

**1191** Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный  
архитектурно-строительный университет»

## **СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Метрологии, стандартизации, сертификации»  
для студентов специальности 190600  
«Эксплуатация транспортно-технологических машин  
и комплексов»,  
190100 «Наземные транспортно-технологические комплексы»,  
190109 «Наземные транспортно-технологические средства»

Воронеж 2016

УДК 389.001

ББК 30.10

*Составитель Р.А. Жилин*

Средства измерений: метод. указания к вып. лаб. работ / Воронежский ГАСУ; сост.: Р.А. Жилин. – Воронеж, 2016. – 45 с.

В методических указаниях рассматриваются лабораторные работы, выполняемые согласно учебному плану и рабочей программе по курсу «Метрологии, стандартизации, сертификации». Приведены необходимые аналитические зависимости, описываются основные этапы вычислений.

Предназначены для студентов специальности 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 190100 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 190109 «Наземные транспортно-технологические средства»

Ил. 29. Табл. 6. Библиогр.: 7 назв.

**УДК 389.001**

**ББК 30.10**

*Используются по решению учебно-методического совета  
Воронежского ГАСУ*

Рецензент – Ю. И. Калинин, к.т.н., проф. кафедры строительных машин и инженерной механики Воронежского ГАСУ

## Введение

Общепринятое определение метрологии дано в РМГ 29-99 БЗ 10-99/17 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. МЕТРОЛОГИЯ. Основные термины и определения»: **метрология** – наука об измерениях, методах, средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Греческое слово "*метрология*" образовано от слов "*метрон*" – мера и "*логос*" – учение.

**Предметом метрологии** является извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью. **Средства метрологии** – это совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

**Средство измерений (СИ)** – техническое средство, предназначенное для измерений и используемое для создания и (или) преобразования измерительных сигналов. Средства измерения, дающие численную величину размера, носят название измерительных инструментов и приборов.

Все средства измерения и контроля можно разделить на три основные группы: **меры; калибры; универсальные инструменты и приборы.**

**Мерами** называются инструменты, при помощи которых воспроизводят единицы измерения либо их кратные значения. К мерам относятся концевые и угловые плитки, образцовые штриховые меры, рулетки, масштабные линейки, метры-компараторы, лимбы и пр.

**Калибры** – бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для контроля размеров, форм и взаимного расположения частей изделия. В основу конструирования калибров положен принцип подобия, согласно которому калибры должны быть прототипом сопрягаемой детали.

**Универсальные измерительные средства** по конструктивным признакам делятся на: штриховые инструменты, оснащенные нониусом (штангенинструменты, универсальные угломеры и т. д.); микрометрические инструменты и приборы; ры-

чайно-механические приборы (миниметры, индикаторы часового типа, рычажные микрометры и т.д.) и некоторые другие.

**Метод измерения** определяется совокупностью используемых измерительных средств и условий измерения. Различают следующие методы измерения: *абсолютный* — определение измеряемой величины (ее оценка) с помощью мерительного инструмента, например измерение размеров изделия с помощью штангенциркуля; *относительный* (сравнительный) — определение величины (ее оценка) отклонения замераемого размера от требуемой установленной меры или образца.

Приборы для измерения *относительным* методом не так удобны, потому что их необходимо предварительно настраивать, но они дают высокую точность измерения. Как правило, каждое измерение может быть произведено как абсолютным, так и относительным методом; прямой — непосредственная оценка значения искомой величины или отклонений от нее путем прикладывания специальных измерительных приспособлений или приборов. *Прямой метод измерения* наиболее удобен среди других, поэтому на производстве предпочитают пользоваться им; косвенный — оценка искомой величины или отклонений от нее по результатам измерения другой величины, связанной с искомой определенной зависимостью. Примерами косвенного метода измерения могут служить определение величины дуги по результатам измерения длины хорды, определение диаметра малого отверстия в труднодоступном для измерения месте замером диаметра цилиндрического пальца (втулки), входящего в данное отверстие.

На практике часто приходится сопоставлять точность прямых и косвенных измерений. Следует сказать, что в некоторых случаях косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые. Например, в случае измерения межцентрового расстояния отверстий замеряют кратчайшее расстояние между отверстиями по их образующим, а затем к этому числовому значению добавляют величины радиусов одного и другого отверстий.

Важнейшим свойством, отличающим средства измерений от других технических средств, является метрологическая характеристика. Ниже перечислены основные метрологические показатели.

**Шкала** – это система отметок и соответствующих им последовательных числовых значений измеряемой величины. Главные характеристики шкалы: количество делений на шкале; длина деления; цена деления; диапазон показаний; диапазон измерений; пределы измерений.

**Деление шкалы** – это расстояние от одной отметки шкалы до соседней отметки.

**Цена деления шкалы** – это разность между значениями двух соседних значений на данной шкале.

**Диапазон показаний шкалы** – это область значений шкалы, нижней границей которой является начальное значение данной шкалы, а верхней – конечное значение данной шкалы.

**Диапазон измерений** – это область значений величин в пределах которой установлена нормированная предельно допустимая погрешность.

**Пределы измерений** – это минимальное и максимальное значение диапазона измерений.

**Предел допустимой погрешности** – наибольшая (без учета знака) погрешность средств измерений, при которой оно может быть признано годным и допущено к применению.

**Поверка** – определенные операции, которые необходимо выполнить в целях решения задачи – соответствуют средства измерения заявленным метрологическим требованиям или нет.

Средства измерений, которые будут применяться в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, перед началом эксплуатации и в случае ремонта, по его окончании должны проходить первичную поверку, а в период эксплуатации – должны проходить периодическую поверку.

Те лица кто использует средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, а это могут быть как индивидуальные предприниматели так и юридические лица, однозначно должны вовремя проводить поверку данных средств измерений.

Основная цель поверки средств измерений это – в строгом соответствии с разработанным и утвержденным порядком осуществить передачу рабочим средствам измерений (РСИ) размер единиц величин от исходных эталонных средств.

При реализации этого установленного порядка поверки в наличии должны быть необходимые государственные первичные эталоны единиц величин, поверочные схемы, соответствующее техническое оснащение, разработанные методики поверки, необходимое нормативное обеспечение, обученные специалисты – поверители, а также – необходимые измерительные системы.

На основании Закона РФ «Об обеспечении единства измерений» – поверка средств измерений является обязательной. В статье 13 Закона «Поверка средств измерений» сказано:

1. Средства измерений, которые будут применяться в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, перед началом эксплуатации и в случае ремонта, по его окончании должны проходить первичную поверку, а в период эксплуатации – должны проходить периодическую поверку. Кто использует средства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, а это могут быть как индивидуальные предприниматели так и юридические лица, однозначно должны вовремя проводить поверку данных средств измерений.

2. Поверку средств измерений имеют право производить как индивидуальные предприниматели, так и юридические лица. Но все они обязательно должны пройти в утвержденном порядке аккредитацию в области обеспечения единства измерений.

3. Существуют средства измерений поверку которых будут производить исключительно региональные метрологические центры (ЦСМ), которые также проходят аккредитацию в утвержденном порядке. Для этого Правительством Российской Федерации будет разработан специальный перечень средств измерений.

4. После проведения поверки средств измерений на них выписывается свидетельство о поверке или наносится повери-

тельный знак (клеймо). На средстве измерений должно предусматриваться место доступное для обзора для нанесения поверочного клейма. Но если конструкция СИ не позволяет наносить поверительные клейма, то выписывается свидетельство о поверке СИ и поверительное клеймо наносится на свидетельство.

5. Специальный орган исполнительной власти, который осуществляет функции по нормативно-правовому регулированию и определению государственной политики в сфере обеспечения единства измерений разрабатывает поверочные знаки и содержание свидетельства о поверке СИ.

6. Создан специальный Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Этот фонд будет собирать все результаты поверки средств измерений, которые применяются в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

7. В добровольном порядке на поверку можно предъявлять и средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Определить на производстве к какой номенклатуре нужно отнести СИ часто бывает совсем не просто. Ни сложность СИ, ни его тип, ни его необходимость для производства не являются необходимым основанием для отнесения СИ к группе СИ подлежащих поверке или калибровке. Закон «О единстве измерений» в статье 1 установил, что необходимость поверки нужно определять оценивая попадает СИ в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений или нет.

В Российской Федерации используется более миллиарда СИ, силами одной Государственной метрологической службы такой объем не поверить. Поэтому поверку средств измерений допускается производить в установленном порядке аккредитованным в области обеспечения единства измерений юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям. Для организации этой работы имеется документ ПР 50-2.014-2002 «ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений».

# Лабораторная работа №1.

## Штангенинструменты

*Цель работы* – изучение конструкции и методик измерения штангенинструментами.

*Оборудование и инструмент:* штангенинструменты, набор мерных плиток, деталь.

### *1.1. Назначение и устройство штангенинструментов*

*Штангенинструменты* – измерительные приборы для замера линейных величин с отсчетом по штриховой шкале либо цифровому дисплею.

Само название «штангенинструменты» получили от основной детали – штанги, на которой нанесена основная шкала. Кроме штанги с основной шкалой, составными частями штангенинструментов являются подвижные и неподвижные губки, посредством которых производится измерение и осуществляется разметка, а также перемещающаяся в специальной рамке вспомогательная шкала-нониус и фиксирующее приспособление. Неподвижные губки обычно выполняются совместно со штангой, а подвижные размещены на рамке с нониусом.

Самыми распространёнными штангенинструментами являются штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы. Их изготавливают из нержавеющей сталей и сплавов, обладающих антикоррозийными свойствами, сопротивление износу и коррозии. Кроме металла используют также углекерамику, который удобен для измерения магнитов и имеет низкую теплопроводность, что снижает температурную погрешность при измерении.

В России штангенинструменты выпускают инструментальные заводы – Челябинский (ЧИЗ) и Кировский (КРИН). Среди зарубежных фирм можно отметить Mitutoyo (Япония), Tesa (Швейцария), Carl Mahr (Германия).

В настоящее время распространены три группы штангенинструментов: механические с нониусом и отсчетом по штриховой шкале; с отсчетом по циферблату; электронные с цифровым отсчетом.



### 1.1.1. Шкала нониуса

По нониусу отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра. Наибольшее распространение получили нониусы с точностью отсчета 0,1, 0,05 и 0,02 мм.

Для отсчета с помощью нониуса сначала определяют по основной шкале целое число миллиметров перед нулевым делением нониуса. Затем добавляют к нему число долей по нониусу в соответствии с тем, какой штрих шкалы нониуса ближе к штриху основной шкалы.

Принцип работы шкалы нониуса основан на том явлении, что человеческому глазу проще определить совпадение рисок делений на шкале, чем относительное смещение одного деления между другими. При этом для повышения точности измерения нониус имеет оригинальное конструктивное решения – на нем, как и на основной шкале нанесены 10 делений, обозначающих 1 мм каждое, но на шкале нониуса эти деления намеренно выполнены с погрешностью, равной требуемой точности измерения штангенинструмента. Т.е. если на основной шкале 10 делений соответствуют 10 мм, то на шкале нониуса, рассчитанной на точность измерения 0,1 мм, 10 делений будут соответствовать 19 мм (рис. 1.1). При выполнении измерений сдвиг между шкалами, обусловленный преднамеренной погрешностью нониуса, позволяет считывать результат в 10 раз точнее.

