

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАР-  
СТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)**



Методические указания  
по дисциплине  
**«Основы взаимозаменяемости»**  
для обучающихся по направлению подготовки  
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств  
профиль Технология машиностроения

2021 года набора

Волгодонск  
2021

## Лист согласования

Методические указания по дисциплине «Основы взаимозаменяемости» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «ТСиИТ»

протокол № 13

от «01» июля 2021 г

## Содержание

	стр
1. Пояснительная записка	4
2. Перечень лабораторных работ	5
3. Лабораторная работа № 1. Измерение размеров штангенприборами	6
4. Лабораторная работа № 2. Измерение радиального, торцового биения и погрешности формы вала	15
5. Лабораторная работа № 3. Определение параметров шероховатости по профилограмме	21

## **1. Пояснительная записка**

Методические указания для лабораторных работ по дисциплине «Основы взаимозаменяемости» предназначены для организации учебного процесса по дисциплине.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**уметь:**

- выполнять метрологическую поверку средств измерений;
- проводить испытания и контроль продукции;
- определять износ соединений;

**знать:**

- основные понятия, термины и определения;
- средства метрологии, стандартизации и сертификации;
- профессиональные элементы международной и региональной стандартизации;
- показатели качества и методы их оценки;
- системы и схемы сертификации.

Целью данных методических указаний является оказание помощи студентам в овладении умениями применять на практике теоретические знания при подборке средств измерения и контроля продукции, методов их оценки при помощи средств метрологии, стандартизации и сертификации. Для этого в методических указаниях приведены методики выполнения лабораторных работ согласно утвержденной рабочей программе.

## 2. Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторных работ	Объем часов
1. Измерение линейных размеров штангенприборами	2
2. Измерение радиального, торцового биения и погрешности формы вала	2
3. Определение параметров шероховатости по профилограмме	2

### Практическая работа №1

**Тема:** Измерение линейных размеров штангенприборами

**Цель лабораторной работы.** Целью работы по измерению методом непосредственной оценки является ознакомление с назначением, устройством и работой линейки, штангенциркуля, микрометра и угломера; усвоение практических навыков по правильному их использованию; также приобретение навыков определения отклонений формы деталей.

Содержание работы – измерение при помощи линейки, штангенциркуля, микрометра, угломера размеров детали; определение отклонений их формы, определение годности детали.

Время выполнения практической работы – 2 часа

#### **Методика проведения занятия**

В работе используется метод непосредственной оценки, предусматривающий применение следующих средств измерений и принадлежностей: линейка, штангенциркуль, микрометр, угломер и объекты измерения. Указанные средства измерения используются для контактного измерения геометрических размеров и углов наклона сторон деталей.

#### **Задачами занятия являются:**

- закрепление знаний по измерению геометрических размеров методом непосредственной оценки;
- изучение конструкций приборов для измерения геометрических размеров изделий, использующих методы непосредственной оценки;
- установление порядка проведения измерений наружных и внутренних размеров с помощью линейки, штангенинструментов, микрометра и угломера;
- изучение порядка подготовки к измерениям;
- получение практических навыков при измерении внутренних и наружных размеров методом непосредственной оценки и отбраковке негодных изделий.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Перед началом работы студенту необходимо уяснить цель и задачи практической работы; разобраться в теоретическом материале, в особенностях конструкции и основных технических характеристиках применяемых средств измерений. Уяснить порядок выполнения и правила безопасности при выполнении работы, представлять ожидаемые результаты.

Работа выполняется бригадами по 4 студента. Перед началом работы бригада должна пройти собеседование по целям и задачам работы, ее основным теоретическим положениям, по порядку выполнения работы и правилам безопасности.

После собеседования бригада получает комплект средств измерений, применяемые детали для проведения измерений. Измерения начинаются после устного разрешения преподавателя. Необходимо брать средства измерения, проводить измерения и размещать их в соответствующие отсеки полученного бокса с вниманием и осторожностью. Запрещается укладывать измеряемые детали и средства измерения на край стола для избежания их падения и травмирования обслуживающего персонала. Работа с приборами требует бережного и аккуратного отношения к ним. После измерения неиспользованные средства измерения должны быть уложены в соответствующий отсек бокса. Запрещается выполнять операции, не связанные с измерениями и нехарактерные оператору.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Измерение физической величины** – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающего нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Измерение может быть:

- *прямое*, при котором искомое значение величины находят непосредственно (например, измерение массы на циферблатных весах, температуры термометром, размера штангенциркулем и др.);
- *косвенное*, при котором определение искомого значения величины находят на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

**Средство измерения** – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

**Мерой** называется средство измерения, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью (например, плоскопараллельная концевая мера длины).

**Многозначная мера** – мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины).

**Измерительный прибор** – средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

**Цена деления шкалы** – разность значения величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерения.

**Показание средства измерения** – значение величины или число на показывающем устройстве средства измерений.

Измерения **методом непосредственной оценки** характеризуются тем, что значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерения. При измерении методом непосредственной оценки используется одно измерительное средство.

В данной работе рассматриваются простейшие методы непосредственной оценки линейных измерений, используемые в машиностроении. Методы непосредственной оценки бывают контактные и бесконтактные. В **контактном методе** измерительные поверхности прибора касаются поверхности объекта (штангенциркуль, микрометр). Бесконтактные измерения можно производить с помощью микроскопа или специальных проекторов.

## **2. Описание оборудования и метода непосредственной оценки**

Линейка, штангенциркуль, микрометр, угломер представляет собой средства измерения. Применяемые для линейных размеров методом непосредственной оценки, контактным методом. Для измерения используются детали, представленные на *рис.1* и *рис.2*.

### **2.1. Линейка**

Традиционными средствами непосредственной оценки измерения линейных величин являются хорошо известные многозначные меры – линейки. Линейки изготавливаются либо в виде жесткой конструкции, либо в виде гибкой ленты (рулетки) (*рис.3*). Измерения проводятся непосредственным сравнением размера предмета со шкалой линейки. Точность таких измерений сантиметры или миллиметры.

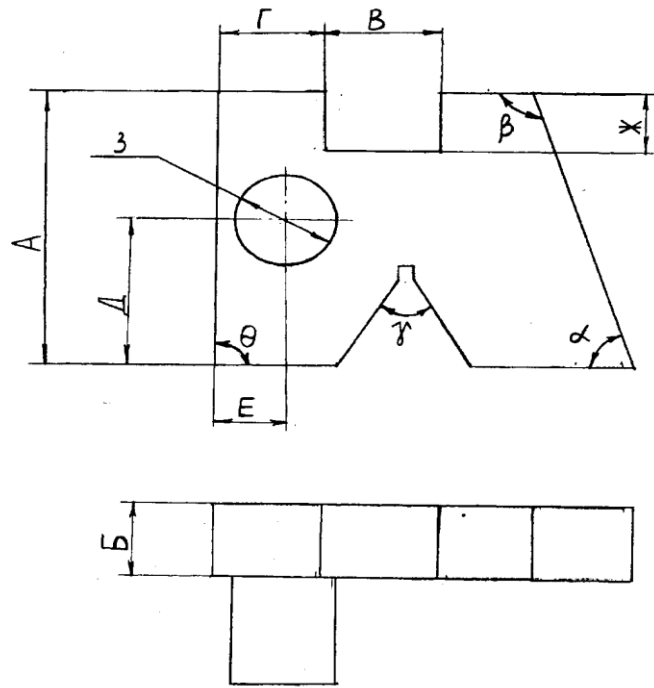


Рис. 1. Деталь для проведения измерений геометрических параметров

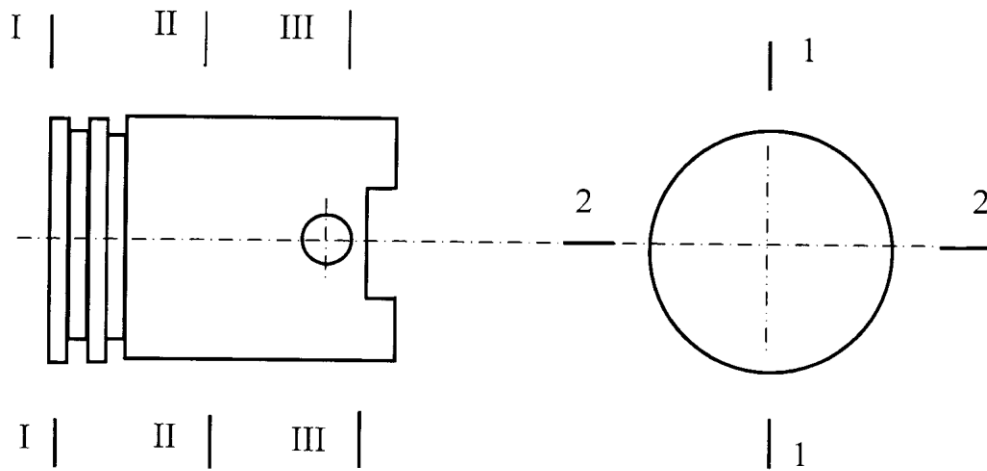


Рис. 2. Деталь для проведения измерений диаметра изготовления и отклонения формы расположения



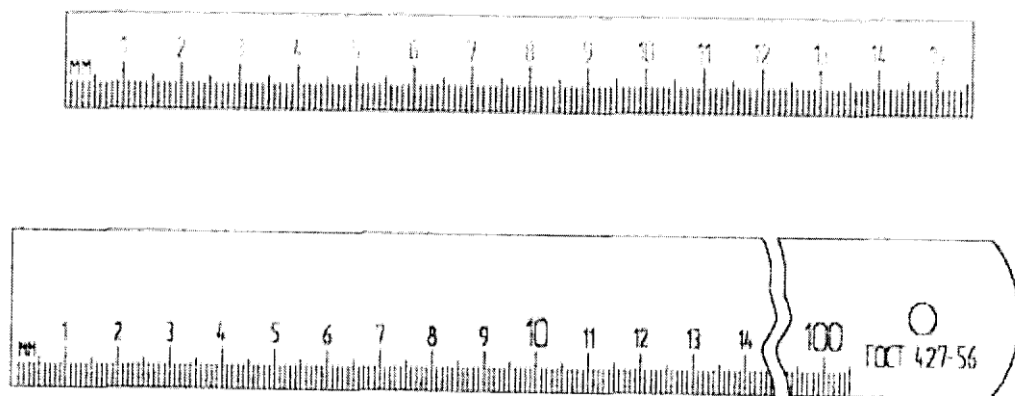


Рис. 3. Измерительные металлические линейки

Измерения с помощью линеек осуществляется совмещением края измерительной поверхности с краем измеряемого объекта. Измеряемая величина определяется по отчетному устройству линейки (многозначной меры) при совпадении штриха многозначной меры с краем измеряемого объекта.

## 2.2. Штангенинструмент

### Устройство нониуса.

Для повышения точности измерения до десятых или сотых долей миллиметра линейки снабжают дополнительным устройством, называемым **нониусом**.

Применение нониуса основано на свойстве человеческого глаза точнее оценивать совпадение штрихов, нежели расстояние между несовпадающими штрихами. Нониус представляет собой небольшую линейку, укрепленную на основной линейке и свободно передвигающуюся вдоль неё. Нониус разбит по всей длине на некоторое число делений  $\eta$  с таким расчётом, чтобы на такой же длине основной линейки укладывалось число делений на единицу меньше  $\eta - 1$ . Разность между ценой деления линейки и ценой деления нониуса, которую мы можем фиксировать, называется точностью нониуса.

Точность нониуса определяется следующим образом. Обозначим цену деления нониуса –  $b$ , цену деления масштаба –  $c$ , число делений нониуса –  $\eta$ , тогда  $(\eta - 1)$  число делений масштабной линейки, соответствующее всей длине нониуса. Тогда

$$\eta b = c(\eta - 1),$$

откуда

$$b = \frac{c(\eta - 1)}{\eta}$$

Так как точность нониуса равна  $|c-b|$ , то

$$c - b = c - \frac{c(\eta - 1)}{\eta} = \frac{c}{\eta}$$

При достаточно мелких делениях масштаба деления нониуса делают более крупными (рис. 2), тогда число делений нониуса  $\eta$  таково, что на такой же длине масштабной линейки укладывается  $(2\eta - 1)$  делений. При этом

$$(2\eta - 1) \cdot c = \eta \cdot b$$

$$b = \frac{(2 \cdot \eta - 1) \cdot c}{\eta}$$

Точность нониуса в этом случае равна

$$2c - b = 2c - \frac{(2 \cdot \eta - 1) \cdot c}{\eta} = \frac{c}{\eta}$$

Другими словами, точность нониуса равна величине отношения цены деления масштабной линейки к числу делений нониуса.

