

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Вологодская государственная  
молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет

Кафедра технические системы в агробизнесе



# **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

## *Методические указания*

для студентов инженерного факультета обучающихся  
по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия  
для выполнения лабораторных работ

Вологда–Молочное  
2023

УДК 631.3004.67 + 658.2.001.2(071)

ББК 40.72:65.321.9 – 02 р30

**М 171**

Составитель:

доцент кафедры технические системы в агробизнесе

**Р.А. Шушков**

Рецензенты:

доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса,

канд. техн. наук **Ф.А. Киприянов,**

доцент кафедры технические системы в агробизнесе

канд. техн. наук **А.С. Михайлов**

**М 171 Метрология, стандартизация и сертификация.** Методические указания/ Сост. Р.А. Шушков – Вологда-Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. – 45 с.

Методические указания «Метрология, стандартизация и сертификация» предназначены для студентов инженерного факультета обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия для выполнения лабораторных работ.

Рекомендовано методическим советом академии в качестве учебного пособия и печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА.

УДК 631.3004.67 + 658.2.001.2(071)

ББК 40.72:65.321.9 – 02р30

© Шушков Р.А., 2023

© ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2023

## Содержание

Введение.....	4
Общие положения.....	5
Лабораторная работа № 1.....	10
Лабораторная работа № 2.....	16
Лабораторная работа № 3.....	20
Лабораторная работа № 4.....	25
Лабораторная работа № 5.....	31
Лабораторная работа № 6.....	36
Лабораторная работа № 7.....	39
Список литературных источников.....	44

## Введение

*Современный мир насыщен  
измерениями; знания, не  
имеющие количественного  
выражения, теряют ценность.  
Поль Валери*

Измерения являются важным средством познания человеком природы и играют огромную роль в современном мире. Практически нет ни одной сферы деятельности человека, где бы интенсивно не использовались результаты измерений, испытания и контроля.

Метрология является наукой об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Метрология не родилась на ровном месте, она пришла к нам из опыта предков, прошла большой путь от науки сравнительных описаний мер к науке, определяющей характер современной научно-технической революции.

В подтверждение приведем слова академика А.П. Александрова: «Метрология является важнейшей стороной сложного процесса усовершенствования технологии и качества продукции. В то же время именно метрология необходима для обнаружения областей несогласованности в научных исследованиях и потому обнаруживает те области, в которых можно ждать принципиальных сдвигов в науке. Только страна, имеющая передовое приборостроение и метрологию, может быть передовой в науке».

## Общие положения

### *Виды средств измерений*

Средство измерения (СИ) – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее или хранящее единицу ФВ, размер которой принимается неизменным в течение известного интервала времени. Под метрологическими характеристиками (МХ) понимают такие характеристики СИ, которые позволяют судить об их пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью.

Кратко дадим пояснения к классификации по РМГ 29–99.

*Меры* – это СИ, воспроизводящие или хранящие физическую величину заданного размера. Меры могут быть однозначными, воспроизводящими одно значение физической величины (гиря, калибр на заданный размер, образцы твердости, шероховатости, катушка сопротивления), и многозначными – для воспроизведения ряда значений одной и той же физической величины (измерительный конденсатор переменной емкости, набор концевых мер, измерительные линейки).

Измерения методом сравнения с мерой выполняют с помощью специальных технических средств – компараторов – *средство сравнения, предназначенное для сличения мер однородных величин* (равноплечие весы, измерительный мост и т.д.). Иногда в качестве компаратора выступает человек, например при измерении длины линейкой.

*Измерительные преобразователи* – СИ, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Это термопары, измерительные трансформаторы и усилители, преобразователи давления.

*Измерительный прибор* – СИ, предназначенное для переработки сигнала измерительной информации в другие, доступные для непосредственного восприятия наблюдателем формы. Различают приборы прямого действия (амперметры, вольтметры, манометры) и приборы сравнения (компараторы).

По способу отсчета измеряемой величины СИ делятся на показывающие (аналоговые, цифровые), регистрирующие (на бумажную или магнитную ленту) и т.п.

*Измерительная установка* – совокупность функционально объединенных СИ и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. Например, поверочные установки, установки для испытания электротехнических, магнитных и других материалов.

*Измерительная система* – это комплекс СИ и вспомогательных устройств с компонентами связи (проводные, телевизионные и др.), предназначенный для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления.

## *Виды и методы измерений*

1) По отношению к изменению измеряемой величины измерения подразделяются на:

**статические**, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени;

**динамические**, в процессе которых измеряемая величина изменяется и является непостоянной во времени.

Статическими измерениями являются, например, измерения размеров тела, постоянного давления; динамическими – измерения пульсирующих давлений, вибраций.

2) По способу получения числового значения измерения разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

При **прямом** измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных, например, измерение угла угломером или измерение диаметра штангенциркулем.

При **косвенном** измерении искомое значение величины определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямому измерению, например, определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения.

**Совокупные** – это такие измерения, в которых значения измеряемых величин находят по данным повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Например, совокупными являются измерения, при которых массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

**Совместными** называют измерения, производимые одновременно двух или нескольких неоднородных величин. Целью совместных измерений является нахождение функциональной зависимости между величинами, например, зависимости длины тела от температуры, зависимости электрического сопротивления проводника от давления и т.п.

3) По точности оценки погрешности измерения делятся на:

**измерения максимальной возможной точности**, достижимой при существующем уровне техники. К ним относятся в первую очередь эталонные измерения, измерения физических констант, прежде всего универсальных (например, абсолютного значения ускорения свободного падения и др.).

**контрольно-поверочные измерения**, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторое заданное значение. К ним относятся измерения, выполняемые лабораториями государственного надзора и заводскими измерительными лабораториями с погрешностью заранее заданного значения.

**технические измерения**, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измере-

ний являются измерения, выполняемые в процессе производства на машиностроительных предприятиях.

4) По способу получения значений измеряемых величин различают два основных метода

измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

**Метод непосредственной оценки** – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение длины с помощью линейки или размеров деталей микрометром, угломером).

**Метод сравнения с мерой** – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, для измерения диаметра микрометр устанавливают на «0» по блоку концевых мер длины, а результаты измерения получают по отклонению стрелки микрометра от нуля, т.е. сравнивается измеряемая величина с размером блока концевых мер.

Существуют несколько разновидностей метода сравнения:

**метод противопоставления**, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, например, измерение массы на равноплечих весах;

**дифференциальный метод**, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на оптиметре после его настройки на «0» по блоку концевых мер длины;

**нулевой метод**, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Подобным методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравниванием;

**метод совпадений**, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал (например, при измерении штангенциркулем используют совпадение отметок основной и нониусной шкал);

**метод замещения**, состоящий в том, что измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов.

5) По связи с объектом различают контактный и бесконтактный методы измерений.

**Контактный метод измерений** – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

Пример, измерение диаметра вала измерительной скобой или контроль проходным и непроходным калибрами; измерение температуры тела термометром.

**Бесконтактный метод измерений** – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения.

Измерение расстояния до объекта радиолокатором.

6) По характеру результата измерений различают абсолютные и относительные.

**Абсолютное** измерение основано на прямых измерениях величины и (или) использовании значений физических констант, например, измерение размеров деталей штангенциркулем или микрометром.

При **относительных** измерениях величину сравнивают с одноименной, играющей роль единицы или принятой за исходную, например, измерение относительной влажности воздуха.

7) В зависимости от совокупности измеряемых параметров изделия различают поэлементный и комплексный методы измерения.