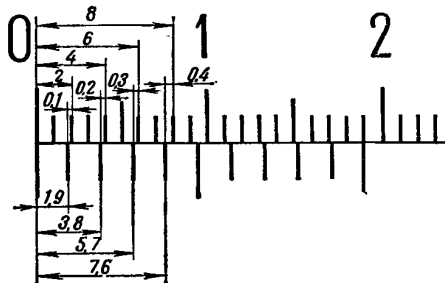


Рис. 1.1. Построение нониуса с величиной отсчета 0,1 мм

Считается, что принцип нониуса был изобретён известным персидским ученым Авиценной (Абу Али ибн Синой) более тысячи лет назад. Название «нониус» это устройство получило в честь менее известного португальского математика П. Нуниша (1502–1578), который изобрёл первый измерительный прибор, использующий принцип, предложенный Авиценной. Современная конструкция шкалы была предложена в 1631 году французским математиком Пьером Вернье, в честь которого шкалу нониуса иногда называют «верньер».

Основной характеристикой при расчете нониуса является величина отсчета или точность нониуса  $i$ . Сначала определяют число делений нониуса

$$n = c/i,$$

где  $c$  – интервал деления основной шкалы.

Интервал деления шкалы нониуса

$$b = \gamma c - i,$$

где  $\gamma$  – натуральное число 1, 2, 3..., служащее для увеличения интервала деления нониусной шкалы.

Общая длина шкалы нониуса

$$l - bn = (\gamma c - i) \times n.$$

Например, при  $i = 0,1$  мм,  $c = 1$  мм и  $\gamma = 2$  число делений нониуса  $n = 10$ , длина одного деления  $b = 1,9$  мм, длина шкалы нониуса составит 19 мм.

Целое число миллиметров определяется по шкале штанги слева направо до нулевого штриха нониуса. Десятые или сотые доли миллиметра определяется умножением величины отсчета на порядковый номер штриха нониуса, который полностью совпадёт со штрихом штанги.

На рис. 1.2 нулевое значение нониуса указывает, что количество целых составляет 39 мм. Крестиком обозначено совпадение седьмого штриха нониуса со штрихом штанги.

Измеряемая величина равна

$$39 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм} \times 7 = 39,7 \text{ мм}.$$

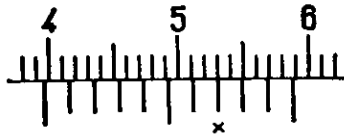


Рис. 1.2

Рассмотрим ещё один пример на рис. 1.3.

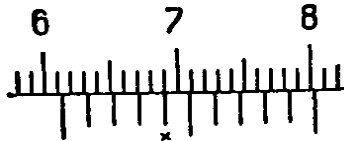


Рис. 1.3

Целых – 61, четвёртый штрих нониуса совпадает со штрихом штанги. Размер составляет

$$61 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм} \times 4 = 61,4 \text{ мм}.$$

Для штангенинструментов с величиной отсчёта 0,05 мм результаты вычислений высчитываются следующим образом. Целое число определяют аналогично ранее представленному методу. Далее определяют штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы штанги. После этого к ближайшей слева цифре нониуса (это может быть 25, 50 или 75), показывающей сотые доли миллиметра необходимо добавить результат произведения величины отсчета с порядковым номером штриха нониуса.

На рис. 1.4 результат измерений будет равен

$$71 \text{ мм} + 0,75 \text{ мм} + 0,05 \times 2 = 71,85 \text{ мм}.$$

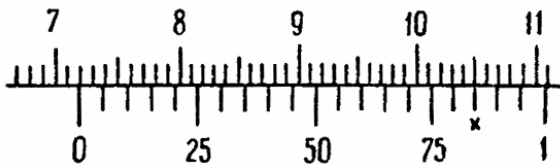


Рис. 1.4

### 1.1.2. Штангенциркули

Название штангенциркуль происходит от немецкого Stangenzirkel. При этом необходимо учитывать, что в Германии Stangenzirkel – это циркуль, применяемый для начертания окружностей и дуг больших радиусов. А средство измерения, называемое «штангенциркуль» обозначается как Messschieber («раздвижной измеритель») или Schieblehre («раздвижная рейка»).

Штангенциркули являются универсальными инструментами, широко применяются в производстве, машиностроении, ремонте и при метрологических измерениях. Некоторые технические характеристики штангенциркулей представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Технические характеристики штангенциркулей

Модель устройства	Пределы измерений, мм	Отсчета согласно шкале нониуса, мм	Размер допустимой погрешности согласно значению нониуса, мм			Вес, кг		
			0,05	1	2			
ШЦД 125	0...125	0,05 (0,1)	0,05 <sup>±</sup>	0,05 <sup>±</sup>	±0,1	0,125		
ШЦД 150	0...150					0,150		
ШЦД 250	0...250					0,415		
ШЦДН 400	0...400		0,1	0,1 <sup>±</sup>	–	1		
ШЦДН 500	0...500					1,1		
ШЦДН 630	250...630					1,3		
ШЦДН 800	250...800					1,5		
ШЦДН 1000	320...1000	1,7						
ШЦДН 1600	500...1600	0,1				–	0,2 <sup>±</sup>	6,4
ШЦДН 2000	800...2000							7,6
ШЦДН 3000	1600...3000		29,2					
ШЦДН 4000	2000...4000		37,33					

Штангенциркуль ШЦІ (рис. 1.5) состоит из штанги 1, неподвижных губок 2 и 9, изготовленных заодно со штангой, рамки 7 с подвижными губками 3 и 8, нониусом 6. Положение рамки фиксируется стопорным винтом 4. Верхние губки служат для измерений внутренних размеров. Нижние – для наружных размеров, заострённые концы используют для измерения поднутрений. Кроме того, заостренные концы могут использоваться для нанесения рисок при выполнении измерительно-разметочных работ.

ШЦІ снабжён приспособлением для измерения уступов или глубин, которое представляет собой линейку глубиномера 5, соединённую с рамкой и скользящую вместе с ней по направляющему пазу штанги.

Штангенциркуль ШЦТ-I в отличие от ШЦ-I имеет одностороннее расположение губок и применяются только для измерения наружных размеров и глубин в условиях повышенного абразивного изнашивания.

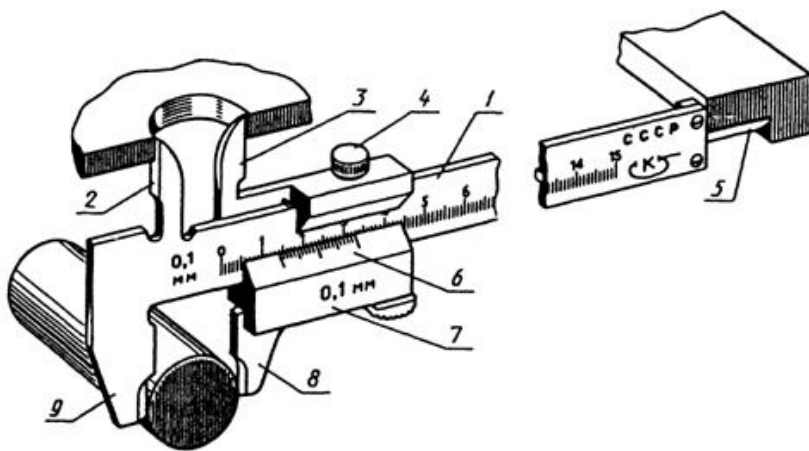


Рис. 1.5. Конструкция штангенциркуля ШЦ-I: 1 – штанга; 2 и 3 – губки для измерения внутренних размеров, 4 – стопорный винт; 5 – линейка глубиномера; 7 – рамка; 6 – нониус; 8 и 9 – губки для измерения наружных размеров

Штангенциркулем ШЦ-II наружные размеры можно измерять как верхними, так и нижними губками (рис. 1.6). Для измерения внутренних размеров (от 10 мм и выше) предназначены только нижние губки, при этом к показаниям штангенциркуля необходимо прибавлять общую толщину губок, которая обозначена на лицевой стороне губки 7.

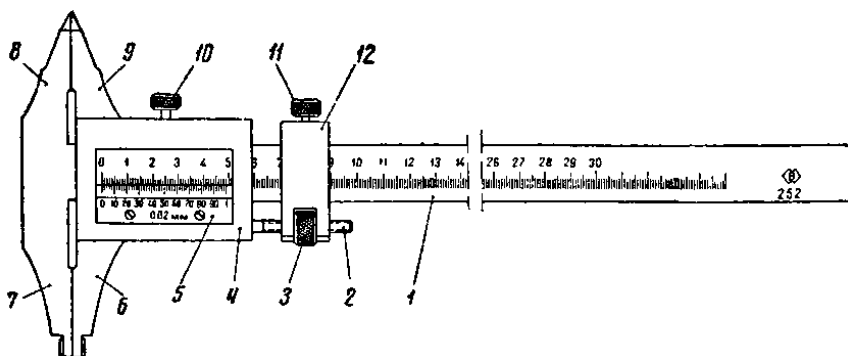


Рис. 1.6. Конструкция штангенциркуля ШЦ-II: 1 – штанга; 2 – винт микрометрической подачи рамки; 3 – гайка микровинта; 4 – рамка; 5 – нониусная пластинка; 6 и 9 – подвижные губки; 7 и 8 – неподвижные губки; 10 и 11 – стопорные винты; 12 – хомут;

Рамка 4 и хомут 12 соединены между собой микрометрическим винтом 2 с гайкой 3. При помощи этого устройства осуществляется малая подача рамки. Положение рамки и хомута фиксируется винтами.

Верхние губки служат для измерений наружных размеров с поднутрениями (пазов, канавок), а их заостренные концы используют также для нанесения рисок при выполнении разметочных работ.

ШЦ-III один из самых массовых штангенциркулей на металлообрабатывающих предприятиях (рис. 1.7). Он предназначен для измерения самых больших размеров, поэтому сам тоже может достигать достаточно больших размеров. Отличие от предыдущей модели заключается в одностороннем располо-

жением губок, предназначенных для измерения как внутренних, так и наружных размеров.



Рис. 1.7. Штангенциркуль ЩЦ-III

### 1.1.3. Штангенглубиномеры

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубины пазов, углублений и отверстий. Кроме того, с помощью глубиномеров можно определить и высоту различных уступов на изделии. Штангенглубиномеры (рис. 1.8) принципиально не отличаются от штангенциркулей.