### **Классификация и устройство штангенинструментов.**

По установившейся терминологии простейшие измерительные приборы: штангенциркули, микрометры называют измерительным инструментом.

К штангенинструментам общего назначения относятся: штангенциркуль, штангенрейсмус, штангенглубиномер. Измерение в штангенинструментах основано на применении нониуса, который позволяет отсчитывать дробные деления основной шкалы. В настоящее время выпускают штангенинструменты с ценой деления нониуса 0,1, 0,05 и 0,02 мм. Пределы измерения выпускаемых штангенинструментов: штангенциркулей до 2000 мм; штангенглубиномеров – до 500 мм; штангенрейсмусов до 1000 мм. Штангенинструмент представляет собой две

измерительные поверхности, между которыми устанавливается размер. Одна измерительная поверхность составляет единое целое с линейкой (штангой), а другая соединена с двигающейся по линейке рамкой. На линейке гравятся через 1 мм деления, на рамке устанавливается или гравится нониус.

Для специальных линейных и угловых измерений в машиностроении широко применяют измерительные приборы, основанные на других принципах работы: пневматические, электрические, оптико-механические с использованием лазерных источников света.

Наиболее распространенный штангенинструмент – штангенциркуль. Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров изделий. Штангенциркули (ГОСТ 166-80) изготавливаются четырех типов:

ШЦ-I – с двухсторонним расположением губок – для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин и высот (рис. 4);

ШЦТ-I – с односторонним расположением губок, оснащенных твердым сплавом, для наружных измерений и с линейкой для измерения глубин (рис. 5а);

ШЦ-II – с двухсторонним расположением губок – для наружных и внутренних измерений и для разметки (рис. 5б);

ШЦ-III – с односторонним расположением губок – для наружных и внутренних измерений (рис. 5в).

Пример обозначения штангенциркуля типа III с диапазоном измерений 0-400 мм, отсчетом по нониусу 0,1 мм, класса точности I при заказе:

«Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,1-1 ГОСТ 166-89»

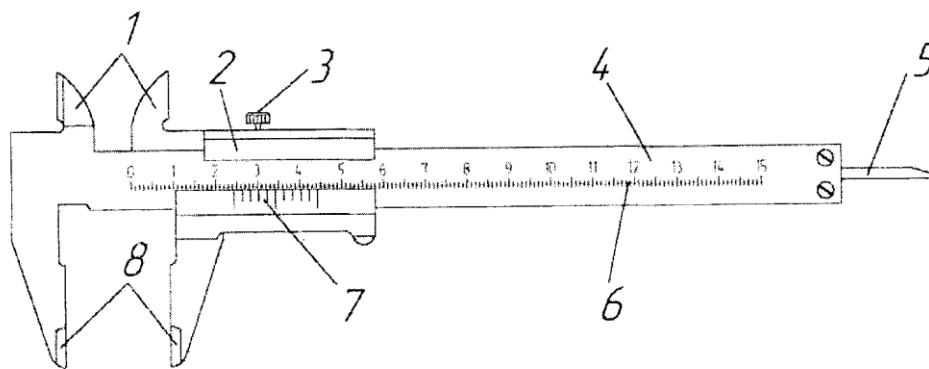


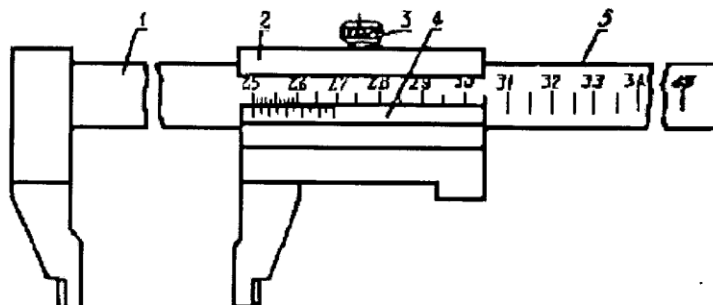
Рис. 4. Штангенциркуль ШЦ-I двусторонний с глубиномером:

Основной частью штангенциркуля ШЦ-I (рис. 4) является линейка 4 с масштабом 6. Штангенциркуль имеет губки 1 для измерения наружных размеров. На линейке с возможностью скольжения находится рамка 2, на которой нанесены деления нониуса 7. Рамка 2 имеет фиксирующий болт 3, с помощью которого устанавливается размер для снятия показаний. Если сдвинуть подвижные и не-

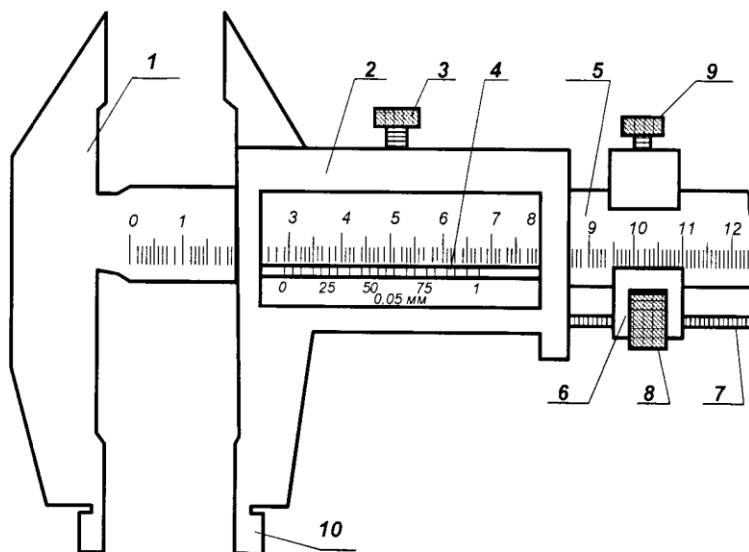
подвижные губки штангенциркуля вплотную, то нулевые деления нониуса 7 и основного масштаба 6 должны совпасть. Если нулевые деления не совпадают, необходимо внести соответствующую поправку.

Универсальные штангенциркули снабжены выдвижной линейкой 5 для измерения размеров углублений. В этом случае одной измерительной поверхностью является торец масштабной линейки, второй - торец выдвижной линейки.

а)



б)



в)

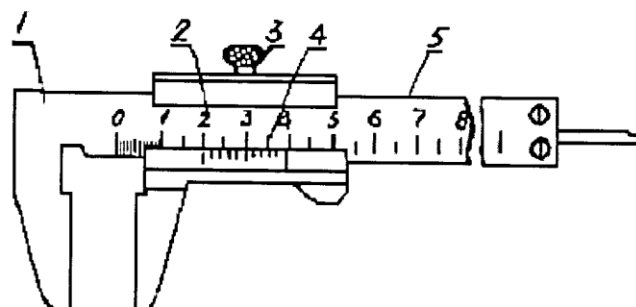


Рис. 5. Штангенциркуль

а) типа ШЦТ-I; б) типа ШЦТ-II; в) типа ШЦТ-III

Штангенциркули ШЦТ-I, ШЦТ-II и ШЦТ-III (рис.5) состоят из штанги 5 с неподвижной измерительной губкой 1 и рамки 2 с подвижной губкой. На штанге 5 нанесена основная шкала штангенциркуля. На рамке 2, которая перемещается вдоль штанги 5, закреплен нониус штангенциркуля 4. Точные штангенциркули имеют хомутик 6 с микрометрическим устройством 7 и 8, позволяющим регулировать перемещение рамки 2 с подвижной губкой. Микрометрическое устройство состоит из микрометрического винта 7, одним концом скрепленного с рамкой 2, и гайки 8, расположенной в прорези хомутика 6. При нажатом стопорном винте 9 вращение гайки 8 вызывает перемещение рамки 2 вдоль штанги 5, после чего контролируемый размер более точно определяется по шкале штанги 5. Для этого необходимо зафиксировать рамку 2 стопорным винтом 3.

При измерениях внутренних размеров наружной стороной губок 10 штангенциркулей ШЦ-II ширина губок размером  $B = 10 \text{ мм}$  прибавляется к отсчету. Например, если при измерениях внутренний размер равен 11,6 мм, то фактический размер равен 21,6 мм.

Вместо неподвижной губки штангереисмас имеет основание, нижняя поверхность которого является рабочей и соответствует нулевому отсчету по шкале.

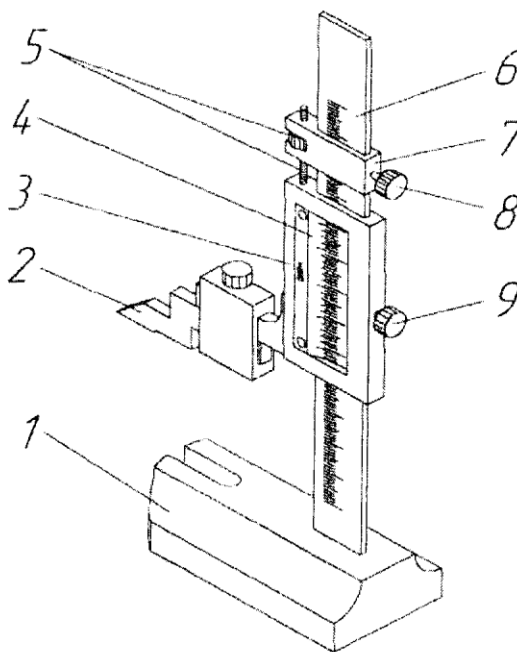


Рис. 6. Штангенрейсмас ШР

Штангереисмас ШР (рис. 6) имеет вертикальную штангу 6, закрепленную на неподвижном основании 1. Основание 1 должно находиться на ровной устойчивой площадке. По штативу может свободно перемещаться рамка 3 с закрепленной на ней разметочной ножкой 2. На рамке закреплена шкала нониуса 4.

Подвод разметочной ножки 2 к измеряемому предмету, установленному на основании 1, осуществляется микрометрическим винтом 5. Зажим 8 рамки микрометрической подачи 5 служит для крепления рамки 7 микрометрической подачи. Размер измеряемой детали фиксируется зажимом рамки 9.

Погрешность измерения штангенинструментов в диапазоне от 1 до 500 мм составляет от 50 до 200 мкм.

### Порядок измерений штангенинструментами

Перед измерением штангенциркуля проверяется на точность. Эта проверка производится обычно по совпадению нулевых штрихов штанги и нониуса. При сомкнутых измерительных поверхностях губок штангенциркуля нулевые штрихи должны совпадать и между губками не должно быть видимого невооруженным глазом зазора.

Измерение с помощью штангенциркуля ШЦ-I (рис. 7) различных элементов конструкции (диаметров отверстия или вала, межцентрового расстояния, глубины отверстия и т.п.) проводят следующим образом.

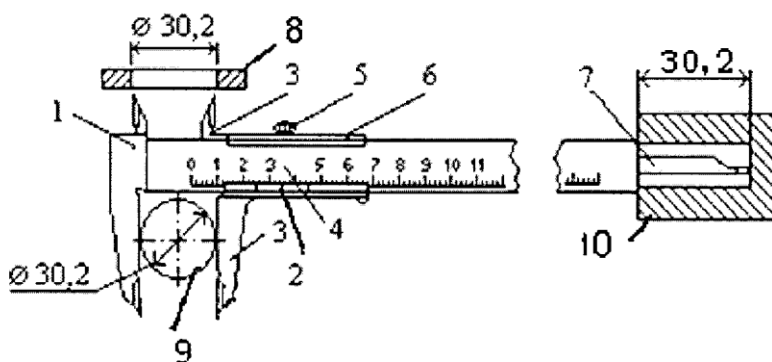


Рис. 7. Измерение размеров детали с помощью штангенциркуля

При отstopоренном винте 5 перемещают по штанге 4 с неподвижными упорами 1 рамку 6 с нониусом 2. Проводят соприкосновение с поверхностью измеряемой детали 8, 9 или 10 измерительные поверхности штанги: измерительные губки 3 входят в отверстие 8, охватывают круглую деталь 9 или выдвижная линейка 7 помещается в углубление 10. В этом положении необходимо застопорить рамку нониуса 6 винтом 5 и снять отсчет со шкалы прибора. Отсчитывают размер предмета в масштабных единицах по положению нулевого деления нониуса относительно деления масштабной линейки, например, 30 мм. Чтобы отсчитать доли миллиметра, пользуются нониусом. Находят деление нониуса, совпадающее с каким-либо делением масштаба, и номер совпавшего деления нониуса умножают на точность нониуса. Например, номер совпавшего деления нониуса – 2, точность нониуса – 0,1 мм, доли миллиметров, отсчитанные нониусом в этом случае – 0,2 мм. Общее расстояние – 30,2 мм.