**Поэлементный** метод характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности (например, эксцентриситета, овальности, огранки цилиндрического вала).

**Комплексный** метод характеризуется измерением суммарного показателя качества (например, измерение радиального биения цилиндрической детали).

8) В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения, различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.

**Инструментальный** метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.

**Экспертный** метод основан на использовании данных нескольких специалистов. Широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине.

**Эвристические** измерения основаны на интуиции. Широко используется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала сравниваются между собой попарно, а затем производится ранжирование на основании результатов этого сравнения.

**Органолептические** измерения основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса). Часто используются измерения на основе впечатлений (конкурсы мастеров искусств, соревнования спортсменов).

9) По количеству измерительной информации различают однократные и многократные.

**Однократные измерения** – это одно измерение одной величины, то есть число измерений равно числу измеряемых величин.

**Многократные измерения** характеризуются превышением числа измерений над количеством измеряемых величин.



10) По принципу точности различают равноточные и неравноточные измерения.

**Равноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

**Неравноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений или в разных условиях.

11) С точки зрения теории обработки измерений все измерения нужно разделить на **необходимые и избыточные**.

Если количество неизвестных величин равно  $t$ , а количество измерений равно  $n$ , причем  $n > t$ , то  $t$  измерений являются необходимыми, а  $(n - t)$  – избыточными.

Простой пример: чтобы узнать значение угла, достаточно измерить его один раз ( $t = 1$ ); на практике угол измеряют несколькими приемами, получая  $n$  его значений; следовательно,  $(n - 1)$  измерений избыточны.

## Лабораторная работа № 1

### Измерение штангенинструментами

Для измерения линейных размеров абсолютным методом и для воспроизведения размеров при разметке деталей служат штангенинструменты, объединяющие под этим названием большую группу измерительных средств: штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангензубомеры и т.д. (рис. 1...3).

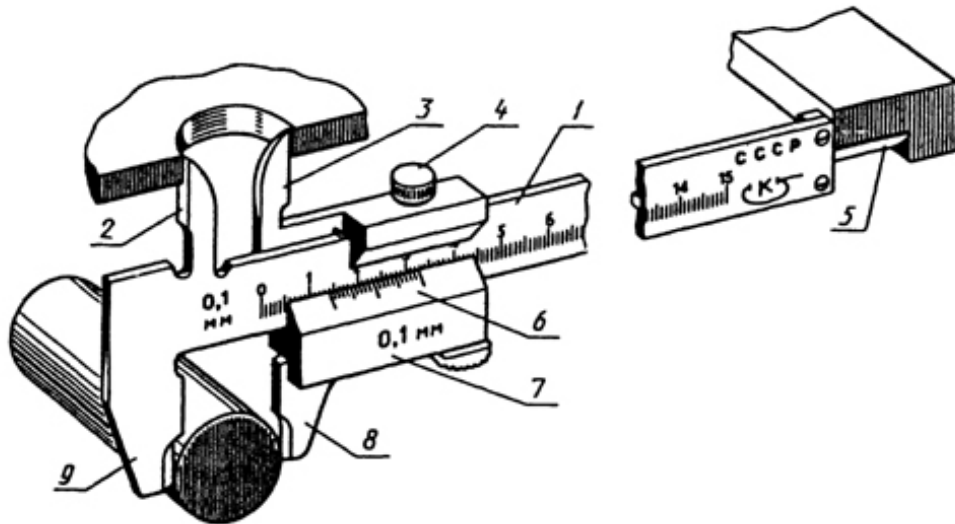


Рис. 1. Штангенциркуль:

1 – штанга; 2 и 3 – верхние измерительные губки; 4 – стопорный винт;  
5 – линейка глубиномера; 6 – нониус; 7 – рамка;  
8 и 9 – нижние измерительные губки

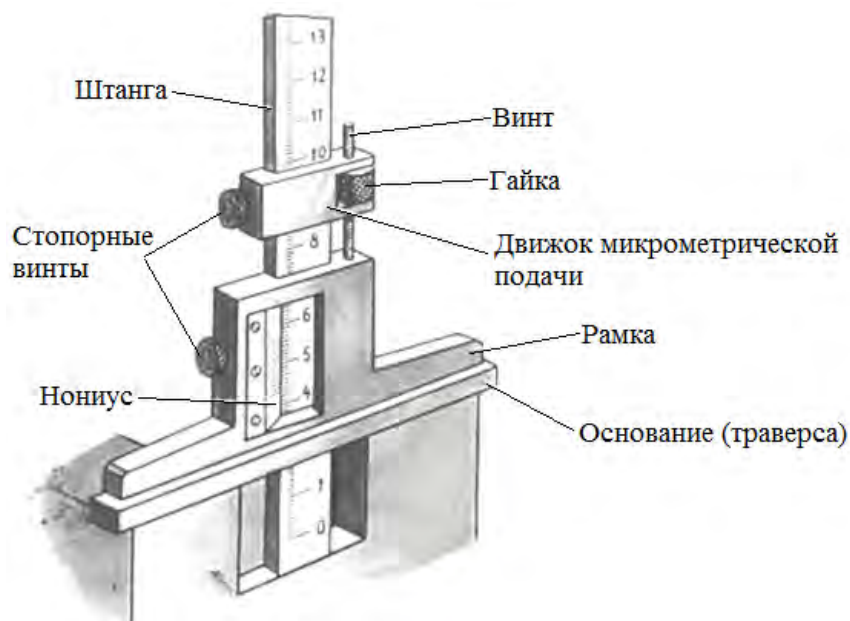


Рис. 2. Штангенглубиномер

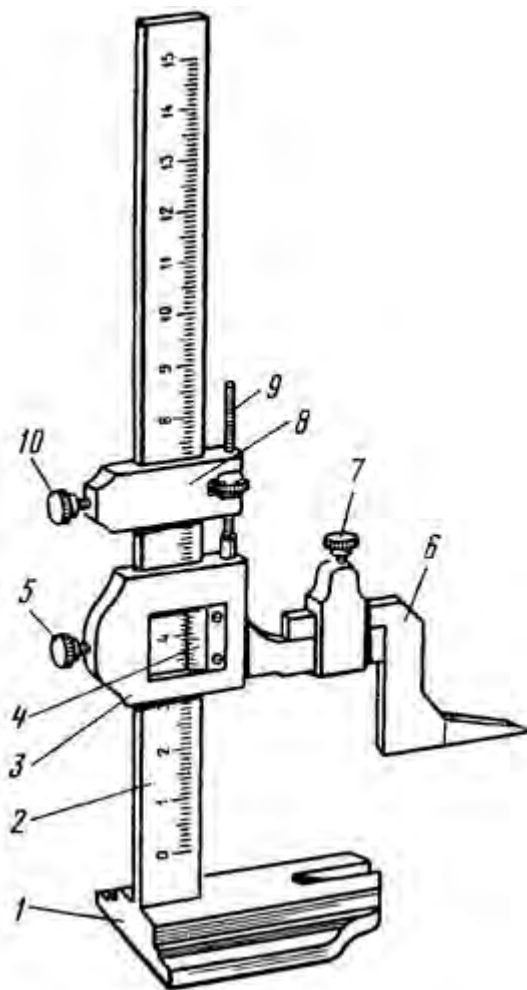


Рис. 3. Штангенрейсмас:

*1 – подставка (основание); 2 – штанга; 3 – рамка; 4 – нониус;  
5, 7 и 10 – стопорные винты; 6 – ножка-чертилка;  
7 – движок микрометрической подачи; 9 – винт*

Наиболее распространенным типом штангенинструмента является штангенциркуль. Существует несколько моделей штангенциркулей.

