелка; 2 – зубчатый сектор; 3 – спиральная пружина; 4 – зубчатое колесо; 5 – объект измерения; 6 – корпус; 7 – неподвижная (регулируемая) пятка; 8 – микровинт для настройки; 9 – подвижная пятка; 10 – пружина; 11 – измерительный рычаг; 12 – стержень арретира; 13 – рычаг арретира; 14 – предохранительный чехол; 15 – гайка фиксатора; 16 – кнопка арретира; 17 – шкала; 18 – указатель предела действительных отклонений

### Ход работы

1. Проверьте наличие необходимого для проведения работы оборудования и образцов: рычажной скобы, детали для измерений.
2. Изучите устройство и принцип действия рычажной скобы.
3. Определите метрологические показатели рычажной скобы, укажите ее тип. Результаты занесите в таблицу.

| Метрологический показатель    | Величина, мм |
|-------------------------------|--------------|
| Деление шкалы прибора         |              |
| Интервал деления шкалы        |              |
| Диапазон показаний            |              |
| Диапазон измерений            |              |
| Предел измерений              |              |
| Предел допустимой погрешности |              |
| Погрешность измерений         |              |
| Точность измерений            |              |
| Точность прибора              |              |
| Поправки                      |              |

4. Настройте рычажную скобу на положение «0».
5. Выполните контроль размеров наружных размеров деталей. Результаты измерений занесите в таблицу.

|                         |   |   |   |   |   |
|-------------------------|---|---|---|---|---|
| Номер измерения         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Результат измерения, мм |   |   |   |   |   |

6. Ответьте на контрольные вопросы.
7. Напишите вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Принципиальное устройство рычажной скобы.
2. Основные микрометрические показатели рычажной скобы (пределы измерения, точность отсчетов, расположение аттестованного участка шкалы).
3. Как проверить точность показателей рычажной скобы?

### **Список рекомендованной литературы**

1. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте: учебник для студ. сред. проф. образования / И.А. Иванов, С.В. Урушев, А.А. Воробьев, Д.П. Кононов. – 5-е изд., стер. – М.: Академия, 2014 – 336с.
2. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебное пособие / Н.А. Волошина, С.П. Волков. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013 – 372с.
3. Маргвелашвили Л.В. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте: лабораторно-практические работы: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.В. Маргвелашвили. 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2014 – 208с.
4. Ганевский Г.М. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении: учебник / Г.М. Ганевский. – М.: Академия, 2009 - 288с.
5. Колчков В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.И. Колчков. - М.: ИЦ Владос, 2010-398с.
6. Шишмарев В.Ю. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В.Ю. Шишмарев. –М.: Академия, 2011 -319с.