При отсчете показаний штангенциркуля ШЦ-II освобождают стопорный винт рамки 3 (рис. 5, б) и винт 9 хомутика 6 и раздвигают измерительные губки на величину, несколько большую контролируемого размера. Далее вводят деталь между измерительными губками штангенциркуля и, прижав деталь к неподвижной губке, перемещают подвижную губку к поверхности детали и стопорят хомутик 6 винтом 9. После этого, вращая гайку 8 микрометрической подачи, зажимают деталь между измерительными поверхностями губок настолько плотно, чтобы покачивание ее стало невозможным и вместе с тем, чтобы она скользила с легким трением между губками. В этом положении рамку 2 стопорят винтом 3, снимают с детали штангенциркуль и читают размер. При измерении деталей штангенрейсмасом ШР (рис. б) измеряемая деталь помещается на неподвижное основание 1. Далее к измеряемой детали подводится разметочная ножка 2. Рамка микрометрической подачи 7 должна быть закреплена с помощью зажима рамки микрометрической подачи 8.

Точный размер определяется зажатием детали с помощью микрометрического винта 5. После того, как ресурс микрометрического рычага 5 исчерпан, фиксируют зажим рамки 9, изделие вынимается из штангенрейсмаса и производится отсчет размера по шкале штанги 6 и нониуса 4.

Отсчет штангенинструментов различной точности приведен на рис. 8.



Рис. 8. Отсчет штангенинструментами различной точности  
 а) класс точности 0,1; б) класс точности 0,05

В первом случае (*рис. 8, а*) применяется штангенинструмент классом точности 0,1. Ноль шкалы нониуса находится больше 10, но меньше 11, значит количество целых миллиметров – 10. Анализируя совпадения штрихов основной шкалы и шкалы нониуса, видно, что дробная часть числа составляет 0,7, таким образом отсчет показаний составляет:

$$\text{Отсчет} = 10 + 0,1 \cdot 7 = 10,7 \text{ (мм)}$$

Во втором случае (*рис. 8, б*) штангенинструмент классом точности 0,05. Ноль шкалы нониуса находится больше 9, но меньше 10, значит количество целых миллиметров – 9. Анализируя совпадения штрихов основной шкалы и шкалы нониуса, видно, что дробная часть числа составляет 0,4; таким образом отсчет показаний составляет:

$$\text{Отсчет} = 9 + 0,05 \cdot 8 = 9,40 \text{ (мм)}$$

## **Микрометр**

### **Описание микрометрического винта и классификация микрометров**

Измерение микрометром основано на принципе микрометрического винта. Микрометрический винт дает возможность отсчитывать более мелкие доли деления основной шкалы, чем нониус. Микрометрический винт представляет собой тщательно изготовленный винт с шагом в 0,5 или в 1,0 мм, и на всем его протяжении шаг дается как постоянная прибора. Один поворот винта микрометра передвигает его стержень на 0,5 или 1,0 мм.

Таким образом, зажимая объект измерений между упорами микрометрического винта, можно измерить размеры объекта с точностью до 1/100 мм и выше. Пределы измерений микрометров зависят от размера скобы и составляют 0-25; 25-50; ...; 275-300; 300-400; 400-500 и 500-600 мм. Микрометры для размеров более 300 мм оснащены сменными или переставными пятками, обеспечивающими диапазон измерений 100 мм. В лучших приборах этого типа при шаге винта, равном 0,5 мм, на барабане наносится 500 делений и точность измерения может быть доведена, таким образом, до 0,001 мм.

В соответствии с ГОСТ 6507-78 устанавливаются следующие типы микрометров:

*МК гладкие* – для измерения наружных размеров изделий (*рис. 9*);

*МЛ листовые с циферблатом* – для измерения толщины листов и лент (*рис. 11, а*);

*МТ трубные* – для измерения толщины стенок труб (*рис. 11, б*);

*МЗ зубомерные* – для контроля длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм;

МЗ – микрометрические головки;

МП – микрометр для проволоки.

Пример условного обозначения гладкого микрометра с диапазоном измерения 25-50 мм 1-го класса точности:



### Микрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-78.

По точности показаний микрометры разделяют на три класса – нулевой, первый (применяется в данной работе), второй. Погрешность показаний микрометра  $0 \pm 4$  мкм, второго  $\pm 8$  мкм.

### Устройство гладкого микрометра

Корпусом микрометра типа МК служит скоба 1, в которую запрессованы с одной стороны пятка 2, с другой – стебель 5, на котором закреплена микрогайка и нанесена продольная шкала. Продольная шкала имеет два ряда штрихов с длиной деления в 1 мм, расположенных по обе стороны продольного штриха и сдвинутых относительно друг друга на 0,5 мм. Таким образом, оба ряда штрихов образуют продольную шкалу с ценой деления 0,5 мм.

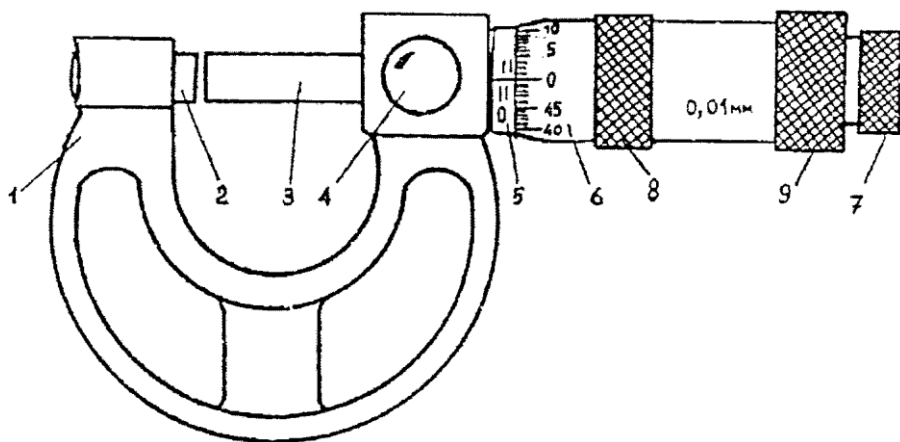


Рис. 9. Устройство микрометра

Одной измерительной поверхностью является торец микрометрического винта 3, выдвигающегося из стебля, второй – торец пятки 2. Микровинт связан с корпусом барабана 6, имеющим на конусном конце круговую шкалу, разбитую на 50 делений. Цена деления круговой шкалы 0,01 мм ( $0,5/50 = 0,01$ ).

Заканчивается барабан резьбой, на которую навинчивается гайка 9, являющаяся корпусом механизма трещотки. Основное назначение трещотки - обеспечивать постоянство измерительного усилия за счет храповика 7 и подпружиненного стержня 8. Для того, чтобы обеспечить это постоянство и одновременно избежать нарушения связи микрометрического винта с барабаном, вращать винт можно только с помощью трещотки. Микрометр снабжен устройством 4, позволяющим стопорить микровинт.

В микрометре полый стебель 5 жестко связан со скобой 1. Одной из измерительных поверхностей является торец микрометрического винта 3, выдвигающегося из стебля. Второй измерительной поверхностью является торец пятки 1, запрессованной в скобе 8 (рис. 9).

В микрометрах типа МК, предназначенных для измерения размеров 25-50; ...; 275-300; 300-400; 400-500 и 500-600 мм (рис 10) в комплекте прибора применяется установочная мера 2. Измеряемую деталь размещают между пяткой 1 и микрометрическим винтом 3. На микрометре в неподвижной скобе 8 закреплен стебель 4 с размещенными на нем двумя рядами продольных штрихов и вращающимся барабаном 5 с помощью трещотки 6. Фиксация показаний осуществляется с помощью стопора 7.

Микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент типа МЛ приведены на рис. 11; а микрометры трубные – для измерения толщины стенок труб типа МТ на рис. 11б.

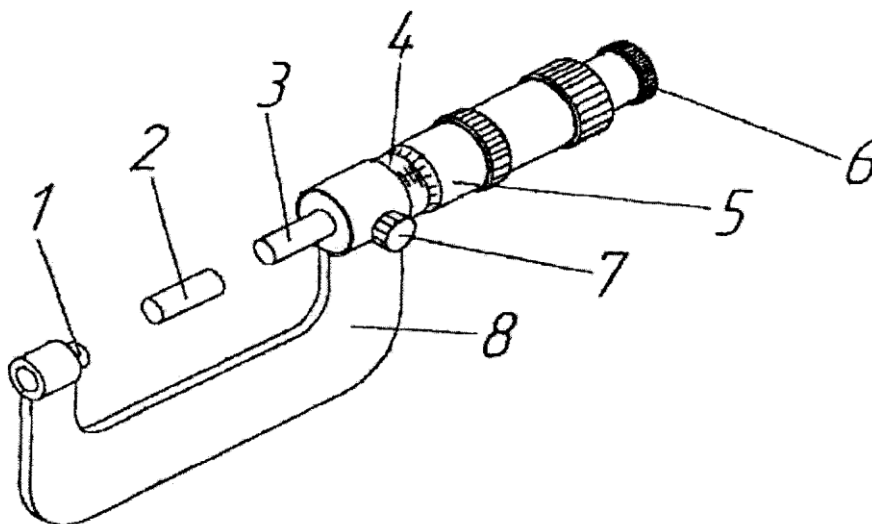


Рис. 10. Микрометр МК

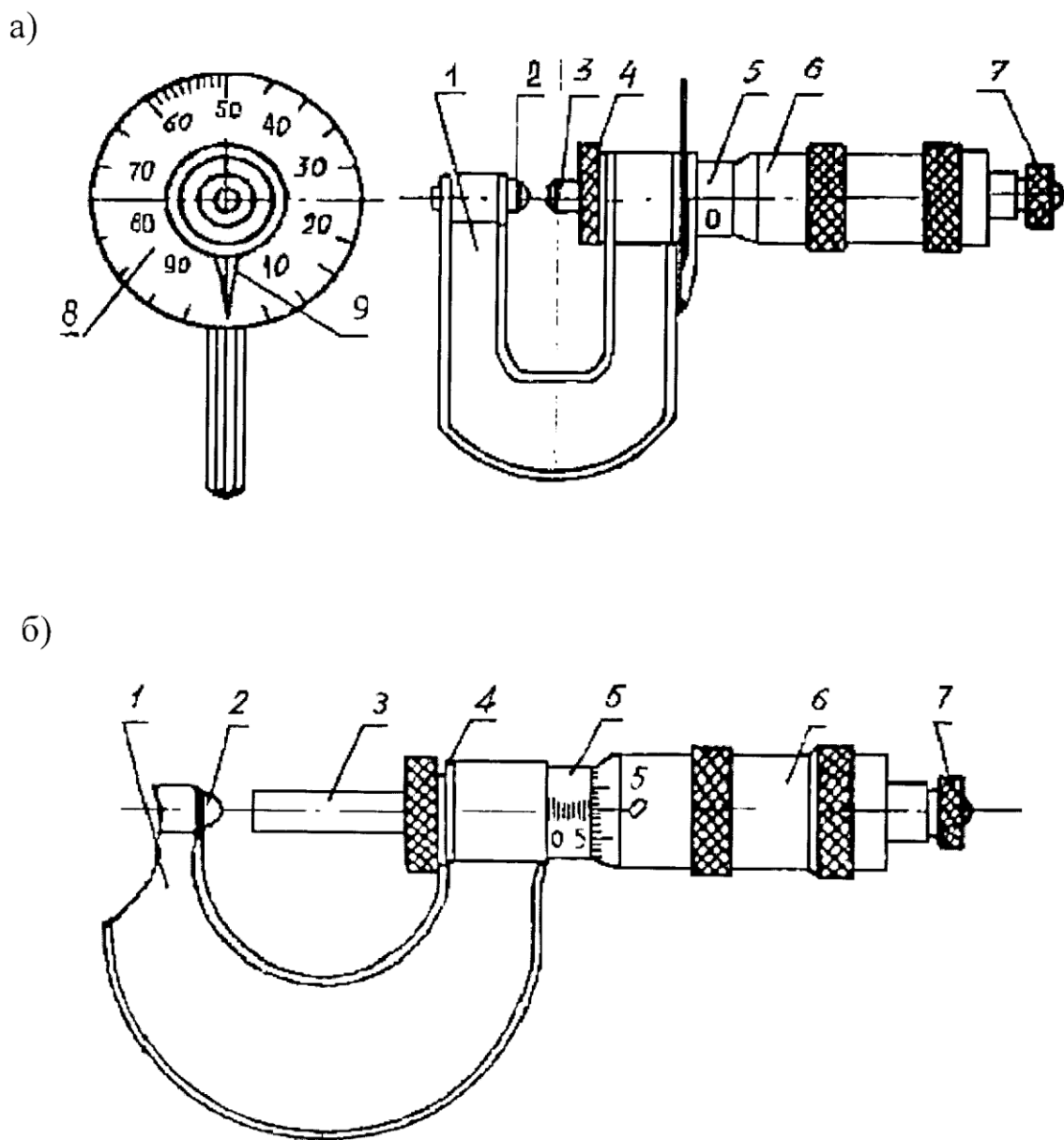


Рис. 11. Микрометр типа *МЛ* (а) и микрометр типа *МТ* (б)

Обозначения на рисунках соответствуют обозначениям на *рис. 9*, за исключением позиций 8 и 9. Деталь 8 указывает круговую шкалу, разделенную на 100 делений, и указатель 9, указывающий толщину измеряемых листов.