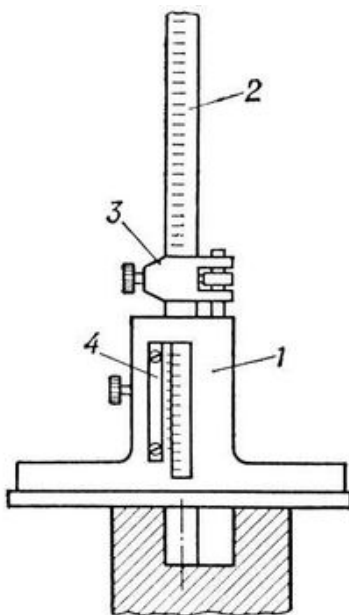


Рис. 1.8. Конструкция штангенглубиномера: 1 – основание; 2 – штанга; 3 – микрометрическая подача; 4 – нониус

Штангенглубиномер – это штангенциркуль, конструктивно приспособленный для удобства линейных измерений малодоступных внутренних размеров изделий. Рабочими поверхностями штангенглубиномеров являются торцовая поверхность штанги и база для измерений – нижняя поверхность основания. Как и все штангенинструменты, штангенглубиномеры изготавливают с отсчетом по штриховой шкале (нониусу), с отсчетом по циферблату и с цифровым отсчетом.

#### 1.1.4. Штангенрейсмасы

Штангенрейсмасы (иногда их называют штангенрейсмусы) (рис. 1.9) являются основными измерительными инструментами для разметки деталей. Они могут иметь дополнительный присоединительный узел для установки измерительных головок параллельно или перпендикулярно плоскости основания.

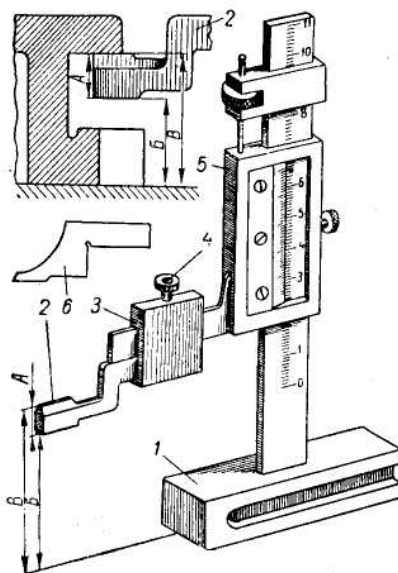


Рис. 1.9. Конструкция штангенрейсмаса: 1 – основание; 2 – измерительная ножка; 3 – державка; 4 – стопорный винт; 5 – рамка, 6 – разметочная ножка



Принципиально штангенрейсмасы аналогичны штангенинструментам – основными их частями являются все те же штанга с основной шкалой, рамка со шкалой нониуса и зажимные устройства.

## ***1.2. Подготовка к процессу измерения***

Перед тем, как приступить непосредственно к измерениям, штангенциркуль следует очистить от смазки и пыли (уделяя особое внимание рабочим поверхностям) и проверить на точность. Выполнить проверку с нониусного прибора несложно – достаточно просто совместить основные (широкие) губки инструмента, расположенные снизу. При этом должны совпасть нулевые отметки двух шкал – подвижной нониусной и неподвижной шкалы рабочей – миллиметровой – поверхности. Одновременно с этим девятнадцатый штрих миллиметровой шкалы должен совместиться с десятым штрихом на нониусе. Если оба условия выполняются – инструмент пригоден к работе.

Для того чтобы проверить стрелочный и цифровой штангенциркули также необходимо совместить губки прибора. Стрелка на циферблате стрелочного прибора должна указать на нулевую отметку. На дисплее электронного штангенциркуля должна отобразиться цифра «0».

### ***1.2.1. Проведение измерения наружных размеров***

Боковые поверхности штангенциркулей дешёвых производителей могут иметь некачественную обработку и повредить пользователю. Кроме того, разметочные поверхности губок штангенциркуля имеют остро заточенные края.

Для того чтобы измерить внешний размер детали, необходимо плотно зажать её между основных (нижних) губок. Штангенциркуль при этом следует держать в правой руке (четыре пальца обхватывают штангу, большой палец лежит на упоре рамки). Рамка перемещается большим пальцем и по достижении верного расстояния между губками, соприкасающимися с измеряемой поверхностью, фиксируется с помощью

зажима большим и указательным пальцем правой руки (см. устройство штангенциркуля в предыдущей статье).

Перед считыванием результата необходимо убедиться в том, что губки заняли правильное положение: перекосы отсутствуют, а при перемещении детали между ними соблюдается нормальность усилия (деталь проходит между измерительными поверхностями, легко контактируя с ними).

### ***1.2.2. Измерение внутренних размеров и глубины***

Внутренние размеры детали измеряют с помощью заострённых губок штангенциркуля. Для этого достаточно привести их в сомкнутое состояние и поместить в измеряемую деталь. После этого вспомогательные губки разводятся. Перед определением результата проверяют соблюдение тех же условий, что и при считывании показаний при измерении наружных размеров.

Для определения глубины отверстия достаточно поместить в него расположенный на торце штангенциркуля глубиномер. После этого необходимо начать раздвигать основные губки до тех пор, пока глубиномер не упрётся в поверхность. Как только это произошло, можно считать показания прибора. Таким же образом определяются размеры выступов.

### ***1.2.3. Определение показаний нониусного штангенциркуля***

Несомненно, измерительную информацию сложнее всего считывать с нониусных штангенциркулей. Чтобы определить показания нониусного прибора, его следует держать непосредственно перед глазами (положение «сбоку» категорически запрещено – оно приведёт к появлению дополнительной погрешности).

Неважно, какой параметр был измерен – наружный, внутренний размер или глубина – считывание размера выполняется по одному и тому же алгоритму.

Поверхность шкалы нониуса имеет небольшой скос, предусмотренный для лучшего совмещения её с основной шкалой – именно по взаиморасположению этих двух градуировок и опре-

деляется размер детали. В первую очередь оценивается число целых миллиметров, соответствующее значению деления основной шкалы, располагающегося с левой стороны от нулевой отметки нониуса и ближе всего к ней. Затем определяется количество долей миллиметра. На шкале нониуса находят штрих, совпадающий с одной из отметок основной шкалы. Если таких штрихов несколько, берут значение, ближайшее к нулю нониуса – именно оно отображает количество десятых долей мм.

Складывая целую часть и десятые доли, получают полный размер детали или глубину отверстия.

Определение показаний циферблатного и цифрового штангенциркулей



Рис. 1.10



Рис. 1.11

Считать показания со стрелочного прибора достаточно легко. «Целое» значение определяется по основной шкале прибора, количество же десятых или сотых долей указывает стрелка отградуированного циферблата. Затем показания складываются.

Работать с цифровым штангенциркулем ещё проще – показания отображаются в удобном для пользователя формате на дисплее прибора.

#### ***1.2.4. Завершение работы***

По окончании измерений инструмент необходимо отчистить. Для этой цели не следует использовать острые предметы или наждачную бумагу – измерительные поверхности протирают исключительно ветошью.

Хранить прибор между проведением измерительных экспериментов следует в специально предназначенном для этого футляре.

### ***1.3. Порядок выполнения работы***

1. Изучить конструкцию предложенного штангенинструмента.
2. Провести подготовку к процессу измерения.
3. Проверяют установку нуля штангенинструмента. При смещении нулевых штрихов основной шкалы и шкалы нониуса штангенинструмент к использованию не допускают.
4. Определить размеры детали, измеряя каждый три раза. Истинное значение размера брать как среднее арифметическое.
5. Выполнить чертёж детали.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Как называется отсчетное устройство штангенинструментов ?
2. Как устроен нониус ?
3. Каково назначение штангенциркуля, штангенглубиномера, штангенрейсмаса ?
4. Какие типы штангенциркулей Вы знаете ?
5. Назовите основные части штангенинструментов.
6. Дайте характеристику вида и метода измерения использованным штангенинструментом.
7. Какова метрологическая характеристика использованного штангенинструмента ?

## Лабораторная работа №2.

### Микрометрические инструменты. Микрометр гладкий

**Цель работы:** практически ознакомиться с устройством и приемами измерений линейных размеров микрометрическими инструментами, определить погрешности формы цилиндрической детали.

**Оборудование и инструмент:** деталь, микрометр гладкий, штангенциркуль, набор мерных плиток.

У всех микрометрических инструментов измерительным элементом является микрометрический винт, имеющий резьбу с точным шагом (обычно шаг резьбы  $P = 0,5$  мм). Микрометрическая пара конструктивно выполняется в виде резьбовой (микрометрической) гайки и микрометрического винта, соединенного с отсчетным барабаном. Винтовая пара используется для преобразования продольного перемещения винта в окружное движение шкалы барабана. Измеряемый размер определяется по углу поворота барабана. Для отсчета целого числа оборотов микрометрического винта служит продольная (основная) шкала, которая расположена на запрессованной в корпус втулке, называемой стеблем. Стебель является гайкой для микрометрического винта и одновременно обеспечивает его центрирование и направление по измеряемому размеру. Основная шкала сдвоенная, состоит из двух шкал с интервалом в 1 мм (для облегчения отсчета), сдвинутых одна относительно другой на 0,5 мм и расположенных по обе стороны от продольного штриха на стебле, т. е. длина деления основной шкалы равна шагу микрометрического винта.

Для отсчета долей оборота микрометрического винта, т. е. десятых и сотых долей миллиметра, служит круговая шкала с радиальными штрихами (50 делений), нанесенными на круглой части барабана. Указателем для отсчета по этой шкале является продольный штрих, нанесенный на стебле. Отсчет определяется по порядковому номеру штриха барабана (не считая нулевого), совпадающего с продольным штрихом стебля. Счет всегда ведется в сторону нарастания номеров штрихов.

## 2.1. Конструкция гладкого микрометра

Основным элементом гладкого микрометра является скоба 1 (рис. 2.1). С одной стороны в нее запрессована измерительная пятка 2, торцевая поверхность которой является рабочей поверхностью для измерений. У микрометров с верхним пределом диапазона измерений более 300 мм пятка выполнена переставной с ходом 75 мм или сменной, что обеспечивает совместно с микровинтом диапазон измерений 100 мм.

