

## Приложение А

Титульный лист

Министерство образования и науки Украины  
Севастопольский национальный технический университет

Кафедра автоматизированных  
приборных систем

## Отчет

по лабораторной работе № 4  
тема \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выполнил:  
Студент группы П - \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Принял:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Севастополь  
200\_ г.

Заказ № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_\_. Тираж \_\_\_\_\_ экз.  
Изд-во СевНТУ



Министерство образования и науки Украины  
Севастопольский национальный технический  
университет

«СБОР И ЗАПОЛНЕНИЕ БАЗЫ ИСХОДНЫХ  
ДАННЫХ К АЛГОРИТМУ РАСЧЕТА НА  
ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЗМА РЫЧАЖНОЙ  
СКОБЫ»

Методические указания  
к лабораторной работе № 4 по дисциплине  
«Основы теории и проектирования измерительных  
приборов»  
для студентов специальности  
7.090901 – "Приборы точной механики"  
дневной и заочной форм обучения

Севастополь  
2007

УДК 325.5:621.382.049.001.63

«Сбор и заполнение базы исходных данных к алгоритму расчета на точность механизма рычажной скобы» методические указания к лабораторной работе № 4 по дисциплине «Основы теории и проектирования измерительных приборов»

/Разраб. А.Г. Колбасников, А.И. Балакин, – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 16 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторной работы. В методических указаниях изложена методика поверки рычажных скоб.

Методические указания предназначены для студентов специальности: 7.090901 – «Приборы точной механики», дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автоматизированные приборные системы» 21 июня 2006 г., протокол №10

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: А.П. Васютенко, канд. техн. наук, доц. кафедры «Автоматизированных приборных систем».

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;
- протокол поверки прибора;
- таблицу анализа действующих ошибок.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Из каких составляющих складывается погрешность показаний прибора?
2. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена, ошибкой перемещения механизма, ошибкой перемещения ведомого звена) является погрешность показаний прибора на данном интервале его поверки?
3. Включает ли погрешность показаний прибора ошибку схемы?
4. Какая из составляющих погрешности показаний данного прибора будет являться доминирующей?
5. Каким методом измеряют с помощью данного прибора?
6. Укажите основные показатели метрологической характеристики прибора (цену деления, пределы измерения, диапазон показаний, значение допускаемой погрешности).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении / А.Г. Иванов. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 496 с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении/ Под редакцией А.К. Кутая – Л.: Машиностроение, 1983. – 367 с.
3. Зайцев С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты / С.А. Зайцев. – М.: Изд-во Академия, 2003. – 464с.
4. Марков Н.Н. Нормирование точности в машиностроении / Н.Н. Марков. – М.: Изд-во Академия, 2001. – 335с.

**Протокол**

Представлен \_\_\_\_\_  
 Дата \_\_\_\_\_ Завод-Изготовитель \_\_\_\_\_  
 Заводской номер \_\_\_\_\_ Предел измерений \_\_\_\_\_  
 Фамилия поверителя \_\_\_\_\_

| № эле-мен-та | Поверяемый элемент                             | Метод и средства поверки | Результат поверки       |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
|--------------|------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---|-----------------------|---------------------|------------------------|----------|--|
| 1            | Внешний вид                                    |                          |                         |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
| 2            | Измерительное усилие, создаваемое прибором     |                          | Усилие в начале хода, Н | Усилие в середине хода, Н |   |                       |                     | Усилие в конце хода, Н |          |  |
|              |                                                |                          |                         |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
| 3            | Ширина штрихов шкалы отсчетного устройства, мм |                          | В начале шкалы          |                           |   |                       | В конце шкалы       |                        |          |  |
|              |                                                |                          |                         |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
| 4            | Отклонение от плоскостности                    |                          | Подвижной пятки         |                           |   |                       | Переставной пятки   |                        |          |  |
|              |                                                |                          |                         |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
| 5            | Отклонение от параллельности                   |                          | При опущенном стопоре   |                           |   |                       | При зажатом стопоре |                        |          |  |
|              |                                                |                          |                         |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
| 6            | Показания прибора                              |                          | Интервал делений        | Размер меры, мм           |   | Показания прибора, мм |                     | Погрешность, мм        |          |  |
|              |                                                |                          |                         |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
| 7            | Вариация показаний                             |                          |                         | 1                         | 2 | 3                     | 4                   | 5                      | Вариация |  |
|              |                                                |                          | Начало                  |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
|              |                                                |                          | Середина                |                           |   |                       |                     |                        |          |  |
|              |                                                |                          | Конец                   |                           |   |                       |                     |                        |          |  |