### Установка микрометра на нуль

Перед началом измерений проверяется установка микрометра на нуль. Для микрометра с пределами измерения от 0 до 26 мм проверка производится на нулевом делении, для микрометра с пределами измерения 26-50 мм на делении 25 мм и т.д.

У микрометра с пределами измерений 0-25 мм, осторожно вращая винт за трещотку. Приводят в соприкосновение измерительные поверхности торцов микровинта 3 и пятки 2 (рис. 9).

У микрометра с пределами измерения 25-50 мм торцы микровинта и пятки приводят в соприкосновение со специальной цилиндрической установочной мерой (рис. 10).

При соприкосновении скошенный край барабана должен установиться так, чтобы штрих начального деления основной миллиметровой шкалы (0 или 25, или 50 и т.д.) был полностью виден, а нулевое деление шкалы барабана 6 должно остановиться против большого продольного штриха на стебле 5.

Если микрометр установлен неправильно, следует изменить положение барабана 6 на стебле 5 (рис. 9). Для этого, закрепив стопорным устройством 4 микровинт, придерживая левой рукой за накатной выступ 8 корпус барабана и вращая правой рукой гайку 9 (являющуюся также корпусом трещотки 7), освобождают корпус барабана. Затем, повернув свободно сидящий на стебле корпус барабана так, чтобы нулевое положение восстановилось, и, придерживая корпус барабана за выступ 8, снова барабан закрепляют гайкой 9.

Следует иметь в виду, что при затягивании гайки нулевая установка может нарушиться, поэтому необходимо снова проверить ее и в случае необходимости исправить. Для проведения измерений отводят измерительную поверхность микровинта путем вращения за трещотку на необходимое расстояние, затем между измерительными поверхностями микровинта и пятки помещают измеряемый объект, снова вращая микровинт (обязательно за трещотку), зажимают его между измерительными плоскостями и делают отсчет.

### **Порядок измерений**

Измеряемый объект зажимается между измерительными поверхностями пятки и винта. Постоянство усилия, приводящего в контакт измерительные плоскости микрометра и деталь, обеспечивается фрикционным устройством – трещоткой 5.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из двух шкал (рис. 12). Продольная шкала имеет два ряда штрихов с интервалом 1 мм, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и смещенных относительно друг друга на 0.5 мм. Таким образом, оба ряда штрихов образуют одну продольную шкалу с ценой деления 0.5 мм.

Микровинт связан с барабаном 6, который на конусном конце имеет круговую шкалу с числом делений  $n=50$ . Учитывая, что шаг резьбы винтовой пары  $S = 0,5$  мм, цена деления круговой шкалы (нониуса) микрометра

«С» равна:  $C = S / n = 0,5 / 50 = 0,01$ мм.

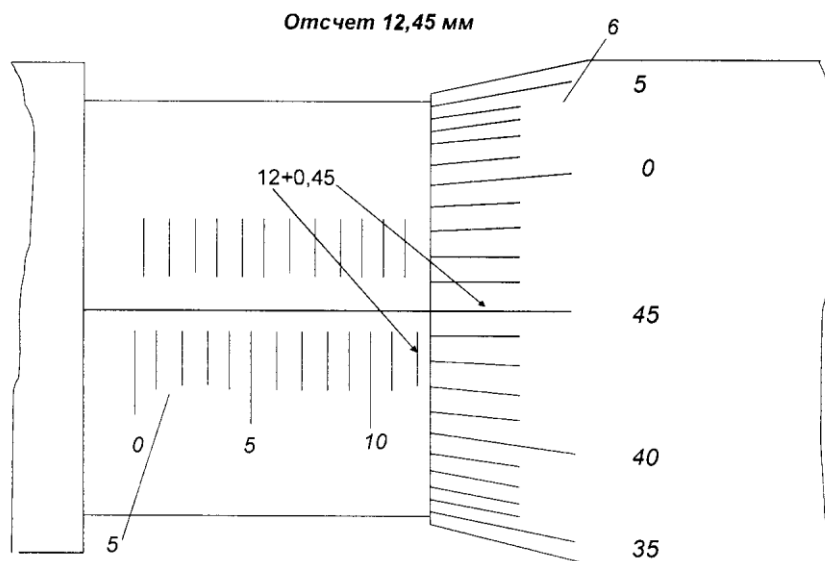


Рис. 12. Пример отсчета по размеру микрометром

Размер измеряемой детали с точностью до 0,5 мм отсчитывают по шкале стебля указателем, которым является скошенный край барабана. Сотые доли миллиметра отсчитывают по круговой шкале барабана, указателем которой является продольный штрих на стебле микрометра.

Полные обороты винта отсчитываются по полумиллиметровой шкале барабана, имеющей 50 делений (цена деления шкалы барабана – 0,01 мм). При сомкнутых измерительных торцевых плоскостях пятки и микрометрического винта нулевой штрих шкалы барабана должен точно совпадать с продольным штрихом на стебле.

Размер проверяемого объекта с точностью до 0,5 мм отсчитывается по шкале стебля, указателем которой является скошенный край барабана. Доли миллиметра снимаются по круговой шкале барабана, указателем которой является штрих на стебле. Пример отсчета дан на *рис. 12*.

#### 2.4. Механический угломер

Механические угломеры предназначены для контактных измерений углов. Выпускается три типа угломеров: УН – с отсчетом по нониусу 2' или 5'; УМ – с отсчетом по нониусу 2' или 5' (*рис. 13*); УГ – с отсчетом по нониусу 10' упрощенной конструкции; УО – оптический угломер.

При заказе угломер оформляется следующим образом:

«Угломер 2УМ ГОСТ 5378-88»

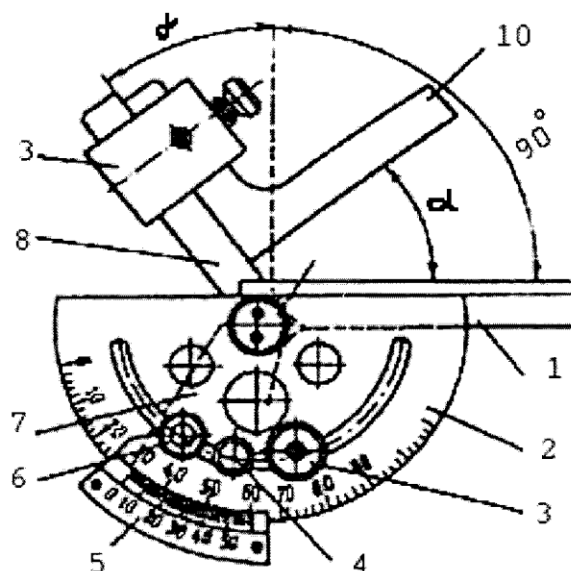


Рис. 13. Угломер с нониусом типа УМ:

Угломер с нониусом типа УМ состоит из неподвижной линейки 1, соединенной с основанием 2. Подвижная линейка 8 с угольником соединяется посредством державки 3. Измерительные поверхности инструмента для измерения углов  $\alpha$  и  $\gamma$  подводятся к измеряемым поверхностям с помощью микровинта 4, фиксируемого с помощью стопорного винта 3.

При подготовке к использованию необходимо проверить правильность установки нониуса относительно шкалы основания. Для этого измерительные поверхности линейки и основания совместить с измерительной поверхностью поверочной плиты. При этом нулевой штрих нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы основания. Если такого совпадения нет, то необходимо ослабить винты, крепящие нониус, передвинуть его до совпадения нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом шкалы основания и затянуть винты.

При измерении углов необходимо приложить измерительные поверхности угломера к поверхностям контролируемого угла детали и отсчитать значение измеряемого угла по шкале и нониусу. Зафиксировать положение линейки стопорной гайкой. Измерение углов менее  $90^\circ$  проводить со съемным угольником, закрепленным на подвижной линейке, а углов более  $90^\circ$  без съемного угольника. При этом к показаниям угломера необходимо прибавить  $90^\circ$ . Для точной установки угломера на требуемый угол необходимо использовать винт микроподачи.

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Получив у преподавателя разрешение на допуск к работе, а также приборы и принадлежности, необходимо выполнить следующие измерения:

1. С помощью линейки, штангенциркуля, микрометра и угломера измерить все необходимые геометрические параметры объекта по *рис. 1*.
2. Занести полученные результаты в таблицу по форме *табл. 1*.

Таблица 1

Тип средства измерения	Величина отсчёта по нониусу	Диапазон измерения	Действительный размер	
<b>Измерение детали линейкой</b>				
			А	
<b>Измерение детали штангенциркулем</b>				
	0,02	0-200	Б	30,00 мм
			В	21,15 мм
			Г	25,05 мм
<b>Измерение детали штангенрейсмасом</b>				
ШР	0,05 мм	0-200 мм	Д	36,30 мм
			Е	27,65 мм
			Ж	7,70 мм
<b>Измерение детали микрометром</b>				
МК	0,01 мм	0-25 мм	З	12,10 мм
<b>Измерение детали угломером</b>				
2 УМ	2'	Пределы измерения: 0-180°	α	69°42'
			β	110°22'
			γ	39°24'
			θ	90°18'

3. С помощью микрометра по *рис. 2* измерить диаметр поршня автомобиля в трех плоскостях I-I, II-II и III-III по длине поршня, а также в двух перпендикулярных плоскостях 1-1 и 2-2 по длине окружности поршня по *рис. 14*.

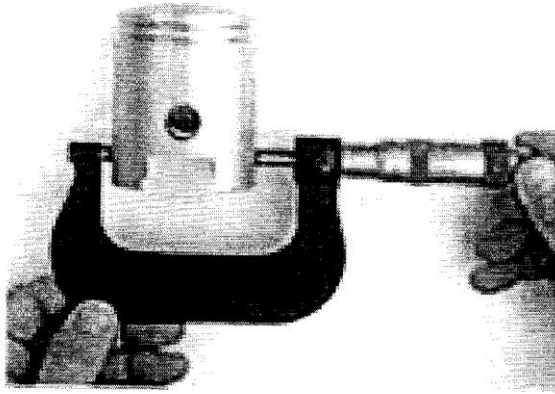


Рис. 14. Расположение микрометра относительно поршня

По данным измерений определяются величины:

а) овальности, которая определяется путем двухточечного измерения как разность между наибольшим и наименьшим диаметрами каждого сечения I, II и III), деленная на 2.

$$\Delta = (d_{\text{действ max}} - d_{\text{действ min}}) \cdot \frac{1}{2} \quad (1)$$

б) отклонений профиля продольного сечения, частными видами которых является конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

*Конусообразность* – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны, но не параллельны (рис. 15, а).

*Бочкообразность* – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 15, б).

*Седлообразность* - отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 15, в).