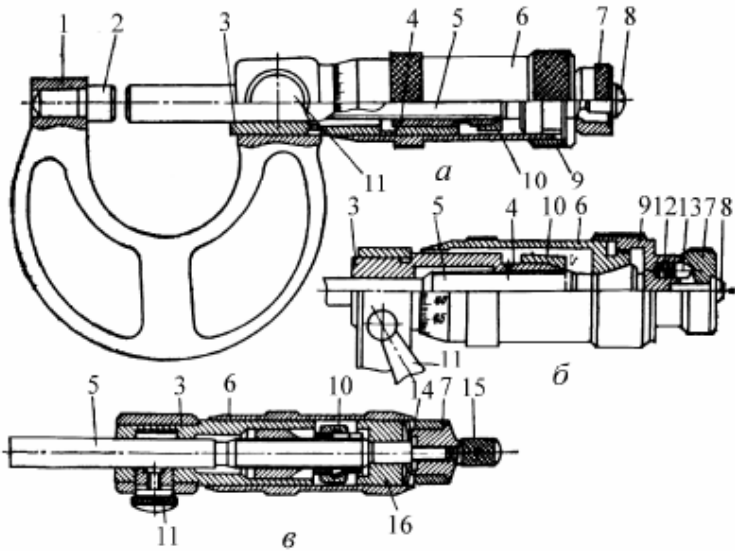


Рис. 2.1. Микрометр гладкий: 1 – подковообразная скоба; 2 – измерительная пятка; 3 – стебель; 4 – микрометрическая гайка; 5 – микрометрический винт; 6 – барабан; 7 – храповик; 8 – крепежный винт; 9 – трещотка; 10 – регулировочная гайка; 11 – стопорное устройство; 12 – тарированная пружина; 13 – штифт со скосом; 14 – пружинное кольцо; 15 – гайка; 16 – цилиндрическая втулка

С другой стороны в отверстие скобы запрессован стебель 3. Микрометрический винт 5 перемещается по резьбе микрометрической гайки 4 и гладкой направляющей стебля 3. Пе-

редняя торцевая поверхность микрометрического винта образует вторую измерительную поверхность. Микрометрическая гайка, запрессованная в стебель, имеет продольные прорезы (как у цанги) и наружную коническую резьбу. В результате навинчивания регулировочной гайки 10 на цанговую часть микрометрической гайки 4 можно регулировать зазор в паре микровинт – микрогайка и компенсировать износ резьбы. Такая регулировка возможна только тогда, когда износ резьбы винта является равномерным по всей длине. Микрометрический винт имеет посадочную поверхность для барабана 6, выполненную в виде цилиндрического пояса с буртиком (рис. 2.1, а) или конуса (рис. 2.1, б), или цилиндрической втулки 16 (рис. 2.1, в), напрессованной на тело микрометрического винта. В первом и втором случаях трещотка 9 навинчивается на барабан, в результате чего он удерживается на микрометрическом винте, в третьем – барабан закрепляется с помощью пружинного кольца 14 и при навинчивании гайки 15.

Механизм трещотки, предназначенный для обеспечения постоянства измерительного усилия, состоит из тарированной пружины 12 (рис. 2.1, б), штифта со скосом 13, кольца трещотки (храповика) 7 с зубцами на торце (или внутренней поверхности) и крепежного винта 8 трещотки.

Работа трещотки основана на том, что храповик 7 выходит из зацепления, когда сила трения между измерительной поверхностью микрометрического винта с измеряемой деталью будет превышать силу сцепления храповика 7 и штифта 13. Сцепление храповика и штифта обеспечивается пружиной 12, рассчитанной на передачу определенного крутящего момента. Когда это усилие достигнуто, трещотка перестает вращать микрометрический винт и начинает вращаться вхолостую, проскальзывая с характерным треском.

Для закрепления микрометрического винта в определенном положении предназначено стопорное устройство 11, которое может быть выполнено в виде винтового, цангового или эксцентрикового зажима.



## 2.2. Микрометр гладкий

Перед началом лабораторной работы необходимо проверить плавность хода микрометрического винта (перемещение должно быть плавным и без заедания) и правильность нулевого показания инструмента.

### 2.2.1. Проверка нулевого показания микрометра

Измерительные поверхности микрометрического винта и пятки необходимо соединить усилием трещотки (3–4 щелчка) непосредственно между собой (при пределах измерений 0–25 мм) или при помощи установочной меры (при пределах измерений 50 мм и более); при этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, а скос барабана должен открывать первый штрих шкалы стебля (рис. 2.2).

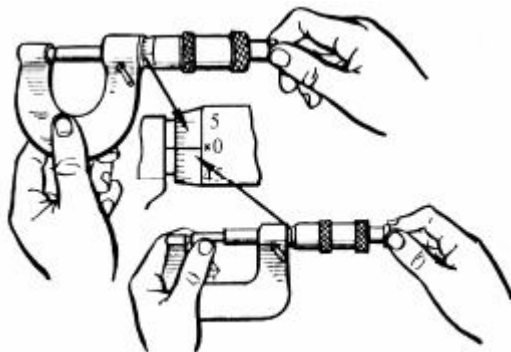


Рис. 2.2. Проверка нулевого показания микрометра

Микрометр с верхним пределом диапазона измерений свыше 300 мм перед проверкой нулевого показания устанавливается в необходимое положение переставной пяткой, причем в случае использования первой и третьей четвертей пределов измерений микрометра, установка на нуль производится по конечному штриху шкалы стебля, а при использовании второй и четвертой – по начальному штриху.

Для установки переставной пятки нулевой штрих барабана микрометра совмещается с соответствующим штрихом шкалы стебля; микрометрический винт закрепляется стопором; установочная мера помещается между измерительными поверхностями микрометрического винта и пяткой.

При проверке нулевого показания необходимо следить за тем, чтобы установочная мера была зажата между измерительными поверхностями без перекоса; торцевые поверхности установочной меры должны быть протерты чистой мягкой салфеткой.

Если при настройке на нуль показания микрометра неправильны (нулевой штрих барабана не совпадает с продольным штрихом стебля), его можно отрегулировать двумя способами в зависимости от конструкции инструмента:

1. Следует закрепить стопором микрометрический винт, приведенный в соприкосновение с установочной мерой под воздействием трещотки (рис. 2.3, а), придерживая левой рукой барабан, разъединить его с микрометрическим винтом (рис. 2.3, б) и отвернуть корпус трещотки на  $1/3 - S$  оборота (не следует отворачивать корпус совсем), а у микрометров с конусной посадочной поверхностью для барабана отжать его по оси микрометрического винта; поворотом барабана нулевой штрих круговой шкалы совместить с продольным штрихом стебля (рис. 2.3, в), при этом начальный штрих шкалы стебля должен быть виден целиком, но расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края штриха не должно превышать 0,15 мм. После этого барабан закрепляется завинчиванием корпуса трещотки, стопор отжимается и производится проверка нулевого показания. При необходимости регулировка повторяется.

2. Привести в соприкосновение измерительные поверхности пятки и микрометрического винта между собой (при пределах измерений 0–25 мм) или с рабочими поверхностями установочной меры (при пределах измерений 50 мм и более) под воздействием трещотки и закрепить микрометрический винт стопорным винтом. Отвернув отверткой (ключом) регулировочный винт барабана, правой рукой подвести нулевое деление круговой шкалы барабана к нулевому делению продольной шкалы стебля и совместить их. После чего отверткой

(ключом) завернуть регулировочный винт барабана до упора. Отвернув стопорный винт микрометрического винта, снять установочную меру и проверить нулевое показание. При необходимости регулировку повторить.

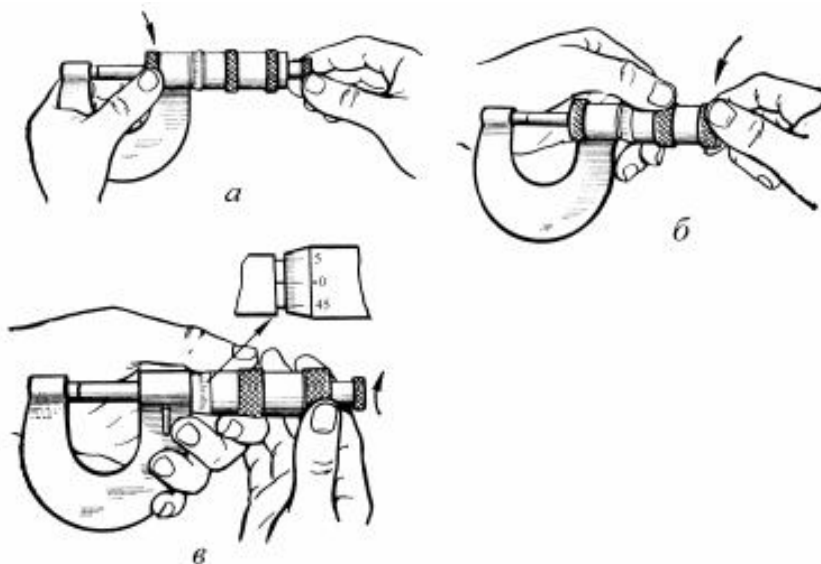


Рис. 2.3. Установка микрометра в нулевое положение

### ***2.2.2. Последовательность действий при измерении***

Микрометр следует взять за скобу левой рукой и, вращая правой рукой барабан против часовой стрелки, развести измерительные поверхности пятки и микрометрического винта на размер немного больше, чем размер измеряемой детали. Затем поместить деталь между измерительными поверхностями, слегка прижать пятку к измеряемой поверхности и, плавно вращая трещотку большим и указательным пальцами правой руки по часовой стрелке, довести микрометрический винт до соприкосновения с измеряемой деталью пока послышится характерный звук пощелкивания механизма трещотки (3–4 щелчка). Проверить покачиванием правильное положение из-

мерительных поверхностей инструмента относительно детали (отсутствие перекоса), зафиксировать положение микрометрического винта стопором и прочесть показание микрометра.

### ***2.2.3. Приемы измерений***

При измерении микрометром деталей, закрепленных на станке, в приспособлении, в тисках или же установленных в призме, на столе, следует найти наиболее удобное положение для измерения. Важно, чтобы при зажатии измерительными поверхностями инструмента деталь не сдвигалась. Микрометр следует держать свободно, без напряжения в руках и таким образом, чтобы не было перекоса измерительных поверхностей инструмента по отношению к измеряемым поверхностям детали. При этом следует стремиться к тому, чтобы шкала стебля была со стороны измеряющего, т. е. инструмент устанавливается на детали так, чтобы хорошо была видна шкала и отсчет можно было сделать, не снимая микрометр с детали.

Если при измерении конфигурация детали не позволяет прочесть показания по инструменту, установленному на детали, то необходимо закрепить стопором микрометрический винт в момент начала его контакта с измеряемой деталью, осторожно снять микрометр и затем определить показания. Микрометр при этом следует держать только за скобу (рис. 2.4).

При измерениях деталей, закрепленных в приспособлениях или установленных на призме, при горизонтальном положении оси микрометра (рис. 2.4, *а, б, в*) левой рукой поддерживают скобу посередине, слегка прижимая пятку к измеряемой поверхности.

В случае измерения деталей при вертикальном положении оси микрометра (рис. 2.4, *в*) левая рука должна поддерживать скобу снизу около пятки, чтобы масса микрометра воспринималась этой рукой, и слегка прижимать пятку к измеряемой поверхности детали.

При измерениях микрометром, закрепленном в стойке (рис. 2.4, *д*), левая рука должна находиться за скобой и захва-

тывать деталь недалеко от микрометрического винта, слегка прижимая деталь к пятке. Такой прием измерения рекомендуется для деталей малых размеров. Скобу микрометра рекомендуется закреплять в стойке под углом  $40-45^\circ$ , так как это положение обеспечивает хорошую видимость шкалы стебля и удобство отсчета показаний.