**Штангенциркуль ШЦ-I** с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин имеет штангу (линейку) с основной шкалой, деления которой нанесены через один миллиметр. Штанга имеет неподвижные измерительные двусторонние губки с рабочими поверхностями, перпендикулярными штанге. По линейке перемещается измерительная рамка со второй парой губок; на рамке имеется стопорный винт для ее фиксации в требуемом положении. На измерительной рамке нанесена дополнительная шкала – нониус. Наружные размеры измеряют нижними губками, имеющими плоские рабочие поверхности малой ширины. Верхние губки применяют для измерения внутренних размеров. Линейка-глубиномер предназначена для измерения высоты уступов, глубины глухих отверстий и т.п.

**Штангенциркуль ШЦ-II** с двусторонним расположением губок предназначен для наружных и внутренних измерений и разметочных работ. Со-

стоит из тех же основных деталей, что и ШЦ-I, но имеет вспомогательную рамку микроподачи для точного перемещения рамки по штанге. Для этого необходимо предварительно зафиксировать вспомогательную рамку стопорным винтом, а затем, вращая гайку по микровинту, перемещать измерительную рамку по штанге. Как правило, этой подачей пользуются для точной установки размера на штангенциркуле при разметке. Остроконечные губки штангенциркуля ШЦ-II применяют для разметки или измерения наружных размеров в труднодоступных местах. Нижние губки для измерения внутренних размеров имеют цилиндрические рабочие поверхности. Размер губок в сведенном состоянии обычно бывает равен 10 мм и определяет наименьший внутренний размер, который может быть измерен этим штангенциркулем. При внутренних измерениях к отсчету по шкале следует прибавить размер губок, указанный на их боковой стороне. Штангенциркули типа ШЦ-II имеют нониусы с ценой деления 0,1 и 0,05 мм и пределы измерения 0...160, 0...200, 0...250 мм.

**Штангенциркуль ШЦ-III** не имеет верхних остроконечных губок и устройства для микроподачи измерительной рамки. Он применяется для наружных и внутренних измерений с помощью таких же, как у ШЦ-II, нижних губок. Цена деления нониуса 0,1 и 0,05 мм, пределы измерений от 0 до 2000 мм.

**Штангенглубиномер** служит для измерения глубин и выступов. Он состоит из основания, штанги с основной миллиметровой шкалой, измерительной рамки, стопорных винтов, устройства микрометрической подачи, гайки и винта микрометрической подачи и нониуса.

Выпускаются штангенглубиномеры с ценой деления нониуса 0,05 мм и пределами измерений 0...160, 0...200, 0...250, 0...315, 0...400 мм. По конструкции штангенглубиномер отличается от штангенциркуля отсутствием неподвижных губок на штанге и наличием вместо них основания, которое является опорой при измерении глубины. Нулевой размер штангенглубиномер показывает при совмещении торца штанги (линейки) и основания.

**Штангенрейсмас** применяют для разметки, но он может быть использован и для измерения высоты деталей, установленных на плите. Штангенрейсмасы имеют цену деления нониуса 0,1 и 0,05 мм и предел измерений до 2500 мм. Они имеют массивное основание для установки на плите. Перпендикулярно основанию расположена штанга с миллиметровой шкалой. Подвижная рамка с нониусом имеет державку для установки специальной измерительной ножки для измерения высоты или разметочной ножки.

При разметке вертикальных поверхностей штангенрейсмас с установленным по шкале и нониусу размером (при этом рекомендуется пользоваться микроподачей рамки) перемещается по плите вдоль размечаемой заготовки. Острие разметочной ножки наносит на поверхность заготовки горизонтальную линию.

## ОТСЧЕТНОЕ УСТРОЙСТВО

В основу конструкции отсчетного устройства входят штанга (измерительная линейка) с нанесенной на ней основной шкалой с интервалом деления 1 мм. Каждое пятое деление шкалы штанги отмечено удлиненным штрихом, а каждое десятое – штрихом более длинным с соответствующим числом сантиметров.

По штанге свободно перемещается измерительная рамка, на скосе которой (напротив миллиметровой шкалы штанги) нанесена дополнительная шкала, называемая нониусом. Нониус служит для отсчета дробных долей миллиметра.

Длина шкалы нониуса:

$$\ell = n \cdot b = (\gamma \cdot n - 1) \cdot a, \quad (1)$$

где  $n$  – число делений нониуса;

$b$  – интервал деления шкалы нониуса;

$\gamma$  – модуль нониуса, характеризующий растянутость шкалы нониуса или соотношение между значениями интервалов основной шкалы и нониуса;

$a$  – цена деления основной шкалы.

Для примера возьмем цену деления нониуса  $c = 0,1$  мм при модуле  $\gamma = 1$ , тогда интервал деления шкалы нониуса  $b = 1 \cdot 1 - 0,1 = 0,9$  мм. Все последующие штрихи нониуса наносят с таким же интервалом. Из-за того, что интервалы делений нониуса меньше, чем на основной шкале, постепенно накапливается отставание положения штрихов нониуса от штрихов основной шкалы и десятый штрих нониуса совпадает с девятым штрихом основной шкалы (рис. 4).

Цена деления нониуса  $c$  равна цене деления основной шкалы  $a = 1$  мм, разделенной на число делений шкалы нониуса  $n$ :

$$c = a / n, \quad (2)$$

Применяются нониусы с ценой деления 0,1; 0,05 мм и в редких случаях 0,02 мм. Интервал деления шкалы нониуса  $b$  зависит от принятого значения модуля  $\gamma$ , который выбирается из чисел 1; 2; 3; 4 и больше. Но надо иметь в виду, что с увеличением модуля увеличивается длина дополнительной шкалы-нониуса и увеличиваются габаритные размеры всего отсчетного устройства. Интервал деления шкалы нониуса  $b$  принимают кратным интервалу деления основной шкалы:

$$b = \gamma \cdot a - c, \quad (3)$$

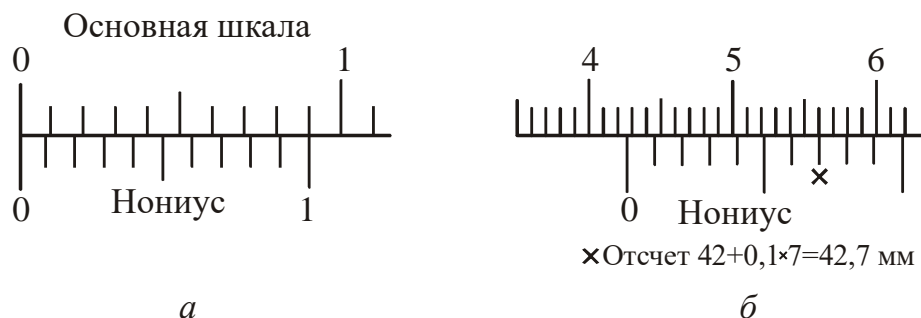
Для удобства отсчета дробных долей миллиметра чаще выпускаются штангенинструменты с модулем шкалы нониуса равным 2.

При определении размера детали поступают следующим образом. Если нулевой штрих дополнительной шкалы-нониуса совпал с каким-либо штри-

хом основной шкалы, то значение измеряемой величины отсчитывают только по основной шкале в мм.

Если же нулевой штрих нониуса не совпадает ни с одним штрихом основной шкалы, то отсчет получается из двух частей. Целое число в миллиметрах берут по основной шкале слева от нулевого штриха нониуса и прибавляют к нему доли миллиметра, полученные умножением цены деления нониуса на порядковый номер штриха нониусной шкалы, совпавшего со штрихом основной шкалы (рис. 4).