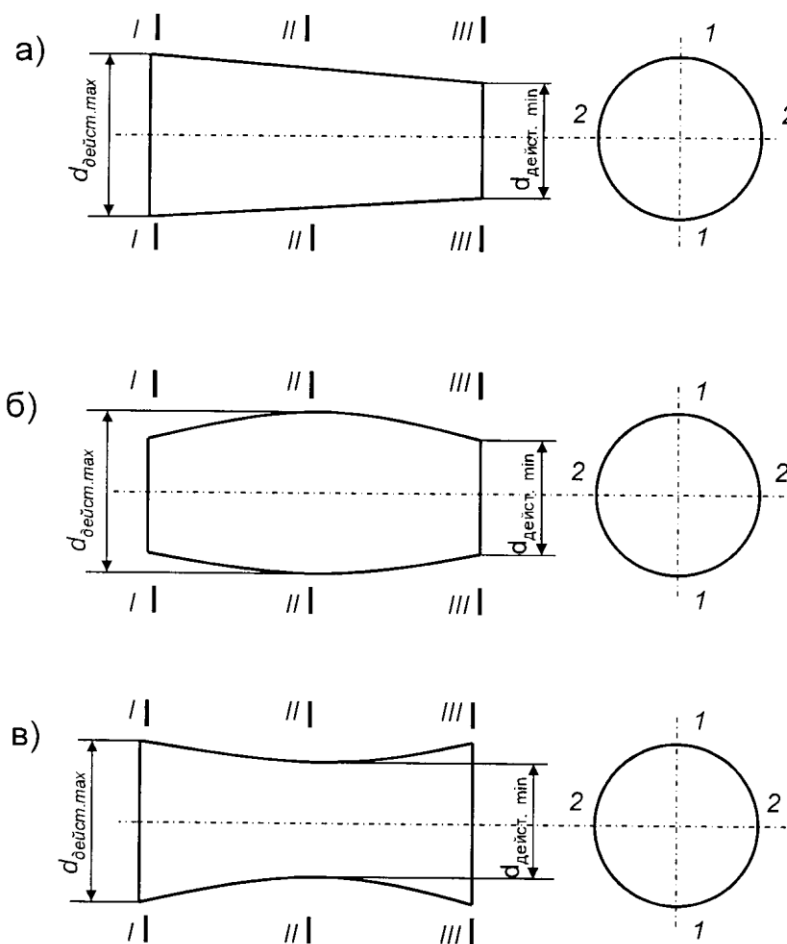


Рис. 15. Конусообразность (а), бочкообразность (б) и седлообразность (в) профиля продольного сечения поршней

Количественно погрешность формы продольного сечения с указанием характера ее (т. е. конусообразность, бочкообразность или седлообразность) определяют как наибольшую полуразность двух показаний, взятых в одном направлении (1-1, 2-2), в разных сечениях (I, II, III) по формуле 1.

Занести полученные данные в таблицу по форме табл. 2.

Таблица 2

	Диаметр поршня в плоскости измерений			$\Delta = (d_{\text{действ. max}} - d_{\text{действ. min}}) \cdot \frac{1}{2}$	Норма*	Заключение о годности
	I-I	II-II	III-III			
Плоскость 1-1						
Плоскость 2-2						

\*- указывается преподавателем

Сравнивая наибольший и наименьший действительные размеры с предельными размерами детали, выдаваемой преподавателем, дать заключение о ее годности.

Работа считается выполненной, если представлены сведенные в таблицы результаты всех указанных измерений и необходимых вычислений.

В отчете необходимо представить краткую характеристику применяемых приборов (цена деления, точность нониуса, пределы измерения, класс точности, погрешность показаний).

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Каждый студент готовит отчет по лабораторной работе, оформляя его на листах формата А4 в соответствии с требованиями стандартов. Отчет должен содержать титульный лист (представлен в *Приложении 1*) и основную часть, в которую входят:

1. Задание на лабораторную работу.
  2. Эскизы деталей с экспериментально определенными номинальными размерами.
  3. Таблицы непосредственных наблюдений.
  4. Выводы по работе.
- Отчет представляется для проверки преподавателю.

#### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое средство измерения?
2. Классификация и устройство штангенинструментов.
3. Порядок измерения штангенциркулем.
4. Для какого метода измерения предназначены микрометрические инструменты и штангенинструменты?
5. Описать устройство нониуса штангенциркуля и микрометра.
6. Классификация микрометров.
7. Как установить микрометр на нуль? Зачем производят установку микрометра на нуль?
8. На каком принципе основано устройство микрометрических инструментов?
9. Определение овальности, конусообразности, седлообразности и бочкообразности.
10. Устройство и принцип работы угломера.

Под *абсолютным методом измерения* понимают измерения, когда значение всей измеряемой величины (размера) оценивают непосредственно по показаниям измерительного средства. Примерами абсолютного метода измерения являются измерения размеров деталей при помощи штангенциркуля, микрометра, рычажного микрометра, длиномера и других измерительных средств.

*Штангенциркуль* (рис. 1) представляет собой штангу, жестко соединенную с измерительной губкой 1 (штангоузел). На штанге нанесена шкала в целых миллиметрах (основная шкала).

По штанге, как по направляющей может перемещаться рамка 3 с другой измерительной губкой 2 (рамкоузел).

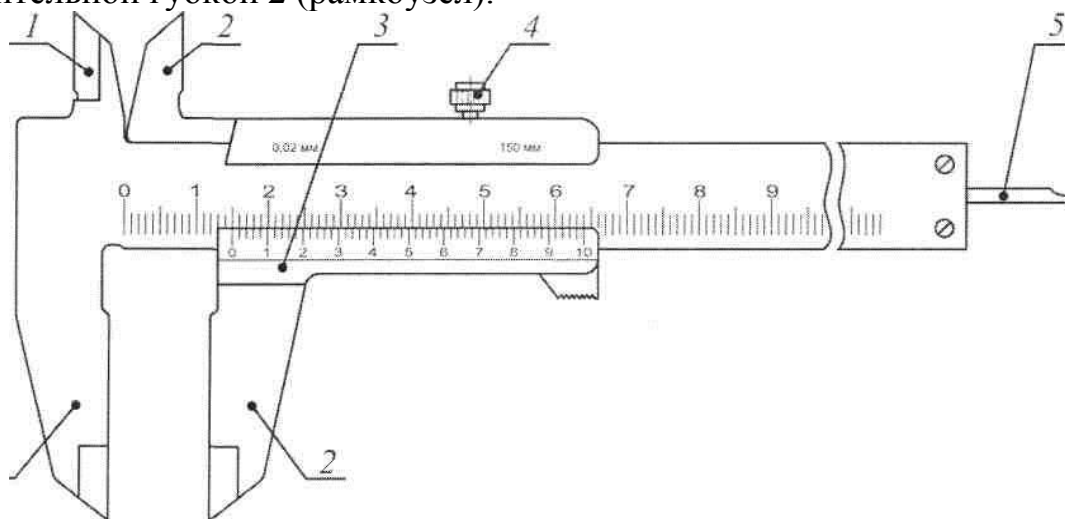


Рисунок 1. Штангенциркуль

Зажимной винт 4 служит для фиксации рамки 3 после окончания измерения. Глубиномерная линейка 5 служит для измерения глубин отверстий и пазов.

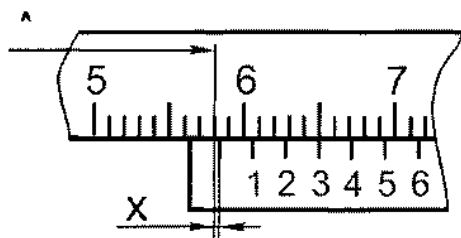
Нижние губки служат для наружного измерения, верхние губки — для внутреннего измерения, причем губки заходят одна за другую, что дает возможность при измерении внутренних размеров вести отсчет от нуля.

На скосе рамки 3 нанесен нониус — дополнительная линейка со шкалой, служащая для отсчета дробных долей интервала деления основной шкалы. Величина  $a$  отсчета по нониусу  $l = \frac{a}{n}$ ,

где  $a$  — интервал деления основной шкалы (чаще всего  $a = 1$ );

$n$  — число делений шкалы нониуса от 0 до ближайшего, совпадающего с каким-либо делением основной шкалы.

После сдвига измерительных губок до соприкосновения с измеряемой поверхностью определяют число делений (рис. 2), расположенных между нулевыми штрихами основной шкалы и нониуса, например  $A = 58$  мм.



/A

Рисунок 2. Пример отсчета

Затем находят дробные доли (размер X), равные порядковому номеру штриха нониуса, совпадающего с каким-либо штрихом шкалы штанги, умноженному на цену деления шкалы нониуса:

$$X = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ мм.}$$

Измеряемый размер В получают сложением целых и дробных значений:

$$B = A + X = 58 + 0,3 = 58,3 \text{ мм.}$$

Технические характеристики штангенциркуля:

Пределы измерения, мм	0...150
Цена деления шкалы нониуса, мм	0,02; 0,05; 0,1
Предельная погрешность измерения, мм	$\pm 0,05$ ; $\pm 0,1$ ; $\pm 0,2$
Использование измерительных поверхностей штангенциркуля.	

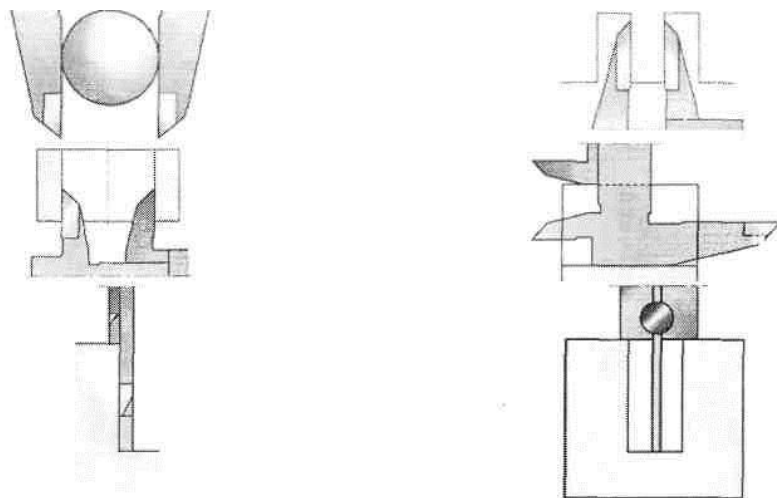


Рисунок 3.

Показание по шкале барабана равно 36, а так как цена деления шкалы барабана 0,01 мм, то отсчет по шкале барабана определится как  $0,01 \cdot 36 = 0,36$  мм; полный отсчет по шкалам стебля и барабана будет равен  $8,5 + 0,36 = 8,86$  мм.

Перед измерением необходимо проверить правильность установки барабана б

в нулевое положение.

*Установка барабана гладкого микрометра в нулевое положение*

Для проверки правильности установки барабана в нулевое положение необходимо, вращая за трещотку 7 микровинт с барабаном (см. рис. 3), привести в соприкосновение измерительные плоскости микрометра и проверить совпадение нулевого деления шкалы барабана с продольной линией стебля. Для микрометра с пределами измерения 25...50 мм измерительные плоскости приводят в соприкосновение с эталоном длиной 25 мм. В случае несовпадения микрометр настраивают. Для этого закрепляют стопором 4 микровинт 3 (см. рис. 3) и осторожно, удерживая одной рукой корпус барабана, другой рукой отвинчивают установочный колпачок 7 на пол-оборота. При этом барабан освобождается, его поворачивают до совпадения нулевого штриха с продольной линией стебля, после чего барабан закрепляют колпачком.

Технические характеристики микрометра гладкого:

Цена деления шкалы барабана, мм	0,01
Цена деления шкалы стебля, мм	1
Пределы измерения шкалы барабана, мм	0..Д5
Пределы измерения микрометра (в целом), мм: 0...25; 25...50; 50...75; 75...100 и т.д. до 1000 мм	
Погрешность показаний микрометра, мм	$\pm 0,005$

Предельные погрешности при измерении микрометром указывают в аттестате прибора (ориентировочно предельная погрешность микрометра  $\pm 0,005$  мм).

*Микрометр рычажный* (рис. 5) состоит из микрометрической головки и рычажно-зубчатого механизма, передающего перемещение подвижной пятки 2 микрометра на стрелку отсчетной шкалы 1. Измерительное усилие равно 200.. 400 г.