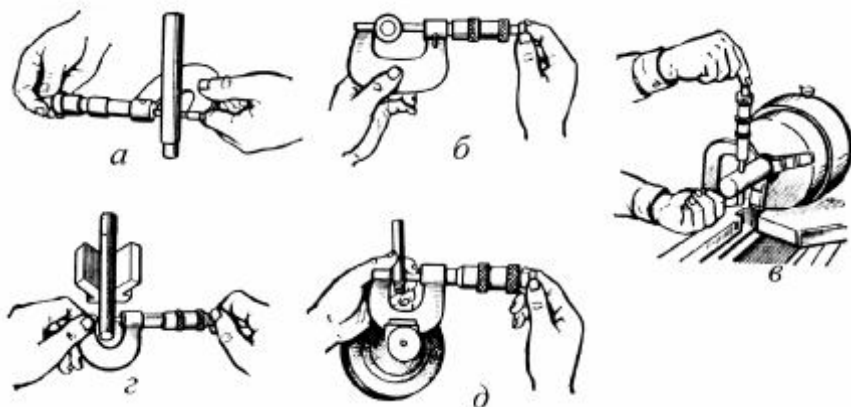


Рис. 2.4. Приемы правильного измерения микрометром

При измерении незакрепленных деталей их лучше всего устанавливать на какое-либо основание. Цилиндрические детали рекомендуется укладывать на призму (рис. 2.4, *з*).

#### **2.2.4. Отсчет показаний**

При отсчете показаний микрометр необходимо держать прямо перед глазами, чтобы избежать искажений результатов измерений (рис. 2.5).

Отсчет показаний производится следующим образом. Число целых и половин миллиметров отсчитывается по основной шкале на стебле краем скоса барабана. Номер деления шкалы барабана, располагающегося против продольного штриха стебля, определяет число сотых и десятых долей миллиметра. Показания основной шкалы и шкалы барабана суммируются. Особого внимания требует отсчет размеров, в кото-

рых число сотых близко к 0 или 50. В итоге неправильного отсчета ошибка составляет полмиллиметра. Штрих на основной шкале (шкале стебля) учитывается в том случае, когда он вышел полностью изпод скоса барабана и имеется хоть и небольшой, но зазор с краем скоса. Используется следующая рекомендация, облегчающая выполнение отсчета.

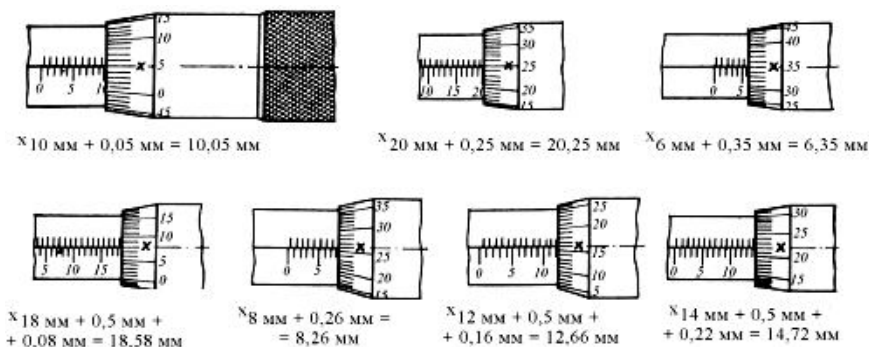


Рис. 2.5. Примеры отсчета показаний на микрометре

Штрих на шкале стебля учитывается тогда, когда нуль шкалы барабана перейдет за продольный штрих шкалы стебля при вращении барабана на измеряющего (номера штрихов шкалы барабана увеличиваются при вращении на измеряющего). Если этого перехода не будет, соответствующее деление на основной шкале не учитывается, хотя уже данный штрих виден.

В тех случаях, когда ни один из штрихов барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, считается ближайший к этому штриху штрих барабана.

### 2.3. Порядок выполнения работы

#### Задание 1. Линейные измерения размеров

1. Заданное преподавателем число раз измерить деталь в четырех направлениях. Направления I и II, а также III и IV находятся в взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 8);

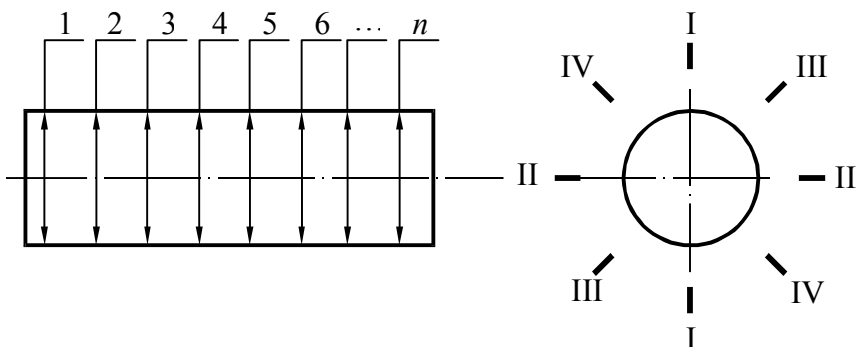


Рис. 2.6. Схема измерения детали

2. Результаты измерений занести в табл. 3.

Измеряемый диаметр	Число измерений						
	1	2	3	4	5	...	n
Направление I $d_{1i}$							
Направление II $d_{2i}$							
Отклонение круглости $\bigcirc_{12-i}$							
Направление III $d_{3i}$							
Направление IV $d_{4i}$							
Отклонение круглости $\bigcirc_{34-i}$							

3. Определить наибольший и наименьший диаметры детали  $\varnothing d_{max}$  и  $\varnothing d_{min}$ .

4. Найти стандартный диаметр  $\varnothing d$  по ГОСТ 6636-69.

5. Определить верхнее и нижнее отклонения

$$es = \varnothing d_{max} - \varnothing d$$

$$ei = \varnothing d_{max} - \varnothing d$$

6. Вычислить предварительное значение допуска и определить квалитет. Найти буквенное обозначение отклонений.

7. Подсчитать отклонение круглости в каждом измеряемом сечении:

$$O_{12-i} = \left| \frac{d_{1i} - d_{2i}}{2} \right|;$$

$$O_{34-i} = \left| \frac{d_{3i} - d_{4i}}{2} \right|$$

Наибольшее из найденных значений и будет максимальным для данной детали отклонением круглости.

8. Подсчитать отклонение цилиндричности для каждого направления:

$$\varnothing_1 = \left| \frac{d_{1max} - d_{1min}}{2} \right|;$$

$$\varnothing_2 = \left| \frac{d_{2max} - d_{2min}}{2} \right|;$$

$$\varnothing_3 = \left| \frac{d_{3max} - d_{3min}}{2} \right|;$$

$$\varnothing_4 = \left| \frac{d_{4max} - d_{4min}}{2} \right|;$$

Наибольшее из найденных значений и будет максимальным для данной детали отклонением цилиндричности.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Расскажите из каких элементов состоит микрометр.
2. как проводится проверка установки на нуль?
3. Методика установки микрометра на нуль?
4. Расскажите о приёмах проведения измерений.



### Лабораторная работа №3. Микрометрические инструменты. Микрометр резьбовой

**Цель работы:** практически ознакомиться с устройством и приемами измерений среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром.

**Оборудование и инструмент:** деталь, микрометр резьбовой, штангенциркуль, резьбомер, измерительная линейка.

#### 3.1. Общие сведения

Стандартами установлены для резьбовых деталей величины допусков на средний, наружный и внутренний диаметры. На средний диаметр назначается комплексный допуск, включающий в себя допуск на собственно средний диаметр и диаметральные компенсации отклонений шага и половины угла профиля.

Таким образом, ошибки среднего диаметра, шага и половин угла профиля для резьбовых деталей (болтов, гаек, шпилек и др.) ограничиваются комплексно допуском на средний диаметр. В соответствии с этим цилиндрические резьбовые детали и контролируют, как правило, комплексным методом.

Комплексный метод контроля деталей осуществляется при помощи резьбовых калибров и контрольных приспособлений.

При наиболее жестких требованиях к точности изготовления резьбовых деталей применяют дифференцированный метод. Этот метод основан на измерении каждого элемента отдельно. Заключение о годности делают также по каждому элементу отдельно.

Одним из основных методов определения среднего диаметра является измерение его резьбовым микрометром.

### 3.2. Конструкция микрометра резьбового

Резьбовые микрометры (рис. 3.1) применяются для измерения наружного, среднего, внутреннего диаметров и шага резьбы. Резьбовой микрометр представляет собой обычный микрометр, в микрометрическом винте и пятке которого имеются посадочные отверстия, в которые устанавливают комплекты сменных вставок (рис. 3.2), соответствующие измеряемым элементам резьбы. Для удобства измерений резьбовой микрометр закрепляют в стойке, а затем настраивают по шаблону или эталону.

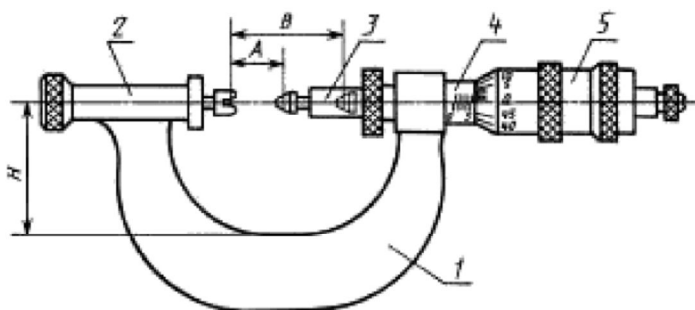


Рис. 3.1. Конструкция микрометра резьбового:  
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт;  
4 – стембель; 5 – барабан

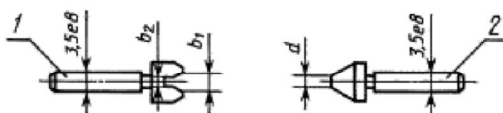


Рис. 3.2. Вставки: 1 – призматическая; 2 – коническая

Резьбовые микрометры предназначены для точных измерений средних диаметров метрической и трубной резьб (средних — потому что диаметр резьбы одновременно определяется и по гребню, и по канавке, то есть за раз меряется и внешний, и внутренний диаметр резьбы). Отличаются резьбовые микрометры от гладких микрометров наличием отверстий (гнезд) в

пятке и в стержне (шпинделе) микрометрического винта. Отверстия служат для фиксации наконечников (призматических и конических вставок с углами, равными углам профиля резьбы – каждая пара наконечников предназначена для определенного шага резьбы), поставляемых вместе с резьбовым микрометром. Призматические вставки устанавливаются в отверстия пяток, а конические — в стержни микрометрических винтов. Угол между измерительными поверхностями наконечников для метрической резьбы равен  $60^\circ$ , для дюймовой —  $55^\circ$ . Каждая вставка имеет свой профиль: призматическая повторяет профиль гребня резьбы, а конусная – профиль впадины.

Чтобы определить с помощью резьбового микрометра средний диаметр резьбы, сначала нужно знать ее характеристики. Для этого используют специальные шаблоны-резьбомеры. Шаблоны поочередно прикладывают к резьбе до полного совпадения. После выбора наконечников соответствующих шагу и профилю резьбы следует измерение резьбовым микрометром. Призматическую вставку устанавливают на гребень резьбы, а коническую – в канавку. Таким образом, пара наконечников фиксирует прибор строго перпендикулярно оси исследуемой детали (рис. 3.3).

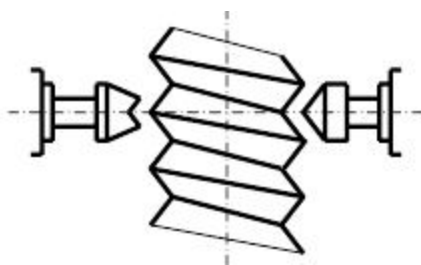


Рис. 3.3. Измерение резьбовой поверхности микрометром

Перед началом контроля изготавливаемых резьбовых деталей микрометр настраивают по резьбовому калибру или шаблону.