Заключение по результатам поверки \_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_

**СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Цель и постановка задачи                                      | 4  |
| 2. Теоретические сведения об устройстве и поверки рычажной скобы | 5  |
| 2.1. Измерение проводимые с помощью скобы рычажной               | 6  |
| 2.2. Элементы и средства поверки                                 | 7  |
| 2.3. Анализ действующих ошибок                                   | 12 |
| 3. Порядок выполнения лабораторной работы                        | 13 |
| 4. Содержание отчета по лабораторной работе                      | 15 |
| 5. Контрольные вопросы для самопроверки                          | 15 |
| Библиографический список                                         | 15 |
| Приложение А                                                     | 16 |

## 1. ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является закрепление теоретического материала по дисциплине «Основы теории точности и проектирования измерительных приборов»

В ходе выполнения работы студенту необходимо:

- На основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки конструкции рычажной скобы осуществить заполнение столбцов 3, 4 таблицы 1, являющейся базой исходных данных к алгоритму расчета на точность механизма рычажной скобы. Таблица 1 является составной частью отчета по лабораторной работе, прилагаемой к протоколу поверки.

Таблица 1 – База исходных данных к алгоритму расчета на точность ИП

| № источника | Источники возникновения погрешностей механизма ИП        | Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы        | Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения                                                                                                                                                                              |
|-------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | 2                                                        | 3                                                                                             | 4                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1           | Функциональная ошибка механизма                          | Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ                                                     | Укажите по п. п. 1 ... 5 характер проявления погрешности (случайный, систематический). Предположительно, согласно РТМ-ОКБ-026, укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный). |
| 2           | Первичные ошибки механизма                               | Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3           | Деформация элементов конструкции ИП                      | Укажите конкретные элементы конструкции и причины их деформаций                               |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4           | Грение в кинематических парах механизма ИП               | Укажите места возникновения сил и моментов трения                                             |                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5           | Воздействие окружающей среды (температурные погрешности) | Укажите температурные изменения, вызывающие погрешность показаний                             |                                                                                                                                                                                                                                                   |

- Ознакомится с конструкцией прибора;
- Научится пользоваться прибором при измерении линейных раз-

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Нарисовать схему прибора, его основных узлов и дать описание его устройства.

2. Указать элементы, подлежащие поверки и занести их в таблицу № 1

Таблица № 1

| № элемента | Операции, производимые при поверке микрометров | Средства поверки |                            | Виды поверки                |                        |                          |
|------------|------------------------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|
|            |                                                | Наименование     | Технические характеристики | При выпуске из производства | При выпуске из ремонта | Находящиеся в применении |
|            |                                                |                  |                            |                             |                        |                          |

3. Ознакомится с основными метрологическими характеристиками прибора и занести их в таблицу.

Таблица № 2

| Цена деления Скобы в мм | Допустимые погрешности показаний, мм           |                                                      |
|-------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                         | В пределах $\pm 10$ делений от нулевого штриха | В пределах свыше $\pm 10$ делений от нулевого штриха |
|                         |                                                |                                                      |

4. Произвести поверку рычажных скоб и составить протокол поверки.

5. Осуществить анализ действующих ошибок, результаты свести в таблицу № 3

Таблица 3

| № ошибки | Наименование составляющей действующей ошибки прибора | Значение, мкм | Характер проявления | Является критерием точности механизма прибора |
|----------|------------------------------------------------------|---------------|---------------------|-----------------------------------------------|
|          |                                                      |               |                     |                                               |

Таблица 6 – Допустимые погрешности показаний рычажных скоб

| Цена деления скобы, мм | Допустимые погрешности показаний, мкм          |                                                      |
|------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                        | в пределах $\pm 10$ делений от нулевого штриха | в пределах свыше $\pm 10$ деления от нулевого штриха |
| 0,002                  | $\pm 0,001$                                    | $\pm 0,002$                                          |
| 0,005                  | $\pm 0,0025$                                   | $\pm 0,005$                                          |

## б) Методы поверки.

Поверка показаний скобы производится с помощью концевых мер, классы, и разряды которых указаны в п.7 таблице 2.

Размеры и количество концевых мер должны быть такими, чтобы поверка производилась в отметках шкалы, расположенных одна от другой; через 4 - 6 делений - на участках шкалы до  $+10$  делений от середины и через 10 делений на участках шкалы свыше  $+10$  делений.