Цена деления нониуса  $c=0,1$  мм



Цена деления нониуса  $c=0,05$  мм

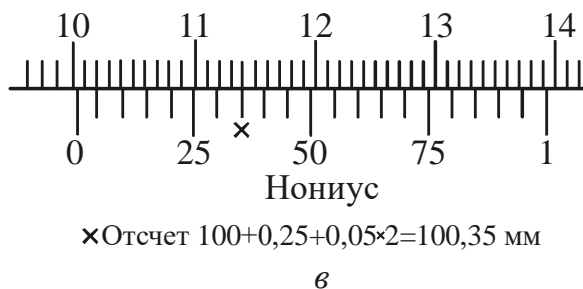


Рис. 4. Отсчетное устройство

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию штангенинструментов.
2. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
3. Начертить схему измерения детали. Деталь измеряем в одном сечении (I – I) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1 – 1 и 2 – 2). Схема измерения детали представлена на рисунке 5.
4. Каждый размер измерить три раза (чертеж детали представлен на рис. 6). За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов.
5. Выполнить измерения по всем заданным размерам и результаты занести в журнал.
6. Дать заключение о годности размеров элементов детали.

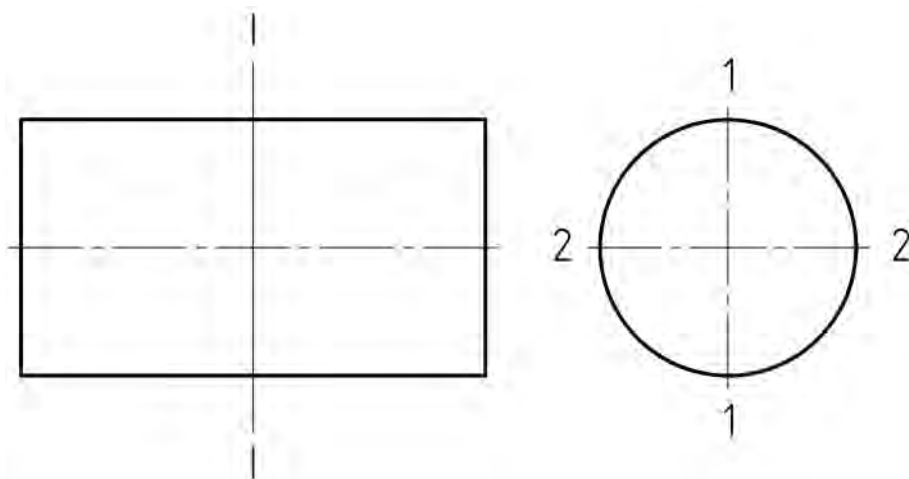


Рис. 5. Схема измерения детали

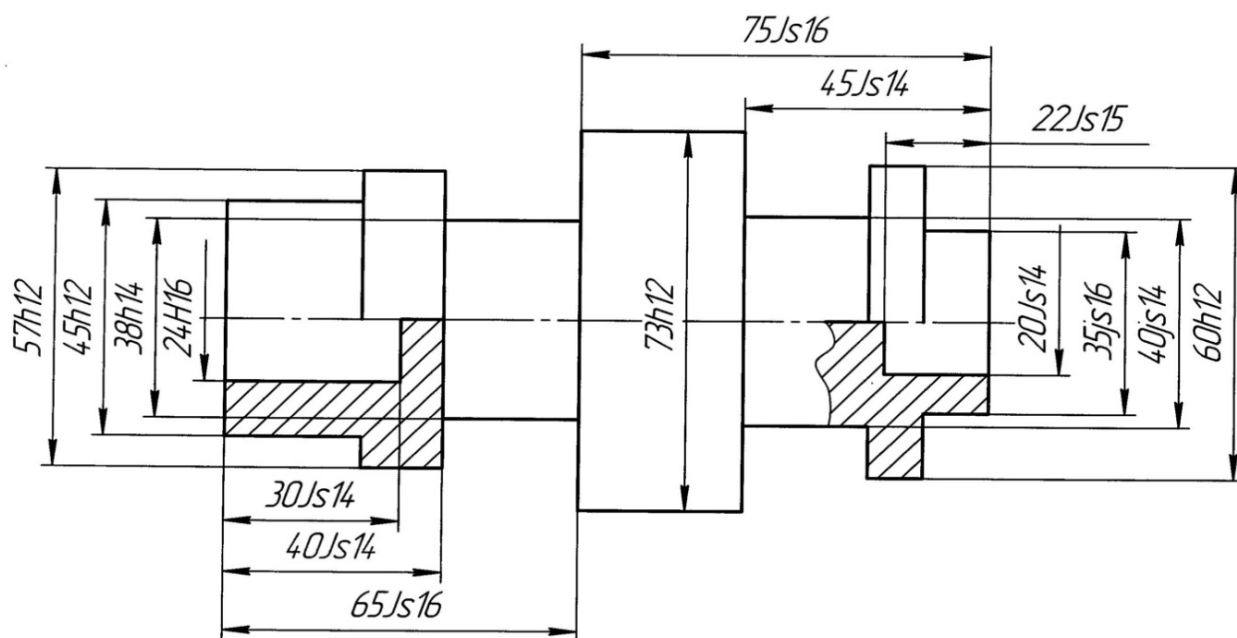


Рис. 6. Чертеж детали

## Лабораторная работа № 2

### Измерение углов

Углы различных изделий измеряют простейшим угломерным инструментом – угломерами с нониусом и оптическими.

**Универсальный угломер** применяют для измерения наружных и внутренних углов различных деталей.

Угломер предназначен для измерения углов с отсчетом действительного размера по угловой шкале с нониусом. На рис. 7 показан универсальный угломер системы Семенова. Он состоит из основания 4, на которое нанесена основная градусная шкала, и сектора 6 с нанесенным на него нониусом 7. Сектор можно перемещать по основанию. С помощью державки 9 на секторе 6 можно закрепить угольник 2, на котором в свою очередь при помощи державки 3 закрепляется съемная линейка 1. Линейка 8 жестко связана с основанием 4. Винт 5 служит для скрепления сектора 6 с основанием 4. Величину измеряемого угла читают на шкале и нониусе.

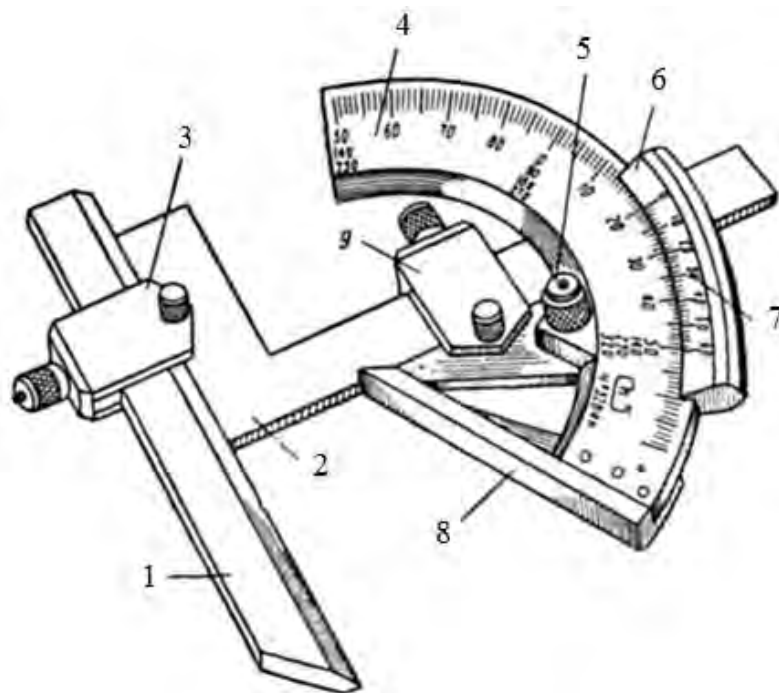


Рис. 7. Универсальный угломер системы Семенова

Хотя основная шкала угломера нанесена лишь на дуге  $130^\circ$ , но, меняя установку измерительных деталей, можно измерять углы от  $0$  до  $320^\circ$ . Точность отсчета по нониусу равна  $2'$ . Отсчет, полученный при измерении угловых величин или при установке заданного угла, производится так же, как и на линейных шкалах штангенинструмента, т.е. по шкале и нониусу. Число градусов отсчитывают по шкале основания, а минут – по шкале нониуса.