Резьбовой микрометр может применяться для измерения среднего диаметра резьбовых изделий, кроме калибров, так как

погрешности измерения могут достигать больших величин: до  $\pm 0,1 \dots 0,15$  мм. Резьбовые микрометры выпускаются с пределами измерения 0-25, 25-50, 50-75 и так далее до 600 мм. Цена деления шкалы барабана 0,01 мм.

### 3.3. Нахождение среднего диаметра резьбы

По обозначению резьбы на чертеже детали определяют наружный диаметр и шаг резьбы, степень ее точности. Средний диаметр резьбы и его отклонения находят по следующим зависимостям:

1. Рассчитывают номинальный размер среднего диаметра резьбы по соотношению

$$d_2 = d - 0,6495 \times P, \quad (3.1)$$

где  $P$  – шаг резьбы, мм;  $d$  – наружный диаметр резьбы, мм.

2. Определяют основные отклонения по формулам:

$$\begin{aligned} es(h) &= 0; \\ es(d) &= -(80 + 11P); \\ es(e) &= -(50 + 11P); \\ es(f) &= -(30 + 11P); \\ es(g) &= -(15 + 11P); \end{aligned} \quad (3.2)$$

где  $es$  – верхние отклонения резьб, мкм;  $h, d, e, f, g$  – основные отклонения резьб.

3. Рассчитывают допуск (в микрометрах) на изготовление среднего диаметра  $Td_2$  резьбы 6-й степени точности по формуле:

$$Td_2(6) = 90 \times P^{0,4} \times d^{0,1}. \quad (3.3)$$

Допуски остальных степеней точности определяются умножением допуска 6-й степени точности на коэффициенты, приведенные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Степень точности	3	4	5	6	7	8	9	10
------------------	---	---	---	---	---	---	---	----

Коэффициент	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5
-------------	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	-----

Определяют второе предельное отклонение среднего диаметра резьбы:

$$ei = es - Td_2, \quad (3.4)$$

где  $ei$  – нижнее отклонение для среднего диаметра резьбы, мкм.

4. Подсчитывают предельные размеры для среднего диаметра резьбы:

$$d_{2max} = d_2 + es, \quad (3.5)$$

$$d_{2min} = d_2 + ei. \quad (3.6)$$

### 3.4. Порядок выполнения работы

1. Подобрать вставки, соответствующие шагу резьбы. Коническую вставку вставить в отверстие микрометрического винта, а призматическую – в отверстие пятки.

2. Установить микрометр на ноль.

3. Установить вращением микровинта такое расстояние между измерительными вставками, при котором измеряемое изделие будет проходить с небольшим натягом. При этом витки резьбы должны проходить через впадину призматической вставки и охватывать коническую вставку. Ось микровинта и ось измеряемого изделия должны быть перпендикулярны.

4. Отсчет по микрометру записать в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Результаты замера резьбовым микрометром, мм

Исполнительный размер $d_2$	Отсчет по микрометру			Действительный размер $d_2$	Заключение о годности
	1	2	3		

5. Замеры повторить 3 раза.

6. Посчитать среднее значение 3-х замеров и занести его в таблицу 4.5 как действительный размер  $d_2$ .

7. Дать заключение о годности.

***Вопросы для самопроверки***

1. Назовите основные параметры резьбы.
2. Какой диаметр резьбы называют средним?
3. Какой диаметр резьбы называют приведенным средним диаметром?
4. Назовите диаметры наружной резьбы, для которых по ГОСТ установлены (или не установлены) допуски.
5. Какие степени точности установлены ГОСТ для среднего диаметра наружной резьбы?
6. От чего зависит величина допуска среднего диаметра резьбы?
7. Какие методы оценки точности резьбы Вы знаете ? В чем они заключаются?
8. Назовите основные части микрометра.
9. Какова метрологическая характеристика использованного Вами микрометра?
9. Как проводится измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром?

## **Лабораторная работа №4. Рычажная скоба**

**Цель работы:** изучение методики измерения размеров и отклонений формы цилиндрических деталей рычажной скобой.

**Объект исследования:** рычажная скоба, штангенциркуль, набор мерных плиток.

### ***4.1. Устройство рычажных скоб. Методика настройки и использования для измерения линейных размеров***

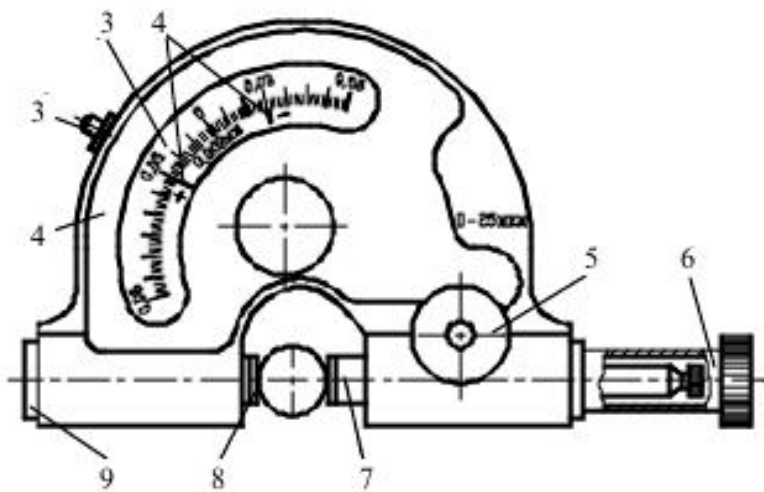
Рычажно-зубчатые измерительные приборы основаны на преобразовании малых перемещений измерительного стержня в большие перемещения указателя. Указанные приборы предназначены, как правило, для относительного измерения контактным методом. Недостатком зубчатых передач является ограниченная точность вследствие биений зубчатых венцов колес, погрешностей окружных шагов и профилей зубьев. Точность измерительного прибора можно значительно повысить, если первое звено, т.е. рейку и малое зубчатое колесо, заменить рычагом. С помощью рычага при небольших углах его отклонений можно получить весьма точное начальное увеличение измеряемого отклонения с последующим дополнительным его увеличением зубчатой передачей. Однако при этом уменьшается диапазон показаний инструмента. Типичным представителем таких инструментов является рычажная скоба (рис. 4.1).

Техническая характеристика рычажной скобы СР-25 (ГОСТ 11098)

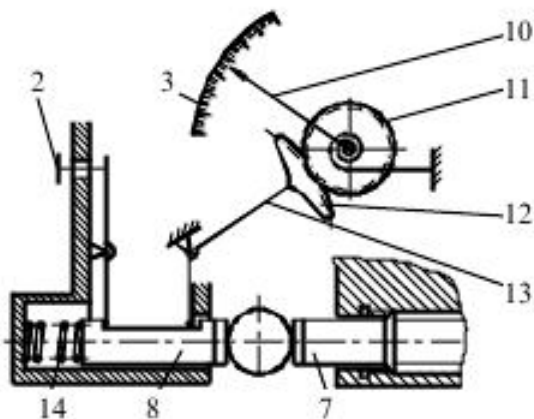
- Диапазон измерений, мм 0 ... 25
- Диапазон показаний отсчетного устройства, мм 0,28
- Цена деления, мм 0,002
- Предельная погрешность, мм  $\pm 0,002$
- Наибольшее измерительное усилие, Н  $600 \pm 100$

В корпусе 1 скобы в двух соосных направляющих перемещаются стержни: левый 8 – измерительный, оканчивающийся чувствительной пяткой, и правый 7 – установочный, регули-

руемый с опорной пяткой. Измерительный стержень упирается в пружину 14, регулируемую вручную поворотом колпачка 9.



*a*



*б*

Рис. 4.1. Рычажная скоба:

*a* – общий вид, *б* – кинематическая схема

Установочный стержень 7 перемещается в направляющих вращением колпачка 6 и закрепляется зажимом 5. Изме-



рительный стержень 8 при посредстве рычажка 13 и зубчатого сегмента 12 действует на зубчатое колесо 11, на оси которого закреплен указатель 10, вращающийся поверх шкалы 3.

Для установки рычажной скобы на ноль по концевым мерам длины освобождают зажим 5 (см. рис. 81) и вращением колпачка 6 отводят стержень 7, затем вводят блок концевых мер длины, составленный по размеру измеряемой детали, и колпачком 6 перемещают стержень 7 влево, воздействуя через набор концевых мер на чувствительную пятку стержня 8 и стрелку 10. После того как стрелка доведена до нулевого показания шкалы, установочный стержень 7 укрепляют зажимом 5. Рычаг 2 освобождает пятку стержня 8 и концевые меры.

Установку на ноль проверяют 2–3 раза. После этого вводят между стержнями 8 и 7 измеряемую деталь и измеряют ее размеры. После окончания измерений проверяют нулевую установку скобы (см. выше описание индикаторной скобы).

#### 4.2. Порядок выполнения работы

1. Заданное преподавателем число раз измерить деталь в четырех направлениях. Направления I и II, а также III и IV находятся в взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 4.2);

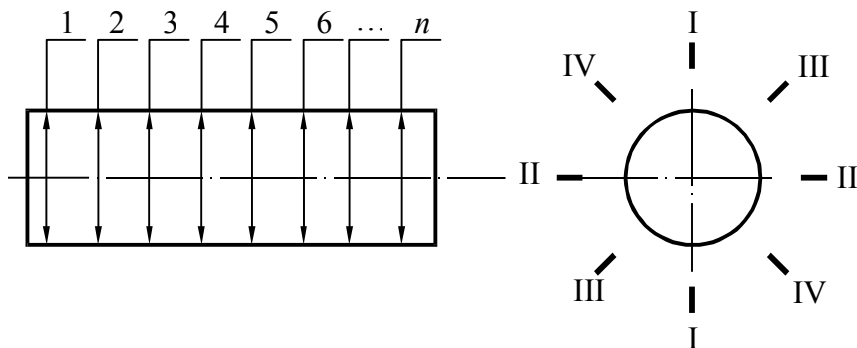


Рис. 4.2. Схема измерения детали

2. Результаты измерения занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

## Результаты измерений

Сечение	Показания индикатора, мкм		Диаметр отверстия, мм		Отклонение круглости, мм
	Направление измерений				
	I-е	II-е	I-е	II-е	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
Отклонение цилиндричности, мм	—	—			$\bigcirc_{max} =$ $\phi_{max} =$

3. Определить наибольший и наименьший диаметры детали  $\varnothing d_{max}$  и  $\varnothing d_{min}$ . Найти стандартный диаметр  $\varnothing d$  по ГОСТ 6636-69.

4. Определить верхнее и нижнее отклонения

$$es = \varnothing d_{max} - \varnothing d$$

$$ei = \varnothing d_{min} - \varnothing d$$

5. Вычислить предварительное значение допуска и определить квалитет. Найти буквенное обозначение отклонений.