Например, при поверке скоб с верхним пределом измерения 25 мм могут быть использованы следующие концевые меры: 1; 1,02; 1,04; 1,06; 1,07; 1,08; 1,09; 1,10; 1,12; 1,14; 1,16 ... (ряд 1).

Концевую меру размером 1,08 мм (назовем ее для краткости «начальной» мерой) помещают между измерительными поверхностями пятки, устанавливают на скобе нулевой отсчет и закрепляют переставную пятку стопором.

После этого, удалив «начальную» меру и пользуясь при этом арретиром, последовательно помещают на ее место остальные меры, размеры которых расположены в ряду 1 по обе стороны от неё, и наблюдают показания по шкале скобы.

### 2.3. Анализ действующих ошибок

Анализ действующих (проявляющихся в работе прибора) ошибок осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основе знания его конструкции и теоретического материала по курсу "Теория, расчет и проектирование измерительных приборов".

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значением допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

меров;

- Проанализировать характер проявления и причины возникновения действующих ошибок механизма прибора.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ И ПОВЕРКИ РЫЧАЖНОЙ СКОБЫ

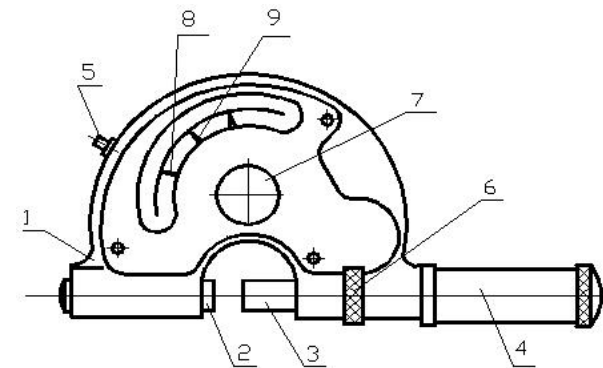


Рисунок 1 – Общий вид рычажной скобы

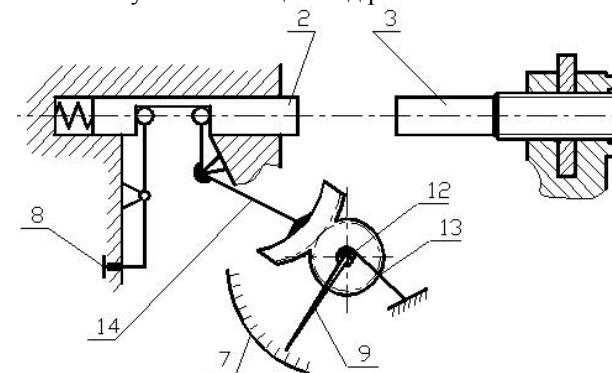


Рисунок 2 – Кинематическая схема рычажной скобы

Рычажная скоба (рисунки 1 и 2) состоит из собственно скобы 1, в которой с левой стороны находится подвижная пятка 2. Линейные перемещения подвижной пятки преобразуются в угловые перемещения стрелки 9 с помощью рычажно-зубчатого механизма. С правой стороны скобы помещена переставная пятка 3, которая может закрепляться с помощью стопора 4. Подвижная пятка, перемещаясь, воздействует на рычаг 14, имеющий зубчатый сектор; последний сцеплен с трибом 12, на ось которого насажена стрелка; арретир 5 служит для отвода под-

вижной пятки при установке концевых мер или детали; волосок 13 служит для обеспечения однопрофильного зацепления. Указатели 8 пределов поля допуска контролируемых деталей используются при контроле больших партий деталей. Механизм установки указателей находится под резьбовой крышкой 7. Скобы изготавливаются с пределами измерения и ценой деления согласно таблице 2

Таблица 2 – Метрологические характеристики рычажных скоб

| Предел измерения, мм | Цена деления, мм |
|----------------------|------------------|
| 0-25                 | 0,002            |
| 25-50                | 0,002            |
| 50-75                | 0,002            |
| 75-100               | 0,002            |
| 100- 125             | 0,005            |
| 125- 150             | 0,005            |

Переставная пятка перемещается на величину не менее 25 мм. Пределы измерения по шкале у скоб с верхним пределом измерения до 100 мм + 0,08 мм, а свыше 100 мм + 0,15 мм.

Требования к рычажным скобам определены ГОСТ 4731-53.

Настоящая инструкция распространяется также на находящиеся в применении импортные рычажные скобы с ценой деления 0,002 и 0,005 мм.