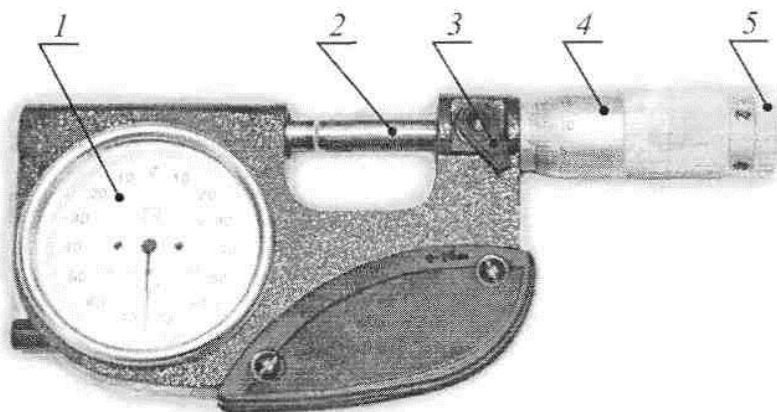


Рисунок 5. Микрометр рычажный

Перед началом измерения проверяют нулевой отсчет.

### *Проверка нулевого отсчета рычажного микрометра*

Для проверки нулевого отсчета рычажного микрометра вращением барабана 4 (см. рис. 5) измерительные плоскости приводят в соприкосновение друг с другом или с поверхностью установочной меры, если пределы измерения прибора от 25 до 50 мм. При этом должны совпадать нулевой штрих шкалы барабана с продольным штрихом на стебле и стрелка с нулевым штрихом шкалы рычажного устройства. Если стрелка рычажного устройства не совпадает с нулем шкалы, выполняют регулировку микрометра. Для этого вращением барабана 4 устанавливают стрелку шкалы 1 на нуль, закрепляют стопором 3 микрометрический винт, отвинчивают колпачок 5 барабана, снимают барабан с конуса, поворачивают его до совпадения нулевого штриха с продольным штрихом стебля и закручивают колпачок 5. После регулировки стопор 3 следует отпустить.

### **Измерение рычажным микрометром**

Измеряемое изделие вводят между измерительными поверхностями пятки и микрометрического винта и вращением барабана приводят в соприкосновение измерительные поверхности прибора с поверхностью изделия. Вращение барабана прекращают, когда стрелка шкалы 1 (см. рис. 5) окажется вблизи нуля (в пределах  $\pm 4$  деления), а продольный штрих стебля совпадет с каким-либо штрихом барабана микровинта. За действительный размер принимают алгебраическую сумму отсчетов по шкалам стебля, барабана и рычажного устройства. Отсчет по барабану производится так же, как у гладкого микрометра.

### Технические характеристики рычажного микрометра

Цена деления шкалы барабана, мм	0,01
Цена деления шкалы рычажно-зубчатого механизма, мм	0,002
Пределы измерения микрометра (в целом), мм	0...25; 25...50
Пределы показаний по шкале рычажно-зубчатого механизма, мм	$\pm 0,02$
Погрешность показаний микрометра, мм	$\pm 0,002$

### **Порядок выполнения работы**

1. Выполнить в журнале эскиз заданной детали.
2. Занести в журнал чертежные размеры измеряемых поверхностей. По таблицам допусков ГОСТ 25346 - 89 (приложение 1, 2) определить предельные отклонения проверяемых размеров, указать их на эскизе детали и подсчитать предельные размеры.
3. Ознакомиться с имеющимся инструментом и занести в журнал его характеристики.
4. В зависимости от заданной точности поверхности и допустимой погрешности измерения приборов подобрать для каждой измеряемой поверхности инструмент (погрешность измерения не должна превышать 20...35% допуска на размер поверхности).

5. Произвести измерение всех заданных поверхностей. Для самой точной поверхности произвести измерение в трех сечениях в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 6), для остальных — по одному сечению в двух направлениях.

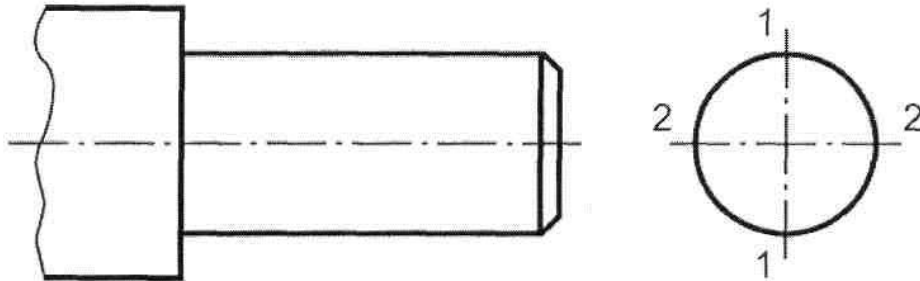


Рисунок 6. Схема измерения

6. Дать заключение о годности по каждой измеряемой поверхности.

7. Определить наибольшие отклонения от правильной геометрической формы для самой точной из поверхностей.

*Относительным методом измерения* называют метод, основанный на сравнении измеряемой величины с заранее известным значением меры. Примерами относительного метода измерения являются измерения при помощи рычажных скоб, индикаторов, оптиметров, миниметров.

*Рычажная скоба* (рис. 7) предназначена для измерения и контроля наружных размеров изделия. Скоба представляет собой прибор с подпружиненной пяткой 3 и передвижной пяткой 4. Перемещение подпружиненной пятки передается на стрелку 8 рычажно-зубчатого механизма, находящегося в корпусе 1. Величину перемещения подпружиненной пятки определяют по шкале. Скоба имеет арретир 7, отводящий подпружиненную пятку при установке между пятками измеряемого изделия или блока концевых мер длины.

#### Технические характеристики рычажной скобы

Пределы измерения (в целом), мм: 0...25; 25...50; 50...75; 75...100; 100...125; 125...150

Пределы показаний по шкале, мм  $\pm 0,08$ ;  $\pm 0,15$

Цена деления шкалы, мм 0,002; 0,005

Допустимая погрешность показаний  $\pm 0,002$ ;  $\pm 0,005$

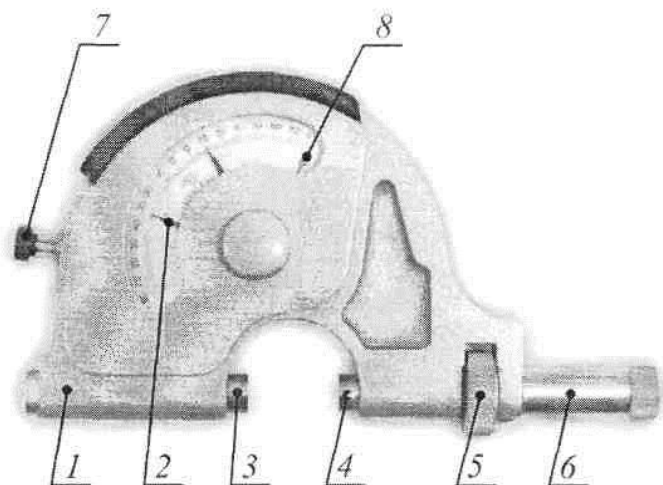


Рисунок 7. Рычажная скоба

Концевые меры длины являются особо точным измерительным инструментом, применяемым в промышленности для контроля размеров, для проверки и градуировки мер, измерительных приборов и инструментов, для проверки калибров, для установления правильных размеров при изготовлении инструментов, приспособлений и штампов, а также для особо точных разметочных работ и наладки станков.

*Концевые плоскопараллельные меры длины* представляют собой прямоугольные стальные (или твердосплавные) плитки, размеры которых определяются расстоянием между двумя рабочими плоскостями при температуре 20°C. Рабочие плоскости плитки — самые чистые. Характерной особенностью концевых мер длины является их притираемость друг к другу измерительными поверхностями. Притираемость дает возможность из одного набора мер составлять комбинации размеров.

Приступая к работе, следует предварительно рассчитать, какие меры надо взять для данного блока. Количество концевых мер длины в блоке должно быть минимальным, так как погрешность блока складывается из погрешностей отдельных мер. Притирку мер в блок надо проводить в определенной последовательности: к мерам больших размеров последовательно притирают меры меньших размеров, причем меньшую меру накладывают на край большей. Затем зигзагообразными движениями верхнюю меру двигают вдоль длинного ребра нижней меры до совпадения плоскостей обеих мер. Размер блока определяется как сумма размеров составляющих его концевых мер.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Выполнить в журнале эскиз заданной детали.
2. В соответствующую графу журнала внести чертежные размеры. По ГОСТ 25346 - 89 (приложение 1, 2) определить предельные отклонения, проставить их на эскизе рядом с обозначением поля допуска, подсчитать предельные размеры и занести их в таблицу.



3. Ознакомиться с имеющимся инструментом и занести в журнал его технические характеристики.

4. Установить рычажную скобу на нуль. Установку выполнять по блоку концевых мер длины (плиток). Размер блока подобрать так, чтобы были выдержаны следующие условия:

- количество плиток должно быть минимальным (не более трех);
- отклонения стрелки 8 (см. рис. 7) при измерениях детали должно укладываться в пределы показаний шкалы скобы, т.е. разность размеров блока и проверяемой поверхности не должна превышать пределов измерения по шкале прибора.

В данной работе размер блока концевых мер может равняться номинальному размеру проверяемой поверхности.

Отвернуть колпачок 6 (см. рис. 7) скобы. Ввести между измерительными поверхностями 3 и 4 скобы блок концевых мер. Вращением микровинта 5 установить стрелку прибора на нуль и завернуть колпачок 6. Черные стрелки 2 — это указатели границ поля допуска при контроле партии деталей.

5. Нажатием на кнопку арретира 7 (см. рис. 7) отвести подпружиненную пятку 3 и вынуть блок концевых мер длины. Также, нажимая на кнопку 7, ввести вместо блока концевых мер поверхность детали. Измерить поверхность детали в трех сечениях в двух взаимно-перпендикулярных направлениях согласно схеме на рисунке 8. Отсчеты по шкале прибора с соответствующим знаком записать в журнал.

6. Определить действительные размеры и наибольшие отклонения геометрической формы измеренных поверхностей. Действительный размер при относительном методе измерения равен размеру блока плиток плюс показания по шкале рычажной скобы. Сравнить действительные размеры с предельными, найденными по ГОСТу. Дать заключение о годности по каждой измеряемой поверхности.

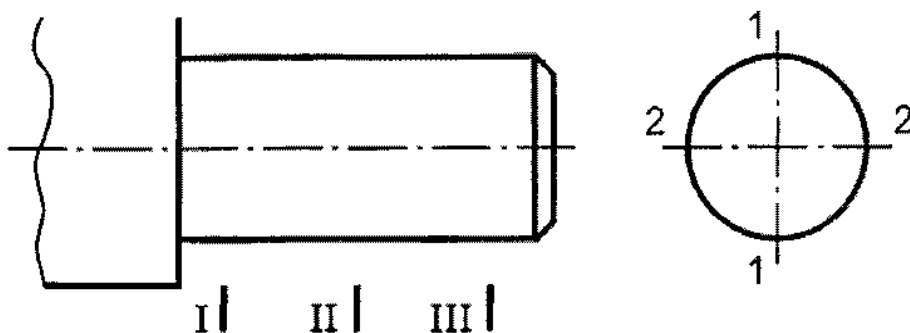


Рисунок 8. Схема измерения

## Лабораторная работа №2

**Тема:** Измерение радиального, торцового биения и погрешности формы вала

Радиальным биением называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси вращений в сечении, перпендикулярном к этой оси. Радиальное биение является результатом смещения центра (эксцентриситета) рассматриваемого сечения относительно оси вращения (эксцентриситет вызывает вдвое большее по величине радиальное биение) и не-круглости.

*Индикатор часового типа* (рис. 9) применяют для измерения размеров, отклонений формы и взаимного расположения поверхностей (радиальное биение, торцовое биение и др.). Шкала индикатора 3 имеет 100 делений. Полный оборот стрелки 2 соответствует перемещению измерительного стержня 5 на один миллиметр. Перемещение стрелки 2 на одно деление соответствует перемещению измерительного стержня на величину цены деления шкалы 3.

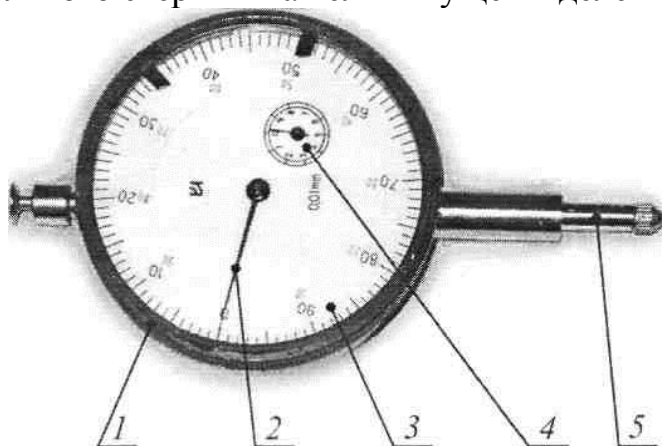


Рисунок 9. Индикатор часового типа

Каждому обороту большой стрелки 2 соответствует поворот на одно деление маленькой стрелки по шкале указателя оборотов 4. Следовательно, цена деления шкалы указателя оборотов равна 1 мм.