6. Подсчитать отклонение круглости в каждом сечении:

$$\bigcirc_{12-i} = \left| \frac{d_{1i} - d_{2i}}{2} \right|;$$

$$\bigcirc_{34-i} = \left| \frac{d_{3i} - d_{4i}}{2} \right|$$

Наибольшее из найденных значений и будет максимальным для данной детали отклонением круглости.

8. Подсчитать отклонение цилиндричности для каждого направления:

$$\bigcirc_1 = \left| \frac{d_{1\max} - d_{1\min}}{2} \right|;$$

$$\bigcirc_2 = \left| \frac{d_{2\max} - d_{2\min}}{2} \right|;$$

$$\bigcirc_3 = \left| \frac{d_{3\max} - d_{3\min}}{2} \right|;$$

$$\bigcirc_4 = \left| \frac{d_{4\max} - d_{4\min}}{2} \right|;$$

Наибольшее из найденных значений и будет максимальным для данной детали отклонением цилиндричности.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Что понимают под отклонением формы поверхности детали?
2. Что такое «прилегающая поверхность» и «прилегающий профиль»?
3. Какие отклонения формы цилиндрических поверхностей деталей Вы знаете?
4. Что понимают под отклонением от круглости?
5. Назовите частные виды отклонения от круглости.
6. Каковы причины появления отклонений от круглости?
7. На какой длине производят оценку отклонений от круглости?
8. В каких сечениях производят измерение отклонений от круглости?

## Лабораторная работа №5. Индикаторный нутромер

**Цель работы:** Ознакомление с устройством и основными метрологическими показателями измерительных головок и индикаторного нутромера; освоение принципов проверки шкалы индикаторного нутромера концевыми мерами длины.

**Объект исследования:** индикаторный нутромер, штангенциркуль, микрометр, деталь.

### 5.1. Общие сведения

Нутромер — измерительное средство для определения внутренних линейных размеров (отверстий, пазов и т.п.), устанавливаемое при измерениях на детали (или вводимое в деталь).

Первые нутромеры появились в 16–17 вв. Они представляли собой циркуль с загнутыми наружу концами ножек (рис. 5.1).

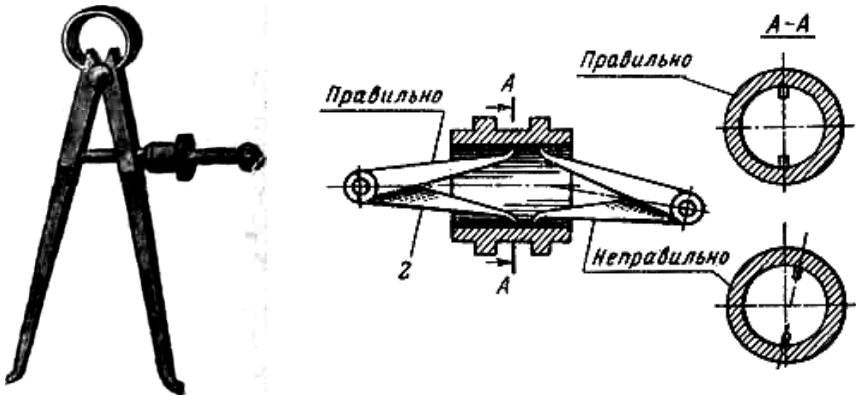


Рис. 5.1. Кронциркуль-нутромер

Измерения производят, как правило, двумя сферическими наконечниками, расположенными под углом  $180^\circ$ . Большинство нутромеров имеет устройства для установки (центрирования) линии измерения в направлении контролируемого размера, а также дополнительные механизмы для передачи перемещений

от измерительных наконечников на отсчётное устройство. Строгой классификации нутромеров нет. Чаще всего им присваивают название по какому-либо отличительному признаку: по конструкции — цанговые, шариковые и т.п., по типу отсчётного устройства — индикаторные и др., по виду контакта с измеряемой поверхностью, например кромочные, и т.д.

Для отверстий относительно небольших размеров обычно применяют нутромеры, имеющие различные передаточные механизмы (от наконечников к отсчётному устройству) — конусные, рычажные, клиновые. Для отверстий малых диаметров предназначаются нутромеры с конусными передачами: кромочные (размер от 0,2 мм определяют по шкале с нониусом или по стрелочной отсчётной головке); цанговые (от 0,95 мм), шариковые (от 3 до 18 мм) 3 типоразмеров и др.

Индикаторные нутромеры выпускаются обычно с рычажными (предел измерений 3–1000 мм — 10 типоразмеров), и клиновыми передачами (предел измерений — 18–50 мм).

Большинство нутромеров имеет две точки контакта с измеряемой поверхностью (двухконтактная схема измерения). Исключение составляют так называемые пассиметры — нутромеры с трёхконтактной схемой (К.Цейс, ГДР), которые имеют два неподвижных и один подвижный наконечники; пределы измерений 19—120 мм. Предварительная настройка таких нутромеров производится по установочным кольцам.

## ***5.2. Индикаторный нутромер***

Нутромеры предназначены для измерения размеров внутренних поверхностей относительным методом сравнения с мерой. Нутромер вставляют в измеряемое отверстие на глубину заданного сечения и медленным поворотом на небольшой угол относительно оси детали находят значения, т.е. в сечении, перпендикулярном к оси отверстия, а при отклонении линии измерения от перпендикулярного к оси цилиндрического отверстия в сечении получается размер, больший диаметра.

проводимые измерения относятся к области геометрических измерений, а именно к линейно-угловым измерениям.

Индикаторный нутромер представляет собой полую трубку, на одном конце которой расположено измерительное устройство, а на другом – гнездо для измерительной головки (рис. 5.2). Внутри корпуса находится система рычагов, предназначенная для передачи перемещения измерительного стержня к отсчетному устройству.



Рис. 5.2. Внешний вид индикаторного нутромера

В корпусе нутромера (рис. 5.3), защищенном от теплового воздействия оператора теплоизоляционной втулкой, вставлена втулка-вставка 2, в которую с одной стороны ввернут сменный неподвижный измерительный стержень 3, а с другой стороны находится подвижный измерительный стержень 4, воздействующий на двухплечий рычаг 5, закрепленный на оси 6. Внутри корпуса размещен шток 8, поджимаемый к рычагу 5

измерительным стержнем индикатора часового типа и спиральной пружиной 10. Последние создают измерительное усилие в пределах от 200 до 500 сН.

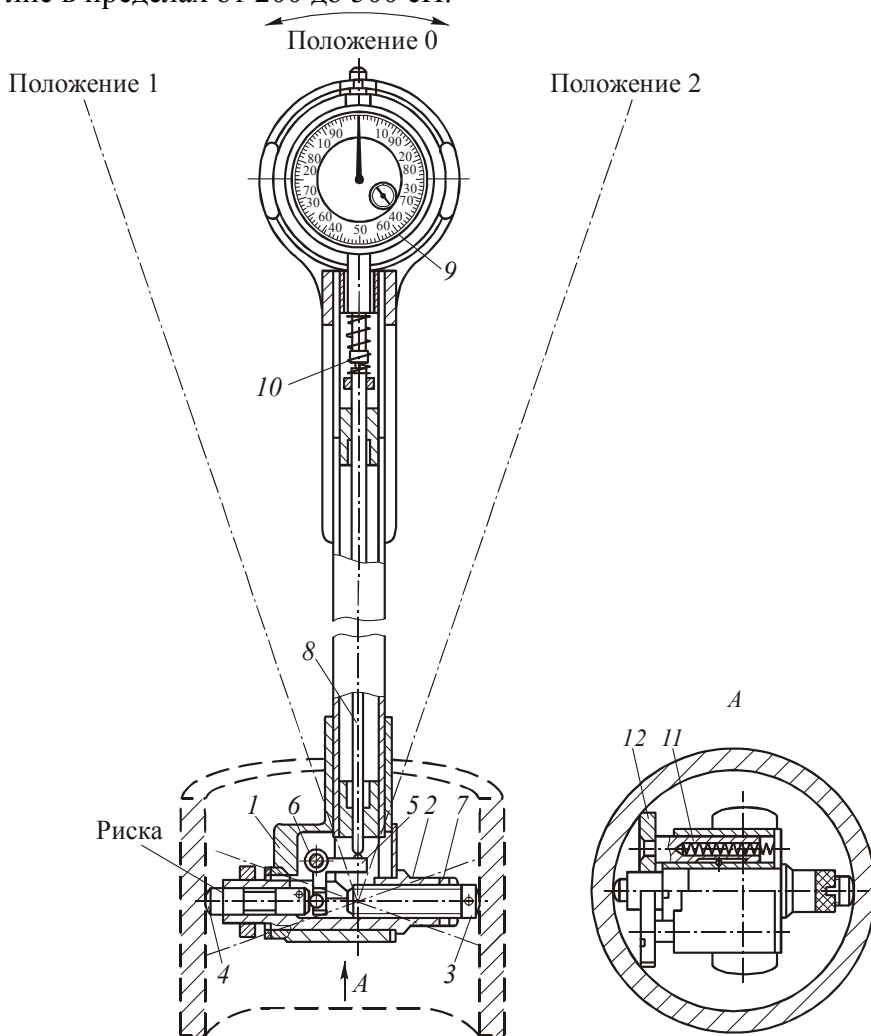


Рис. 5.3. Устройство индикаторного нутромера

В пределах диапазона измерений нутромеры снабжаются комплектом сменных измерительных стержней. Положение

неподвижного измерительного стержня после настройки фиксируется гайкой 7. Подвижный измерительный стержень 4 под воздействием измерительного усилия находится в крайнем исходном положении. Центрирующий мостик 12, поджимаемый двумя пружинами 11 к поверхности контролируемого отверстия, обеспечивает совмещение линии измерения с диаметром отверстия.

Основные элементы измерительного индикатора (рис. 5.4): 1 – измерительный стержень перемещается параллельно шкале: 1 – циферблат, 2 – стрелка, 3 – головка измерительного стержня, 4 – стопор, 5 – корпус, 6 – ободок, 7 – ушко, 8 – указатель чисел оборотов, 9 – измерительный стержень, 10 – наконечник, 11 – гильза.

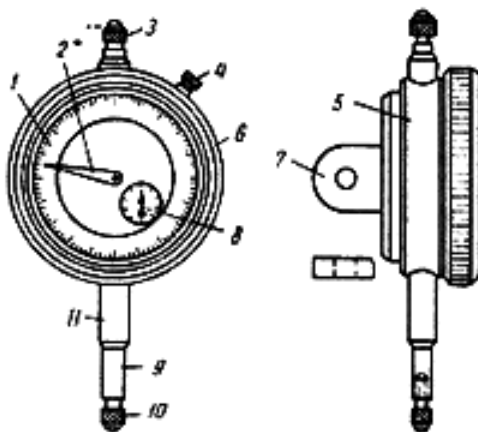


Рис. 5.4. Индикатор часового типа

Диапазоны измерений нутромеров различных моделей колеблются от 6 – 10 мм (НИ10) до 700 – 1000 мм (НИ1000). Наибольшая глубина измерения: 100 мм (НИ10), 130 мм (НИ18), 150 мм (НИ50) и т.д., до 500 мм. Настройка нутромера и отсчет показаний производится с помощью измерительного индикатора часового типа мод. ИЧ2 или ИЧ10 с диапазоном



измерений 0 – 2 мм, 0 – 5 мм или 0 – 10 мм. Цена деления шкалы – 0,01 мм.