### 2.1. Измерение проводимые с помощью скобы рычажной

Рычажная скоба - прибор относительного метода намерения.

Чтобы измерить деталь, нужно знать ее номинальный размер, который определяется из чертежа детали или измерением с помощью прибора непосредственного метода измерения, (например, штангенциркулем или микрометром).

Если номинальный размер детали известен, концевую меру, размер которой равен номинальному размеру детали, помещают между измерительными пятками скобы и с помощью гайки 6 (рисунок 1) переставной пятки устанавливают стрелку прибора на "0". Стопор переставной пятки закрепляют. Арретируя подвижную пятку с помощью кнопки 5, меру вынимают, а на ее место устанавливают деталь. Снимают показания по шкале прибора.

Размер детали равен

б) Методы поверки.

Поверку параллельности измерительных поверхностей скобы производят с помощью плоскопараллельной стеклянной пластины.

Стеклянную пластину помещают между измерительными поверхностями пяток и подсчитывают сумму интерференционных полос, наблюдаемых между поверхностями пластины и поверхностями пяток.

Пластина устанавливается между пятками таким образом, чтобы эта сумма полос была бы наименьшей.

При подсчете отклонений одну полосу принимают соответствующей 0,3 мкм. Полосы, расположенные на расстоянии 0,5 мм от края, во внимание не принимаются.

Поверку параллельности производят как при отпущенном, так и при зажатом стопоре.

### 2.2.8. Поверяемый элемент - вариация показаний.

а) Требования, предъявляемые к вариации показаний прибора.

Вариация показаний скобы не должна быть более 0,5 цены деления.

б) Метод поверки.

Поверка вариации показаний скоб производится при трех положениях стрелки на среднем (нулевом) и близких к крайним штрихам шкалы, путем пятикратного арретирования подвижной пятки (у скоб с верхним пределом измерений свыше 25 мм).

Разность между наибольшим и наименьшим показаниями в данном положении подвижной пятки принимают за вариацию показаний.

### 2.2.9. Поверяемый элемент - показания скобы.

а) Требования, предъявляемые к погрешности показаний прибора.

Погрешности показаний скоб не должны превышать величин, приведенных в таблице 6.

4.6. Поверяемый элемент - плоскостность измерительных поверхностей.

а) Требования, предъявляемые к плоскостности измерительных поверхностей.

Отклонения от правильной плоскостности измерительных поверхностей пяток не должны превышать 0,0006 мм.

б) Методы проверки.

Проверку плоскостности измерительных поверхностей скобы производят интерференционным методом с помощью плоской либо плоскопараллельной стеклянной пластины.

Пластину накладывают на измерительную поверхность и с легким нажимом выравнивают так, чтобы число интерференционных полос (колец), наблюдаемых между измерительной поверхностью скобы и рабочей поверхностью пластины, стало возможно меньшим. Отклонение от плоскостности определяют путем подсчета полос при кольцевом их расположении либо путем оценки искривления полос. Подсчет полос (колец) или оценку их искривления производят, отступая на 0,5 мм от края измерительной поверхности. Отклонения от плоскостности не должны превышать двух полос.

2.2.7. Поверяемый элемент - параллельность измерительных поверхностей.

а) Требование, предъявляемые к параллельности измерительных поверхностей прибора.

Отклонения измерительных поверхностей пяток от параллельности не должны превышать величин, приведенных в таблице 5.

Таблица 5 – Допускаемые значения отклонений от параллельности измерительных пяток

| Пределы измерения, мм                        |                        | 0-25 | 25-50 | 0-75 | 5-100 | 100-125 | 125-150 |
|----------------------------------------------|------------------------|------|-------|------|-------|---------|---------|
| Допустимые отклонения от параллельности, мкм | При отпущенном стопоре | 0,9  | 1,2   | 1,5  | 2     | 2,5     | 3       |
|                                              | При зажатом стопоре    | 1,2  | 1,5   | 2    | 2,5   | 3       | 3,5     |

$$D = A \pm B,$$

где А - значение размера меры, мм; В - показание прибора, мм.