Пределы измерения углов угломером системы Семенова приведены на рис. 8.



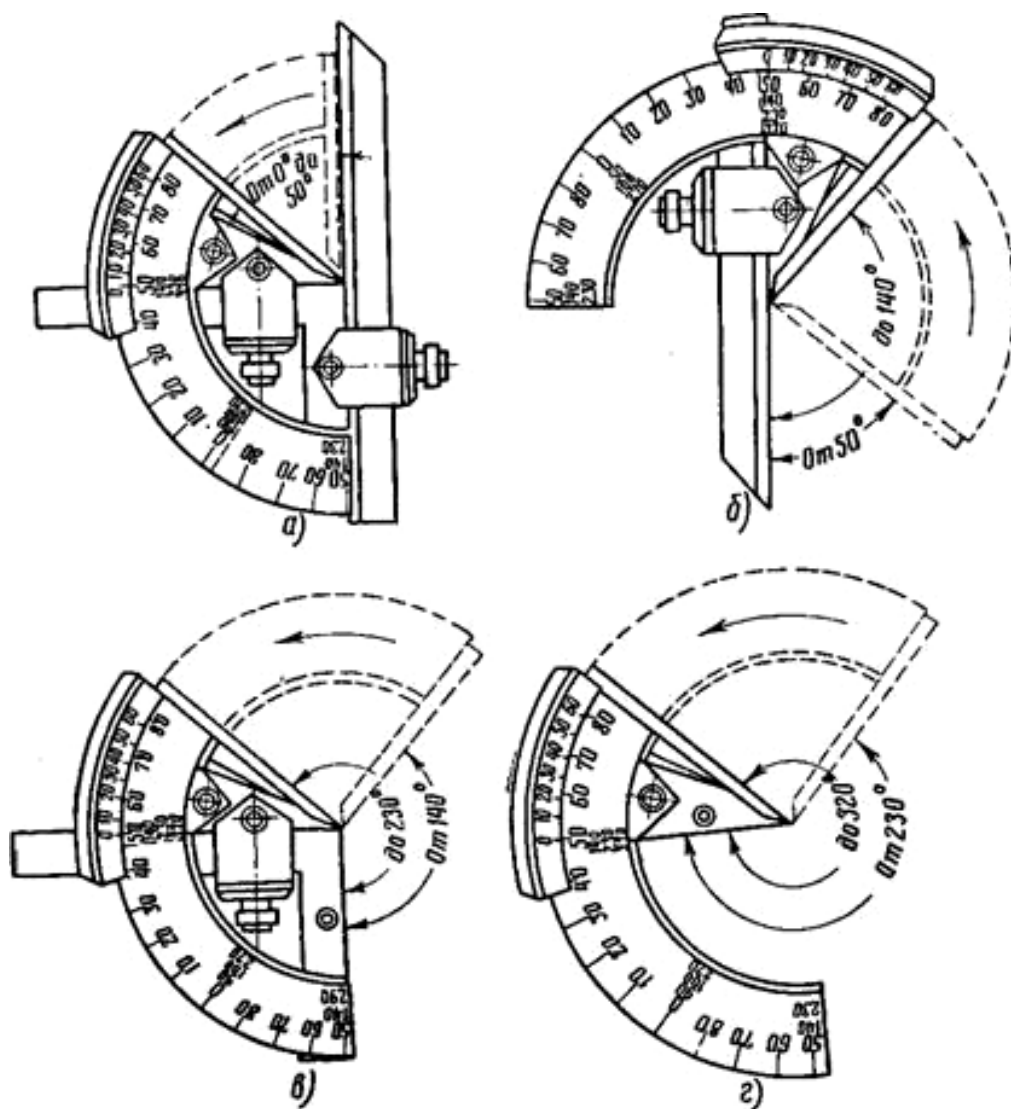


Рис. 8. Установка угломера системы Семенова для измерения:

*а* – углов от 0 до 50°; *б* – углов от 50 до 140°; *в* – углов от 140 до 230°;  
*г* – углов от 230 до 320°

**Угломер оптический** (рис. 9) предназначен для измерения контактным методом углов от 0 до 180° между двумя плоскостями или между плоскостью и образующей цилиндра или конуса.

При работе с прибором необходимо учитывать следующее:

- если измеряемый угол меньше 90°, то прибор показывает действительную величину этого угла (нижняя шкала);
- если измеряемый угол больше 90°, то прибор показывает величину дополнительного угла. Величина измеряемого угла при этом определяется формулой:

$$\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1, \quad (4)$$

где  $\alpha_1$  – счет по шкалам;

$\alpha_2$  – измеряемый тупой угол.

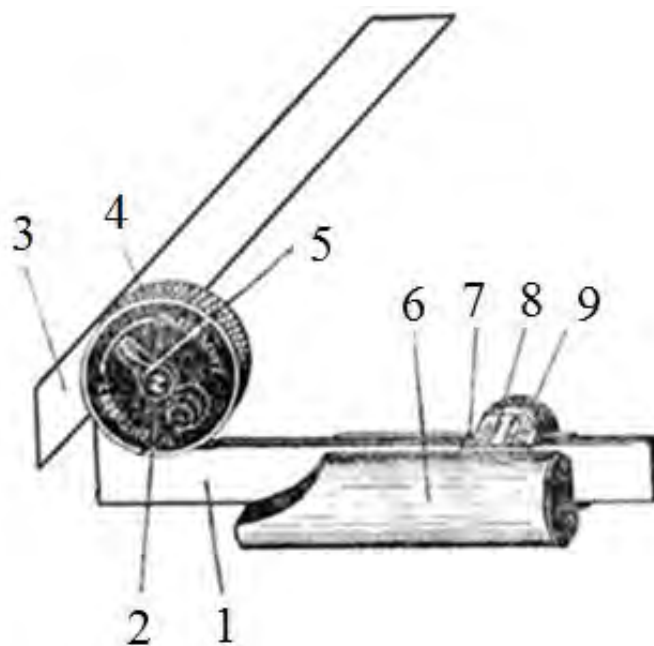


Рис. 9. Оптический угломер с подставкой:

*1 – сдвоенная линейка; 2 – корпус; 3 – сменная линейка; 4 – зажимное кольцо;  
5 – зажимной рычаг; 6 – подставка; 7 – вкладыш; 8 – прижим; 9 – гайка*

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию универсальных угломеров.
2. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
3. Начертить схему измерения детали. Деталь измеряем в двух сечениях (I – I и II – II). Схема измерения детали представлена на рисунке 10.
4. Каждый размер измерить три раза (чертежи деталей представлен на рис. 11). За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов.
5. Выполнить измерения по всем заданным размерам и результаты занести в журнал.
6. Дать заключение о годности размеров элементов детали с учетом допусков углов, представленных в таблице 1.