Они предназначены для относительных измерений отверстий прямым контактным методом. Подготовка нутромера к измерениям сводится к предварительной настройке его на номинальный (установочный) размер.

Преимущества: высокая производительность при массовом и серийном производстве; достаточная точность измерения.

Недостатки: большие потери времени на настройку прибора при единичном измерении.

### ***5.2.1. Подготовка нутромера к измерениям***

Сборка нутромера проводится в следующей последовательности:

- вставить индикатор в отверстие трубчатого корпуса так, чтобы стрелка сделала 1-1,5 оборота и закрепить стопорный винт;
- подобрать нужную вставку и вернуть ее с шайбой или без нее в некоторых конструкциях необходимо установить нужный вылет вставки и законтрить гайкой;
- проверить реакцию индикатора на нажатие измерительного стержня, после снятия усилия стрелка должна возвращаться в первоначальное положение.

Настройка индикатора на ноль:

- поставить державку на плоскость стола;
- вставить боковики так, чтобы криволинейные поверхности (если они есть) находились сверху и располагались наружу;
- составить необходимый блок мер, поместить его между боковинами и зажать винтом.

Настройка на ноль является наиболее ответственной операцией, ее лучше выполнять вдвоем. Главное, добиться взаимно-перпендикулярного расположения оси вставки, измерительного стержня и плоскостей отверстия. Перпендикулярность достигается путем медленного, плавного перемещения

трубчатого корпуса в плоскости державки. Момент остановки стрелки является предельной точкой, т.е. нулем. Вращая обороток 6, установить ноль шкалы (рис. 5.5).

Отсчет показаний производят по внешней шкале, если стрелка отклоняется вправо от нуля, то оно берется со знаком минус. Отсчет показаний при отклонении стрелки влево производят по внутренней шкале и берут со знаком плюс. Перемещение измерительного стержня на целое число миллиметров отсчитывается стрелкой указателя оборотов по малой шкале. Примеры отсчета показаний при настройке нутромера на блок мер размером 68 мм показаны на рис. 5.6.

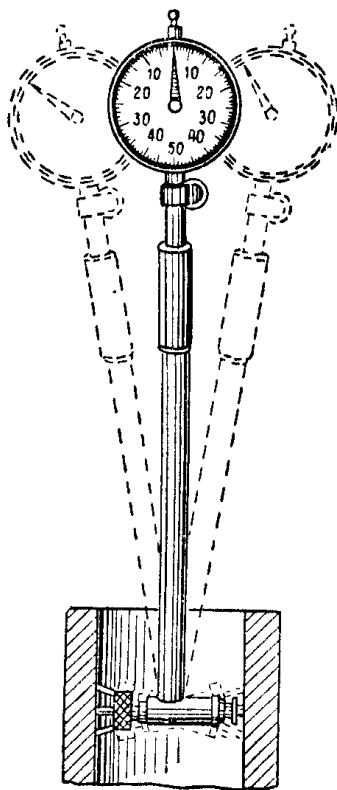


Рис. 5.5. Установка нутромера на точный размер

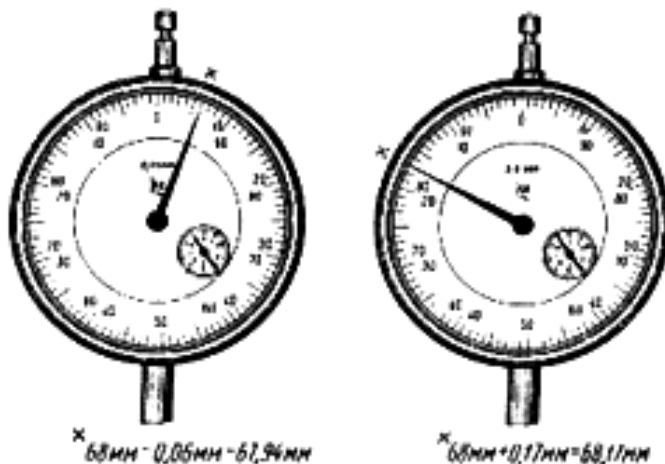


Рис. 5.6. Примеры отсчета показаний

### **5.3. Содержание работы и порядок выполнения**

#### **5.3.1. Настройка индикаторного нутромера на номинальный размер**

1. Измерить штангенциркулем диаметр  $D$  данного отверстия. Этот размер будет являться номинальным (установочным) для настройки. Например:  $D = 10,0$  мм.
2. Собрать из концевых мер этот размер и установить собранный блок между боковинками в державку.
3. Задвигая и выдвигая измерительный стержень измерительного устройства индикаторного нутромера, добиться, чтобы маленькая стрелка индикаторной головки находилась посередине между первым и вторым делениями.
4. Зафиксировать положение сменной вставки специальным ключом.
5. Установить нутромер в аттестованное установочное кольцо.
6. Вращая подвижный циферблат индикатора, подвести к большой стрелке нулевое деление.

### 5.3.2. Задание 1

Проверить шкалу индикаторного нутромера с шагом 0,05 мм для определения его погрешности:

- проверку погрешности нутромера провести при измерении следующих размеров блока концевых мер: D-0,2; B-0,15; D-0,1; D-0,05; D; D+0,05 D+0,1; D+0,15; O+0,2. (См. табл. 5.1 аттестата, строка 1). В примере D = 10,0 мм.

- подсчитать относительный размер в поверяемых точках (см. табл. 5.1, строка 2). Количественно он равен (мкм): -200 (-0,2 мм); -150; -100; -50; 0; +50; +100; +150; +200;

- контролируемые размеры последовательно собрать из концевых мер в блоки;

- каждый полученный размер установить в державку с боковинками и замерить индикаторным нутромером;

- снять показания с прибора на глаз с точность до 0,001 мм. Результаты занести в табл. 5.1, строка 3;

- подсчитать величину погрешности измерения (абсолютное значение разности относительного размера и показания прибора). Результаты занесите в табл. 5.1, строка 4;

- определить величину поправки и ее знак. Результаты занесите в табл. 5.1, строка 5.

Таблица 5.1

Аттестат на индикаторный нутромер № 857677 с пределами измерениями от 8 до 18 мм и ценой деления 0,01 мм.

Размер по набору плиток, мм	9,8	9,85	9,9	9,95	10,0	10,05	10,1	10,15	10,2
Относительный размер, мкм	-200	-150	-100	-50	0	+50	+100	+150	+200
Показания индикатора, мкм	-202	-146	-104	-56	0	+52	+93	+147	+204
Погрешность, мкм	2	4	4	6	0	2	7	3	4
Поправка, мкм	+2	-4	+4	+6	0	-2	+7	+3	-4

### 5.3.3. Задание 2

По результатам таблицы аттестата построить график кривой поправок (рис. 5.7).

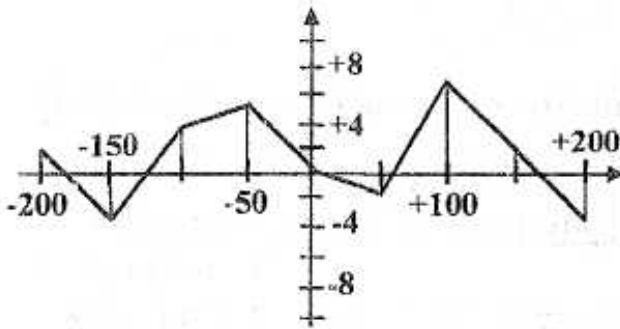


Рис. 5.7

По оси ординат (X) откладываем значения относительно размера (строка 2 табл. 5.1), а по оси абсцисс (Y) – значения поправок (строка 5 табл. 5.1). Кривая поправок позволяет определить знак погрешности, которую имеет индикаторный нутромер на нормируемом участке  $\pm 200$  мкм. ( $\pm 0,2$  мм.)

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие существуют методы измерения размеров, их сущность и область применения?
2. Что называется измерительными головками и индикаторами?
3. Типы измерительных головок, их точность и сфера применения.
4. Устройство индикатора часового типа, его преимущества и недостатки.
5. Принцип действия рычажно-пружинных головок, их преимущества и недостатки.
6. Что показывает кривая поправок?
7. Устройство индикаторных нутромеров, их преимущества и недостатки, сфера применения.

## Библиографический список

1. Метрология, стандартизация и сертификация : Учебник для бакалавров / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. – 5 – е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 813 с.
2. Архипов А.В. Метрология. Стандартизация. Сертификация: Учебник для студентов вузов / А.В. Архипов, А.Г. Зекуннов, П.Г. Курилов; Под ред. В.М. Мишина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 495 с.
3. Иванов И.А. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте: Учебник для студентов среднего профессионального образования / И.А. Иванов, С.В. Урушев, А.А. Воробьев. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 336 с.
4. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для бакалавров / А.Г. Сергеев, В.В. Терегеря. – М.: Юрайт, ИД Юрайт, 2013. – 838 с.
5. Хрусталева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум: Учебное пособие / З.А. Хрусталева. – М.: КноРус, 2013. – 176 с.
6. Маргелашвили Л.В. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте: Лабораторно – практические работы: Учебное пособие для студ. учреждений сред. Проф. образования / Л.В. Маргелашвили. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 208 с.
7. Басаков М.И. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: 100 экзаменационных ответов / М.И. Басаков. – Рн/Д : Феникс, ИКЦ МарТ, 2010. – 224 с.

## Оглавление

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. Штангенинструменты.....	8
1.1. Назначение и устройство штангенинструментов.....	8
1.2. Подготовка к процессу измерения.....	17
1.3. Порядок выполнения работы.....	20
Лабораторная работа №2. Микрометрические инструменты.	
Микрометр гладкий.....	22
2.1. Конструкция гладкого микрометра.....	23
2.2. Микрометр гладкий.....	25
2.3. Порядок выполнения работы.....	30
Лабораторная работа №3. Микрометрические инструменты.	
Микрометр резьбовой.....	33
3.1. Общие сведения.....	33
3.2. Конструкция микрометра резьбового.....	34
3.3. Нахождение среднего диаметра резьбы.....	36
3.4. Порядок выполнения работы.....	37
Лабораторная работа №4. Рычажная скоба.....	39
4.1. Устройство рычажных скоб. Методика настройки и использования для измерения линейных размеров.....	39
4.2. Порядок выполнения работы.....	41
Лабораторная работа №5. Индикаторный нутромер.....	44
5.1. Общие сведения.....	44
5.2. Индикаторный нутромер.....	45
5.3. Содержание работы и порядок выполнения.....	51
Библиографический список.....	54

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

методические указания к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Метрологии, стандартизации, сертификации»  
для студентов специальности 190600 «Эксплуатация транс-  
портно-технологических машин и комплексов»,  
190100 «Наземные транспортно-технологические комплексы»,  
190109 «Наземные транспортно-технологические средства»

Составитель: Жилин Роман Анатольевич

Подписано в печать 04.07.2016 . Уч.- изд.л. 3,4.

---

394006 Воронеж, ул 20-летия Октября,84