## 2.2. Элементы и средства поверки

2.2.1. Поверке подлежат следующие элементы рычажных скоб (см. таблицу 3)

Таблица 3 – Элементы рычажных скоб, подлежащие поверке

| № элемента | Наименование элементов, подлежащих поверке                                                | Номера пунктов настоящей инструкции | Наименование                                       | Технические характеристики    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1.         | Внешний вид                                                                               | 2.2.3                               |                                                    |                               |
| 2.         | Взаимодействие частей                                                                     | 2.2.4                               |                                                    |                               |
| 3.         | Ширина штрихов шкалы и конца стрелки (поверка производится после выпуска из производства) | 2.2.5                               | Инструментальный микроскоп                         | Тип ИТ или БМИ                |
| 4.         | Плоскостность измерительных поверхностей                                                  | 2.2.6                               | Плоские или плоскопараллельные стеклянные пластины | ГОСТ 2923-59 или ГОСТ 1121-54 |
| 5.         | Параллельность измерительных поверхностей                                                 | 2.2.7                               | Плоскопараллельные стеклянные пластины             | ГОСТ 1121-54                  |
| 6          | Вариация показаний                                                                        | 2.2.8                               |                                                    |                               |
| 7          | Показания рычажной скобы                                                                  | 2.2.9                               | Плоскопараллельные концевые меры длины             |                               |

Концевые меры, применяемые для поверки показаний по п. 7 представлены в таблице 4

Таблица 4 – Класс и разряд концевых мер применяемых для поверки показаний, рычажных скоб

| Цена деления<br>скобы, в мм | Концевые меры, применяемые для поверки показаний |                                |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
|                             | По классу (ГОСТ 9038-59)                         | По разряду (Инструкция 100-60) |
| 0,002                       | 1                                                | 4                              |
| 0,005                       | 2                                                | 5                              |

2.2.2. Отклонение от температуры помещения ( $20^{\circ}\text{C}$ ), в котором производится поверка рычажных скоб, не должны быть более:

- $\pm 5^{\circ}\text{C}$  для скоб с верхними пределами измерений 25 и 50 мм;
- $\pm 3^{\circ}\text{C}$  для скоб с верхними пределами измерений 75 и 100 мм;
- $\pm 2^{\circ}\text{C}$  для скоб с верхними пределами измерений 125 и 150 мм.

2.2.3. Поверяемый элемент – внешний вид шкалы скобы.

а) Требования, предъявляемые к внешнему виду прибора

Штрихи шкалы должны быть четкими, с ровными краями. Стекло должно быть прозрачным, чистым, без пузырей, царапин и других дефектов, искажающих отсчет показаний. Конец стрелки должен быть не шире штрихов шкалы, и должен находиться в пределах коротких штрихов шкалы.

В свободном (нерабочем) состоянии скобы стрелка должна находиться вне шкалы справа.

На рабочих поверхностях прибора не должно быть царапин, пятен и следов коррозии.

б) Методы поверки

Требования, перечисленные в п. 4.3 а), проверяются наружным осмотром

2.2.4. Поверяемый элемент - взаимодействие частей скобы.

а) Требования, предъявляемые к взаимодействию частей прибора.

Обе пятки должны перемещаться плавно и не должны иметь ощутимой качки.

Стрелка должна перемещаться плавно, без скачков и заеданий. Стрелка при снятии давления с подвижной пятки должна свободно возвращаться в исходное положение.

При отводе подвижной пятки стрелка должна выходить за пределы шкалы влево. Стопор должен надежно закреплять переставную пятку.

Показания по шкале должны оставаться неизменными при любом положении скобы.

Механизм арретира (отводки) должен действовать безотказно.

б) Методы поверки.

Плавность хода пяток, отсутствие качки у пятки, положение стрелки при отводе подвижной пятки, возврат стрелки в исходное положение, надежность закрепления стопором переставной пятки, безотказность работы механизма арретира проверяются путем простого опробования.

Неизменность показаний по шкале проверяется следующим образом.

На скобе устанавливают любое показание, вводя в контакт измерительные поверхности пяток - у скоб с верхним пределом измерения 25 мм, или помещая между ними концевую меру - у скоб с большим верхним пределом измерения, и закрепляют стопором переставную пятку.

После этого, приводя скобу в различные положения, следят за показанием скобы, которое не должно меняться.

Плавность хода стрелки проверяется в этих же положениях скобы путем медленного поворота винта, находящегося под колпачком, в обе стороны на весь предел перемещения стрелки.

2.2.5. Поверяемый элемент - ширина штрихов.

а) Требования, предъявляемые к ширине штрихов шкалы прибора  
Ширина штрихов должна быть в пределах 0,10-0,15 мм

б) Метод поверки.

Измерение ширины штрихов производится на инструментальном микроскопе. На каждой поверяемой скобе должно быть измерено не менее 3-х штрихов.

При предъявлении к позерке партии вновь изготовленных скоб допускается выборочная поверка ширины штрихов у 3-4 приборов из всей партии.