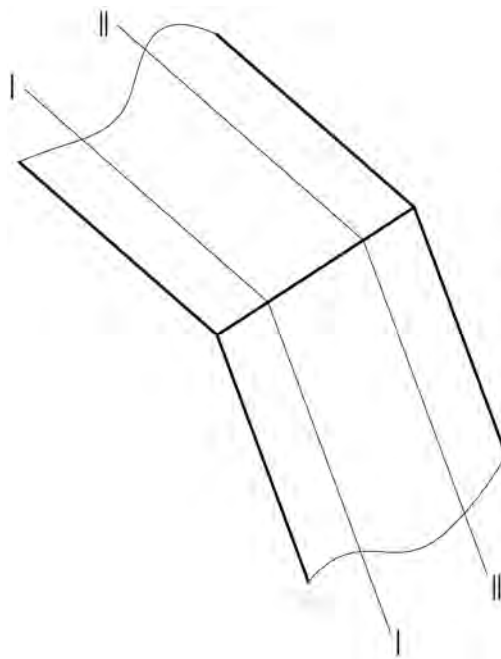


Рис. 10. Схема измерения детали

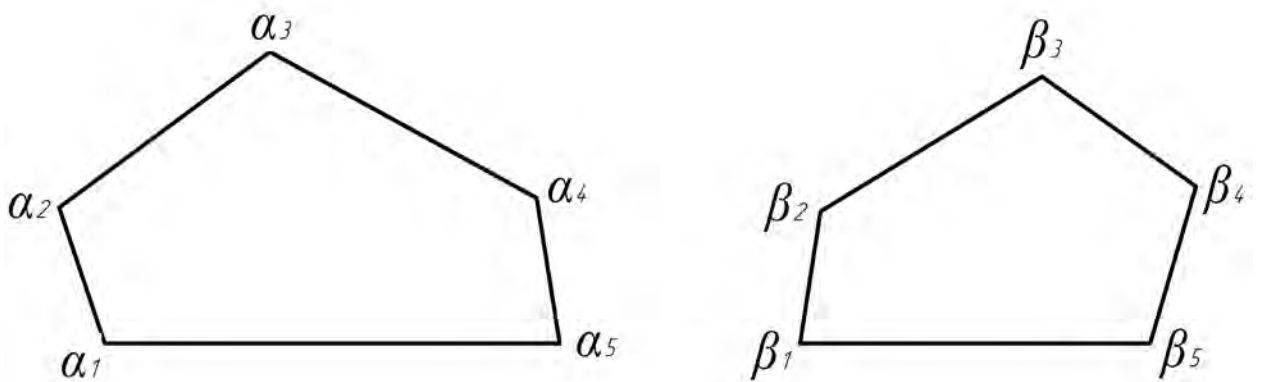


Рис. 11. Чертежи деталей

Таблица 1 – Размеры углов

Деталь	Размер по чертежу				
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
1	$98^{\circ}30' \pm 1^{\circ}15'$	$116^{\circ} \pm 30'$	$131^{\circ}30' \pm 1^{\circ}30'$	$113^{\circ}52' \pm 30'$	$81^{\circ}46' \pm 1^{\circ}$
2	$80^{\circ}36' \pm 30'$	$106^{\circ} \pm 30'$	$115^{\circ} \pm 1^{\circ}$	$134^{\circ} \pm 30'$	$102^{\circ} \pm 10'$

## Лабораторная работа № 3

### Измерения микрометрическими инструментами

К микрометрическим инструментам относятся микрометры, микрометрические нутромеры и микрометрические глубиномеры, применяемые для измерения наружных и внутренних размеров, высот, уступов, глубины и т.п., а также специальные микрометры, применяемые для измерения толщины листов и стенок труб, среднего диаметра резьб и т.д.

Микрометрические измерительные инструменты основаны на использовании винтовой пары (винт-гайка), позволяющей преобразовать вращательное движение микровинта в поступательное.

**Микрометры** изготавливаются следующих типов:

- МК – гладкие для измерения наружных размеров изделий;
- МЛ – листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;
- МТ – трубные для измерения толщины стенок труб;
- МЗ – зубомерные для измерения длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм;
- МГ – микрометрические головки для измерения перемещения;
- МП – микрометры для измерения толщины проволоки.

**Гладкий микрометр** служит для измерения наружных размеров (рис. 12).



Рис. 12. Микрометр гладкий МК

Микрометр состоит из скобы, в которую с одной стороны запрессованы неподвижная пятка, а с другой стороны – стебель. Стебель внутри имеет резьбу, куда ввинчивается микрометрический винт. На винт насажен барабан. К барабану привернут корпус трещотки, которая обеспечивает постоян-

ство измерительного давления на поверхности проверяемой детали. Стопор (зажимное устройство) служит для закрепления микровинта в нужном положении.

Величина перемещения микрометрического винта составляет 25 мм связано это с тем, что с увеличением пределов измерения необходимо увеличить длину нарезаемой части винта. Поскольку при изготовлении его допускаются погрешности шага, и они суммируются, то при больших длинах нарезаемой части суммарная погрешность может оказаться большой, превосходящей точность измерения данного инструмента. Промышленностью выпускаются гладкие микрометры типа МК со следующими пределами измерения: 0...25; 25...50; 50...75; 75...100; 100...125; 125...150; 150...175; 175...200; 200...225; 225...250; 275...300; 300...400 и 500...600 мм.

При измерении гладким микрометром следует руководствоваться следующим. При измерении небольших изделий микрометр закрепляют в стойке, а изделие держат рукой. Изделие вводят между измерительными поверхностями микрометрического винта и пятки. Вращая микрометрический винт правой рукой, при помощи трещотки приводят измерительные поверхности микрометра в соприкосновение с изделиями. Для того, чтобы измерительное усилие не превосходило допустимого 5...8 Н, микровинт следует вращать только при помощи трещотки. Когда измерительное усилие начинает превосходить установленную норму, головка трещотки проворачивается, и вращения микровинта прекращается. Вращение прекращают после трехкратного действия трещотки и производят отсчет по шкалам микрометра (рис. 13).