Шкала индикатора 3 вместе с ободком может поворачиваться относительно корпуса прибора 1 так, что против большой стрелки 2 прибора можно установить любой штрих шкалы. Это используется при установке прибора в нулевое положение. Для работы индикатор укрепляют в различные стойки или специальные гнезда приборов относительного метода измерения.

### Технические характеристики индикатора часового типа

Цена деления, мм 0,01; 0,005; 0,002; 0,001

Пределы измерения в целом, мм 0...5; 0...10

Пределы измерения по шкале, мм 0...1

Допустимая погрешность показаний

индикатора в пределах 1 мм на любом участке измерений, мм  $\pm 0,015$

*Призма поверочная и разметочная* (рис. 10) предназначена для разметки и установки деталей и изделий цилиндрической формы при контрольных операциях.

Призма состоит из корпуса 1, накладки 2 и двух винтов 3 для крепления.

Корпус призмы в верхней плоскости имеет призматическую выемку с доведенными поверхностями. По обеим сторонам призматической выемки имеется по три резьбовых отверстия, предназначенных для установки накладки в любом из трех сечений призмы. Нижняя плоскость корпуса призмы имеет две доведенные поверхности.

*Техническая характеристика призмы*

Диаметр устанавливаемых в призму валов, мм 8...80

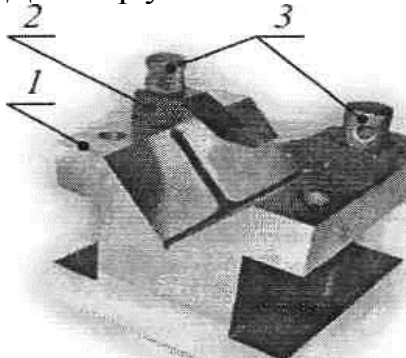


Рисунок 10. Призма

*Центры* (рис. 11) используются для установки деталей по центровым отверстиям на контрольных операциях и операциях механической обработки. Коническая поверхность 1 центра является установочной, хвостовик 2 служит для закрепления центра в корпусе приспособления.

Техническая характеристика жестких центров

Угол  $\alpha$  установочной поверхности, град 60; 75

Номер конуса Морзе хвостовика 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6

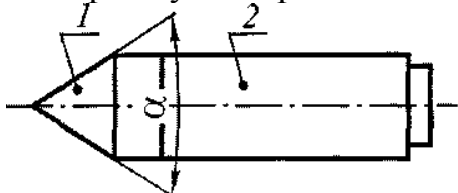


Рисунок 11. Центр

### **Порядок выполнения работы**

1. Выполнить в журнале эскиз заданной детали.
2. Проставить на эскизе значения радиального биения относительно оси центров и оси базовой поверхности.
3. Ознакомиться с имеющимся инструментом и занести в журнал его технические характеристики.
4. Определить радиальное биение наружной цилиндрической поверхности:
  - а) относительно оси центров — закрепить валик в центрах так, чтобы он свободно вращался и не имел продольных и поперечных перемещений (люфта и качки). Подвести измерительный наконечник индикатора (рис. 12а) к измеряемой поверхности, создав небольшой натяг (1-2 мм), повернуть вал на полный оборот. Разность показаний стрелки индикатора за полный оборот детали соответствует величине

радиального биения;

б) относительно оси базовой поверхности (в призме) — для определения радиального биения одной поверхности вала относительно оси другой (базовой) поверхности вал базовой поверхностью укладывают в призму (рис. 126), а к проверяемой поверхности подводят индикатор, создав небольшой натяг (1-2 мм). Поворачивая вал на полный оборот, по разности показаний стрелки индикатора определяют величину биения.

5. Сравнить действительные значения радиального биения с чертежными. Дать заключение о годности.

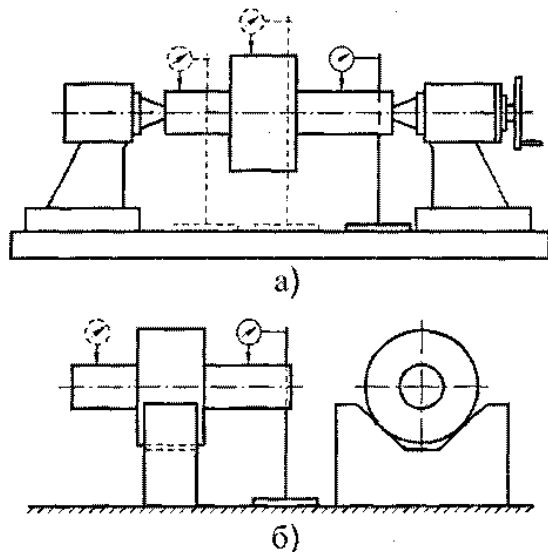


Рисунок 12. Схемы контроля биения

13

*Штангенциркуль* (рис. 13) представляет собой штангу, жестко соединенную с измерительной губкой 1 (штангоузел). На штанге нанесена шкала в целых миллиметрах (основная шкала).

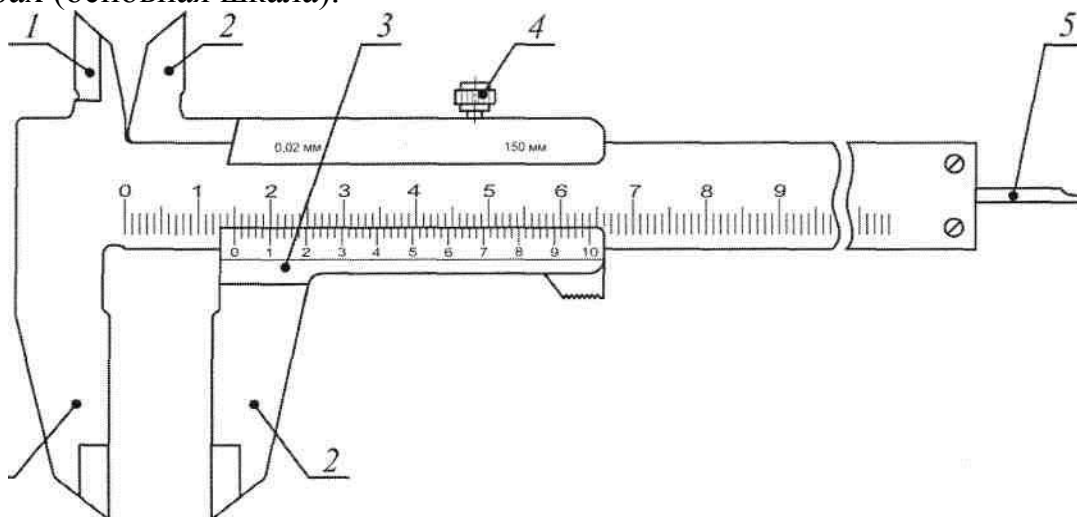


Рисунок 13. Штангенциркуль

По штанге, как по направляющей может перемещаться рамка 3 с другой измерительной губкой 2 (рамкоузел).

Зажимной винт 4 служит для фиксации рамки 3 после окончания измерения. Глубиномерная линейка 5 служит для измерения глубин отверстий и пазов.

Нижние губки служат для наружного измерения, верхние губки — для внутреннего измерения, причем губки заходят одна за другую, что дает возможность при измерении внутренних размеров вести отсчет от нуля.

На скосе рамки 3 нанесен нониус — дополнительная линейка со шкалой, служащая для отсчета дробных долей интервала деления основной шкалы. Величина  $a$  отсчета по нониусу  $i = \frac{a}{n}$ ,

где  $a$  — интервал деления основной шкалы (чаще всего  $a = 1$ );

$n$  — число делений шкалы нониуса от 0 до ближайшего, совпадающего с каким-либо делением основной шкалы.

После сдвига измерительных губок до соприкосновения с измеряемой поверхностью определяют число делений (рис. 14), расположенных между нулевыми штрихами основной шкалы и нониуса, например  $A = 58$  мм.

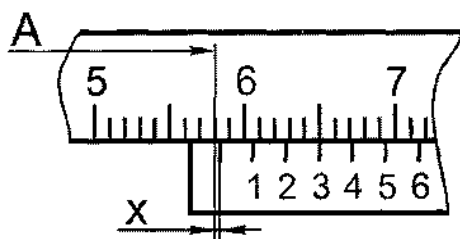


Рисунок 14. Пример отсчета

Затем находят дробные доли (размер  $X$ ), равные порядковому номеру штриха нониуса, совпадающего с каким-либо штрихом шкалы штанги, умноженному на цену деления шкалы нониуса:

$$X = 3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ мм.}$$

Измеряемый размер  $B$  получают сложением целых и дробных значений:

$$B = A + X = 58 + 0,3 = 58,3 \text{ мм.}$$

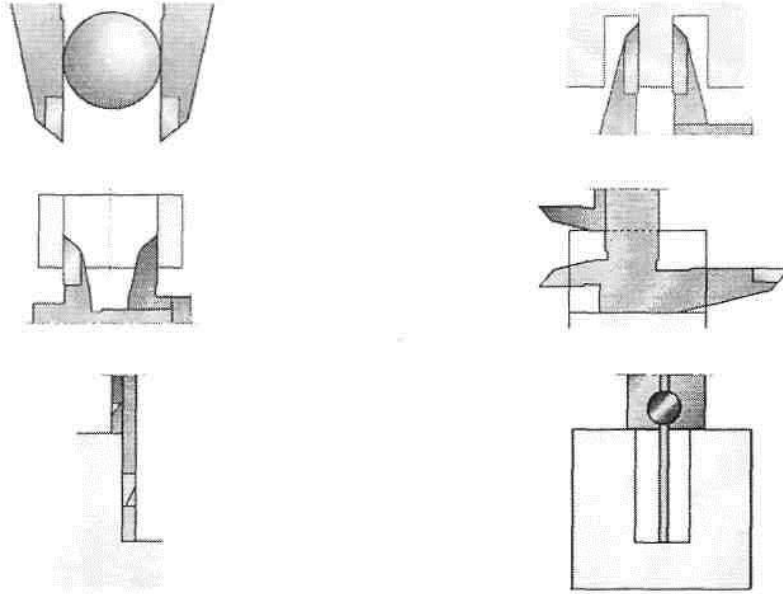
Технические характеристики штангенциркуля:

Пределы измерения, мм 0...150

Цена деления шкалы нониуса, мм 0,02; 0,05; 0,1

Предельная погрешность измерения, мм  $\pm 0,05$ ;  $\pm 0,1$ ;  $\pm 0,2$

## Использование измерительных поверхностей штангенциркуля.



### Порядок выполнения работы:

1. Выполнить в журнале эскиз заданной детали.
2. Занести в журнал чертежный размер измеряемого межосевого расстояния. По таблицам допусков ГОСТ 25346 - 89 (приложение 1, 2) определить предельные отклонения проверяемого размера, указать их на эскизе детали и подсчитать предельные размеры.
3. Ознакомиться с имеющимся инструментом и занести в журнал его характеристики.
4. Используя верхние губки штангенциркуля, измерить диаметры отверстий 1 и 3.
5. Затем нижними губками штангенциркуля измерить расстояние между кромками отверстий 1 и 3 (см. рис. 15).