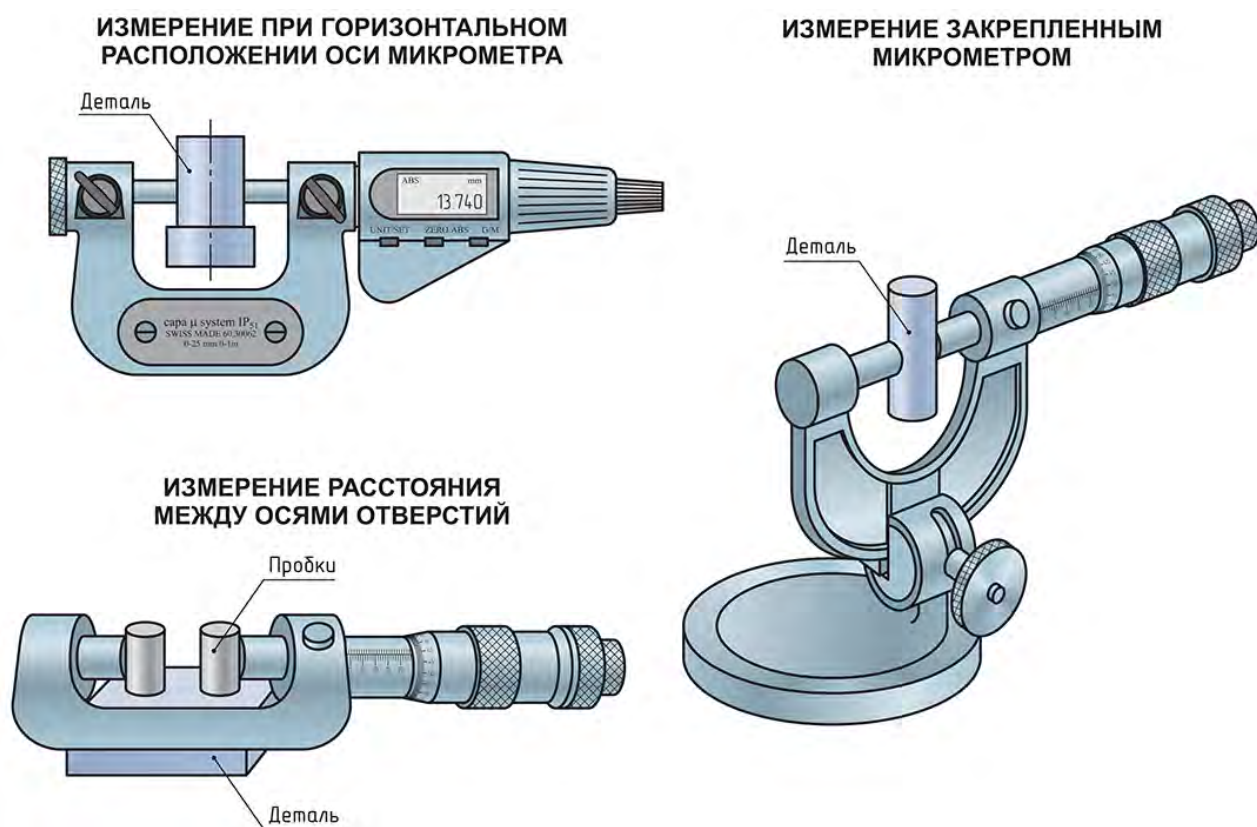


Рис. 13. Примеры измерения микрометром

**Микрометрический нутромер (штихмас)** служит для измерения внутренних размеров деталей, а также размеров диаметров отверстий. Точность измерений нутромером такая же, как и микрометром – 0,01 мм. Состоит он (рис. 14) из головки и сменных стержней (удлинителей). Микрометрическая головка состоит из микрометрического винта 6, расположенного внутри барабана 4, колпачка 5, стебля 3, стопорного устройства 2 и сменного наконечника 1. С помощью сменных наконечников (удлинителей) увеличивают предел измерений.

Схема измерения микрометрическим нутромером представлена на рисунке 15.

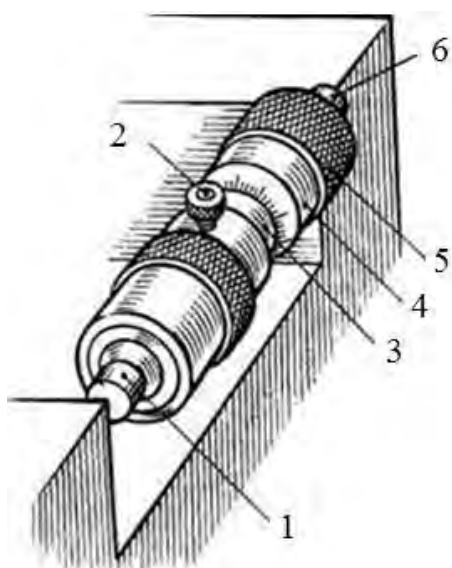


Рис. 14. Микрометрический нутромер (штихмас)



Рис. 15. Схема измерения штихмасом

Микрометрические нутромеры изготавливают с ценой деления 0,01 мм и диапазоном измерения 50...75, 75...175, 75...600, 150...1250, 600...2500, 1250...4000, 2500...6000 мм.

Настройку головки микрометрического нутромера на «0» производят по специальной установочной мере.

**Микрометрический глубиномер** предназначен для измерения глубин пазов или глухих отверстий, высот ступенчатых деталей.

Глубиномер (рис. 16) состоит из основания 1, с которым жестко связан стебель микрометрической головки 2. Одной измерительной поверхностью является плоскость основания 1, второй измерительной поверхностью является поверхность сменного измерительного стержня 3. Вращение микровинта производится при помощи трещотки 5 микрометрической головки. Микровинт может быть закреплен в любом положении стопором 6. Микрометрические глубиномеры выпускаются с ценой деления 0,01 мм. У глубиномеров ход микровинта составляет, как у микрометров 25 мм. Для обеспечения указанных пределов измерения к глубиномеру прикладываются сменные изме-

рительные стержни 3. На каждом измерительном стержне делается маркировка, показывающая, для каких пределов измерений он может быть использован. Перед началом измерения необходимо проверить нулевую установку глубиномера.

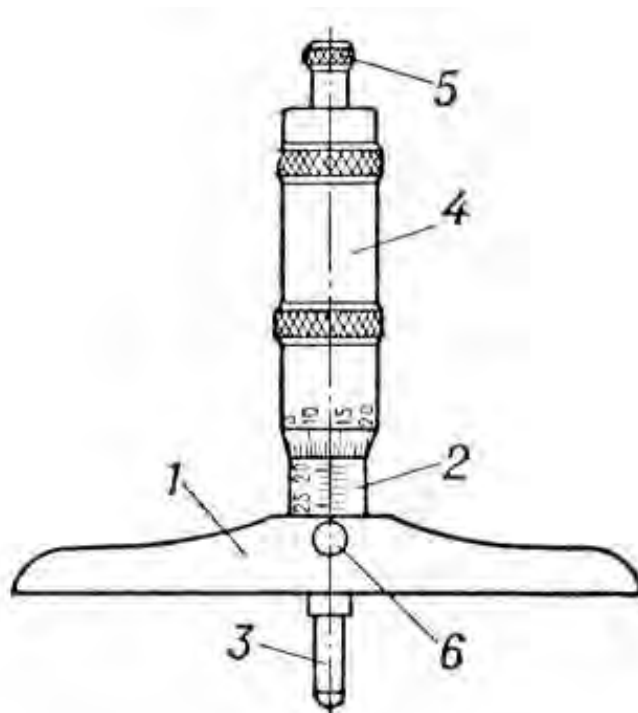


Рис. 16. Микрометрический глубиномер:

*1 – основание; 2 – стемель; 3 – измерительный стержень; 4 – барабан;  
5 – трещотка; 6 – стопор*

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию микрометрических измерительных средств.
2. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
3. Начертить схему измерения детали. Деталь измеряем в трех сечениях (I – I, II – II и III – III) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1 – 1 и 2 – 2). Схема измерения детали представлена на рисунке 17.
4. Каждый размер измерить три раза (чертеж вала представлен на рис. 18, размер гильзы выбираем из таблицы 2, размер глубины крышки принимаем 15Js8). За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов.
5. Выполнить измерения по всем заданным размерам и результаты занести в журнал.
6. Дать заключение о годности размеров элементов детали.