L2-4

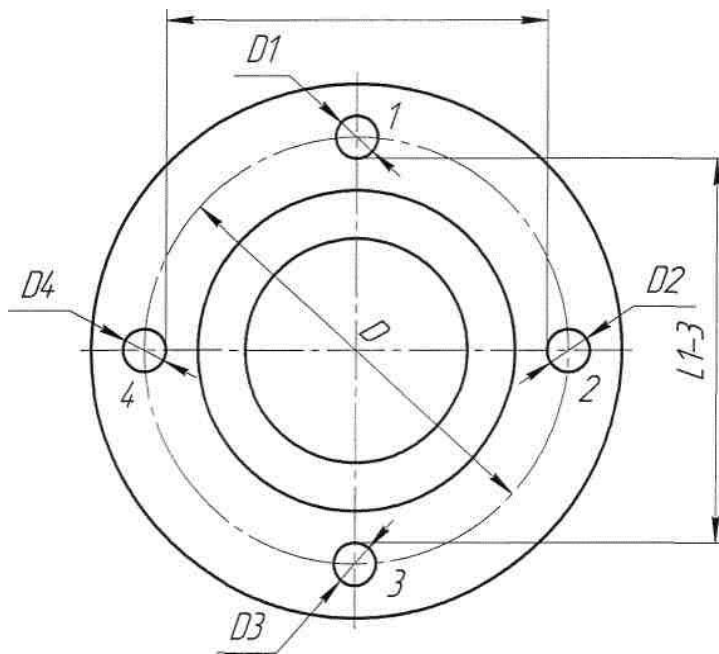


Рисунок 15. Эскиз детали

6. Вычислить расстояние между осями отверстий как:  $\approx \sqrt{D_1^2 + D_3^2}$

7. Произвести аналогичные измерения для отверстий 2 и 4.

8. Вычислить среднее значение межосевого расстояния и занести его в журнал.

Сравнить действительное значение межосевого расстояния с предельными размерами, найденными по ГОСТу. Дать заключение о годности размера.

### КОНТРОЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

*Шероховатостью поверхности* называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности детали и рассматриваемых в пределах базовой длины.

Количественно шероховатость поверхности по ГОСТ 2789 - 73 может быть оценена одним из шести параметров:  $R_z$ ,  $R_g$ ,  $R_{max}$ ,  $S$ ,  $S_m$ ,  $t_p$ . Параметр  $R_z$  — это высота неровностей по десяти точкам (среднее расстояние между находящимися в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин).

### Лабораторная работа №3

**Тема:** Определение параметров шероховатости по профилограмме

Принцип работы профилографа-профилометра модели 201 основан на ощупывании исследуемой поверхности алмазной иглой и преобразовании колебаний иглы в измерения напряжения индуктивным методом.

Алмазная игла 4 (рис. 16) перемещается по поверхности детали. Ее колебания с помощью датчика, состоящего из сердечника 2, катушек 1, коромысла 3, преобразуются в колебания напряжения на выходе трансформатора 6. При проходе колебаний через усилитель 7 они фиксируются показывающим устройством

8 или записываются с некоторым увеличением на профилограмме с помощью записывающего устройства 9.

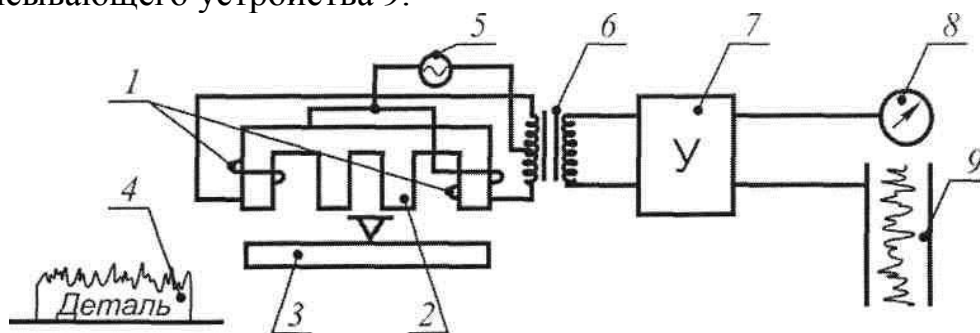


Рисунок 16. Схема прибора

Вертикальное увеличение  $V_y$  профилограммы зависит от коэффициента усиления усилителя, изменяется в пределах от  $1000^x$  до  $20000^x$  и выбирается наибольшим допустимым для данной ширины бумажной ленты.

Горизонтальное увеличение профилограммы  $V_x$  зависит от соотношения скоростей перемещения датчика со щупом  $V_n$  по измеряемой поверхности и бумажной ленты  $V_n$  в записывающем устройстве:

$$V_x = f \cdot V_n \quad (\text{от } 2^x \text{ до } 4000^x).$$

$V_x$  выбирается так, чтобы угол наклона боковых сторон профиля был не более  $80^\circ$  (рис. 17).

Порядок обработки профилограммы  $V_r$

1. Определение горизонтального увеличения  $V_x$ . Из соотношения  $V_x = f \cdot V_n$  определяем  $V_x$ .

2. Определение положения средней линии  $m$  на участке базовой длины. Точное положение средней линии находится по способу наименьших квадратов, т.е.  $n \text{ min}$  на базовой длине (рис. 17). Средняя линия также может быть проведена на глаз, по равенству площадей неровностей над и под линией в пределах базовой длины. На выданной профилограмме провести среднюю линию на глаз  $V_x$



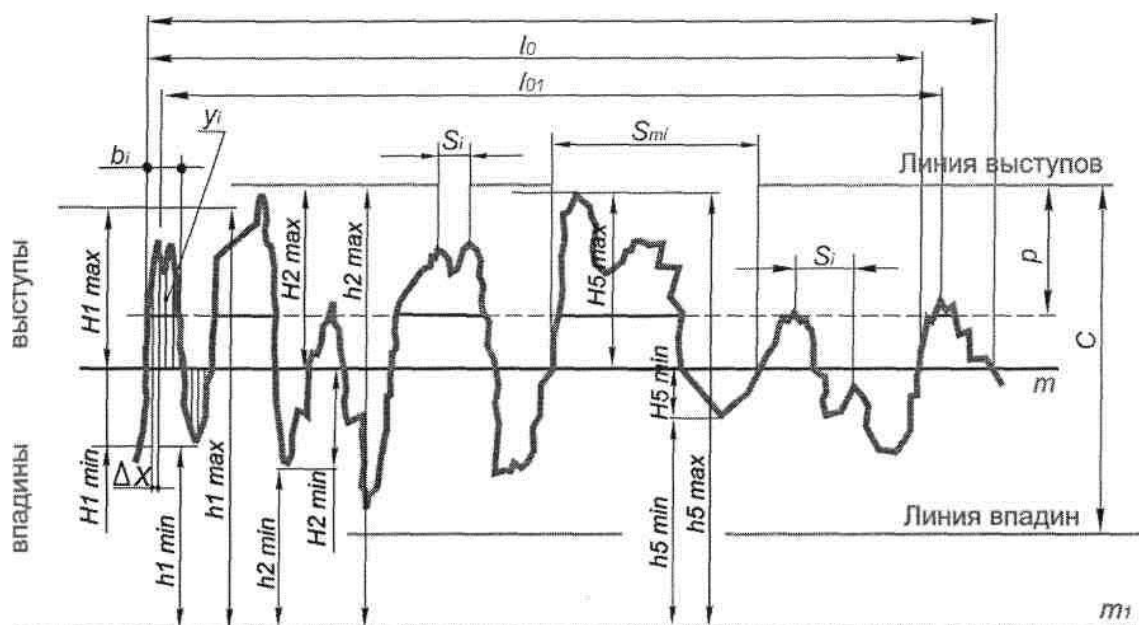


Рисунок 17. Профилограмма

3. Выбор участка измерения. Для надежности оценки параметра измерения обычно проводят последовательно на нескольких базовых длинах и затем находят среднее значение параметра. В целях сокращения трудоемкости работы измерения производим для одной базовой длины.

4. Измерение параметров шероховатости, определяемых ГОСТ 2789 - 73 "Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики". Комплекс измеряемых параметров выбирается по таблице 1 в зависимости от необходимых для работы эксплуатационных свойств поверхности, указанных на выданной профилограмме.

Таблица 1. Комплекс измеряемых параметров

Эксплуатационные свойства поверхности	Рекомендуемые параметры шероховатости
Износоустойчивость при всех видах трения	$R_a (R_z), t_p$ , направление неровностей
Виброустойчивость	$R_a (R_z), S_m, S$ , направление неровностей
Контактная жесткость	$R_a (R_z), t_p$
Прочность при циклических нагрузках	$R_{max}, S_m, S$ , направление неровностей
Герметичность соединений	$R_a (R_z), R_{max}, t_p$
Сопrotивление в волноводах	$R_a, S_m, S$

Измерения величин на профилограмме проводить с помощью измерителя и линейки с четкими делениями. Необходимые построения на профилограмме производить хорошо отточенным карандашом.

5. Обозначить полученную по данным измерения параметров шероховатость по ГОСТ 2.309 - 73 "Обозначение шероховатости поверхностей".

### *Измерение среднего арифметического отклонения профиля $R_a$*

1. Определение шага дискретизации  $\Delta x$  — расстояния между измеряемыми ординатами по средней линии. Обычно  $\Delta x = 2 \dots 3$  мм. Чем сложнее профиль поверхности (больше вершин на базовой длине), тем меньше  $\Delta x$  для уменьшения погрешности измерения. Примем  $\Delta x = 2$  мм.

2. В точках, соответствующих  $\Delta x$ , измеряем ординаты  $y_i$ . (расстояние точек

$$R_a = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N |y_i| \cdot 10^3 \text{ (мкм)},$$

профиля до средней линии в миллиметрах) перпендикулярно средней линии.

3. Определяем  $R_a$ : где  $N$  — количество измеренных ординат на базовой длине.

### *Измерение высоты неровностей профиля по десяти точкам $R_z$*

1. Измеряем отклонения пяти наибольших максимумов профиля  $H$ - и пяти наибольших минимумов профиля  $H$ - от средней линии (в миллиметрах).

$$z = \frac{1}{5\sqrt{y}} \left( \sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right) \cdot 10^3$$

10 (мкм).

$\sqrt{y}$

2. Определяем  $R_z$ : Я,

Для номинально прямолинейного профиля при нахождении  $R_z$  можно, не определяя положения средней линии, провести базовую линию  $m$  параллельно общему направлению профилограммы и не пересекать профиль на базовой длине (см. рис. 17). При этом измеряют расстояния от пяти наибольших максимумов профиля до базовой линии  $h$ -и от пяти наибольших минимумов профиля до базовой линии  $h$ -... (см. рис. 17).

$$\text{Тогда } R_z = \frac{1}{5\sqrt{y}} \left( \sum_{i=1}^5 h_{i \max} - \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right) \cdot 10^3 \text{ (мкм)}.$$

### *Измерение наибольшей высоты неровностей профиля $R_{max}$*

1. Через наивысшую и наинизшую точки профиля в пределах базовой длины проводим линию выступов и линию впадин профиля параллельно средней линии ж. (рис. 33).

2. Измеряем расстояние между линией выступов и линией впадин  $C$  (в мм).

3. Определяем  $R_{max}$ :

$$R_{max} = \frac{1}{\sqrt{..}} \cdot C \cdot 10^3 \text{ (мкм)}.$$

### *Измерение относительной опорной длины профиля $t_p$*

1. На заданном уровне сечения профиля  $p$  провести линию, пересекающую

щую профиль эквидистантно линии выступов (см. рис. 17). Для этого необходимо от линии выступов профиля отложить вниз отрезок, равный  $\sqrt{m} \cdot \Delta y$  и через его конец провести линию, параллельную средней линии  $m$ .

2. Измерить отрезки  $B$ . в миллиметрах (см. рис. 17), полученные в сечении профиля.

3. Определить  $t_p$ , где  $n$  — число отрезков.

*Измерение среднего шага неровностей  $S_m$*

1. Считаем  $K$  — число пересечений профиля со средней линией в пределах базовой длины.

2. Измеряем длину отрезка средней линии  $L$ , ограниченную первым и последним нечетным пересечением профиля со средней линией ( $L < IV$ ).

3. Определяем  $S_m = \frac{L}{K}$  (мм).

*Примечание.* Возможно определение среднего шага неровностей (см. рис. 17) как:  $S_m = \frac{L}{K}$  (мм).

где  $n$  — число шагов неровностей профиля. Этот способ более трудоемкий.

*Измерение среднего шага местных выступов профиля  $S$*

1. Сосчитать  $M$  — число вершин (максимумов) профиля на длине  $L$ , лежащей между первым и последним максимумами.

2. Определить  $S$ :

*Примечание.* Возможно определение среднего шага местных выступов профиля как:  $S = \frac{L}{M}$  (мм), где  $n$  — число шагов неровностей по вершинам (шагов местных выступов профиля).

Этот способ намного более трудоемкий.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Определить шероховатость проверяемой поверхности путем визуального сравнения с эталонами шероховатости.

2. По выданной профилограмме определить шероховатость проверяемой поверхности, следуя порядку обработки профилограммы, приведенному выше.

3. Сравнить полученные шероховатости.