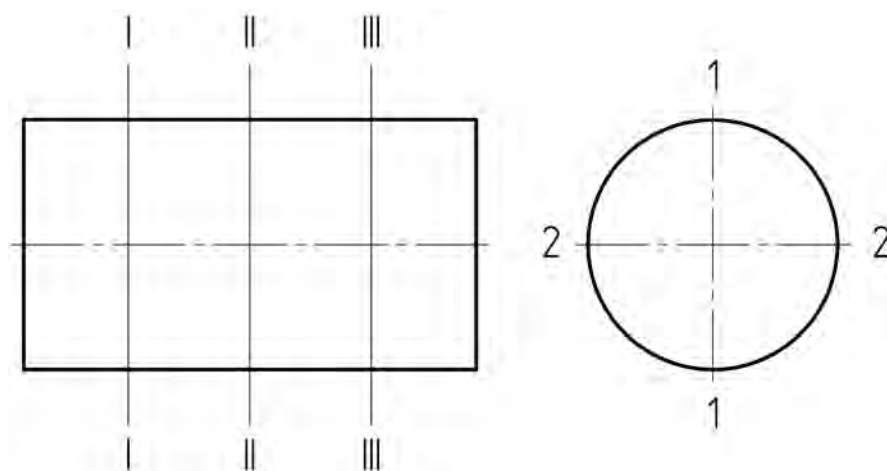


Рис. 17. Схема измерения детали

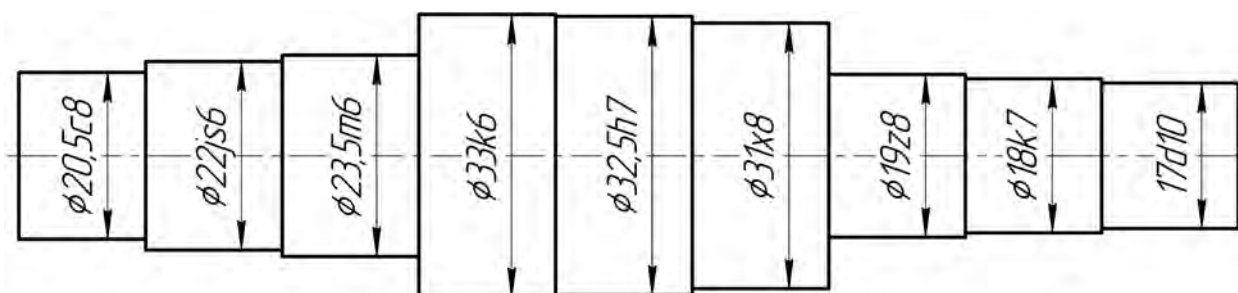


Рис. 18. Чертеж вала

Таблица 2 – Размеры гильз

Номер детали							
1	2	3	4	5	6	7	8
Размер по чертежу							
$\varnothing 100D10$	$\varnothing 100F7$	$\varnothing 100H9$	$\varnothing 105D11$	$\varnothing 105E8$	$\varnothing 105F8$	$\varnothing 105H9$	$\varnothing 105H11$



## Лабораторная работа № 4

### Измерение индикаторными приборами

**Индикаторы часового типа** получили широкое распространение в практике заводского контроля и измерительных лабораториях, они применяются в комплекте с различными приспособлениями, стойками и штативами и предназначены для измерения линейных размеров и отклонений формы и расположения поверхностей деталей.

Индикатор часового (рис. 19) типа является рычажно-механическим прибором с зубчатой передачей. Индикаторы делятся на два типа: ИЧ – с перемещением измерительного стержня параллельно шкале и ИТ – с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале. Индикаторы имеют цену деления шкалы 0,01 мм и выпускаются с диапазонами измерения 0...5 и 0...10 мм.

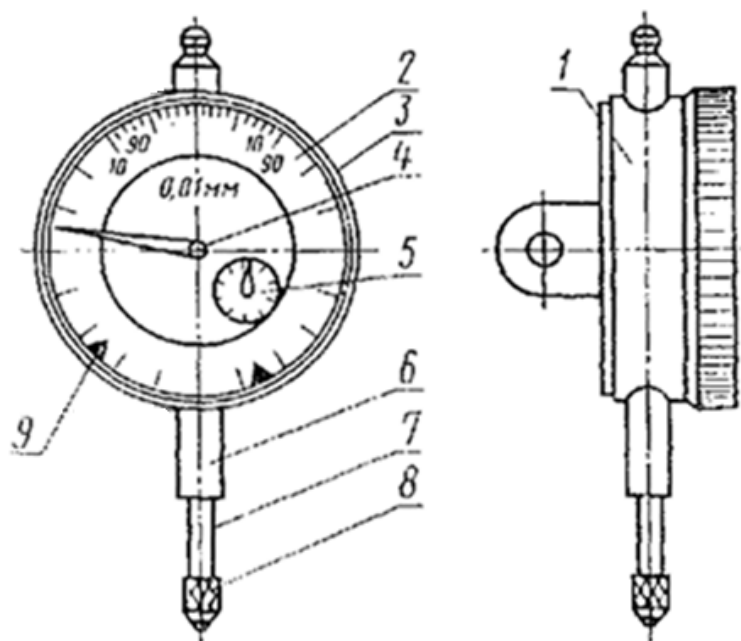


Рис. 19. Индикатор часового типа:

- 1 – корпус; 2 – циферблат; 3 – ободок; 4 – стрелка; 5 – указатель; 6 – гильза;  
7 – измерительный стержень; 8 – измерительный наконечник;  
9 – указатель нуля допуска

Принцип действия индикатора часового типа основан на преобразовании незначительного перемещения измерительного стержня при помощи передаточного механизма в более значительное и удобное для отсчета перемещение стрелки по шкале. Индикатор часового типа имеет две шкалы: большую, служащую для отсчета сотых долей миллиметра и малую – для отсчета целых миллиметров (рис. 20).

Большая шкала имеет 100 делений, следовательно, один оборот стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм. При этом малая стрелка переместится на одно деление шкалы.

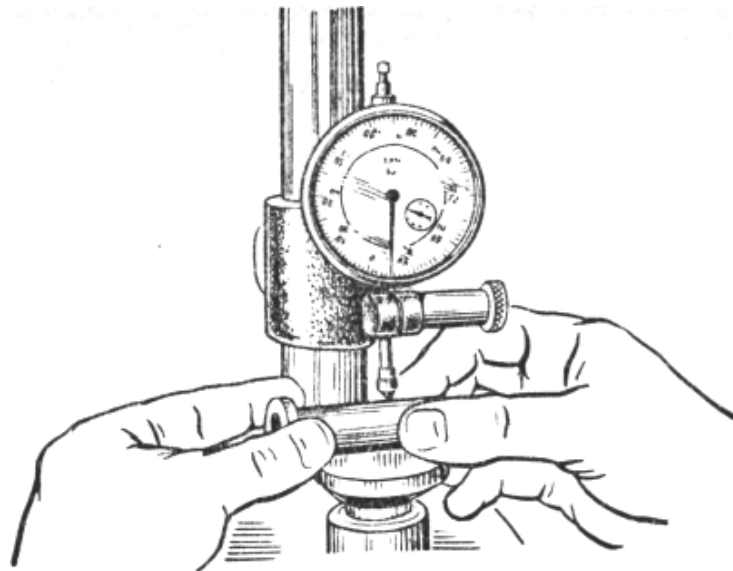


Рис. 20. Измерение вала индикатором часового типа

**Нутромеры индикаторные** предназначены для измерения внутренних размеров.

Выпускается четыре типа индикаторных нутромеров: цанговые, с клиновой передачей, с рычажной передачей и с прямой передачей. Нутромеры изготавливают со следующими пределами измерений: 3...6, 6...10, 10...18, 18...50, 50...100, 100...160, 160...250, 250...450, 450...700, 700...1000 мм.

Нутромеры имеют центрирующий мостик, служащий для совмещения линий измерения с диаметральной плоскостью измерительного отверстия.

Перед измерением нутромер нужно настроить на требуемый размер. Настройка нутромера обычно производится с помощью микрометра или блок-концевых мер.

Схема установки индикаторного нутромера на «0» и схема измерения диаметра отверстия представлены на рис. 21.

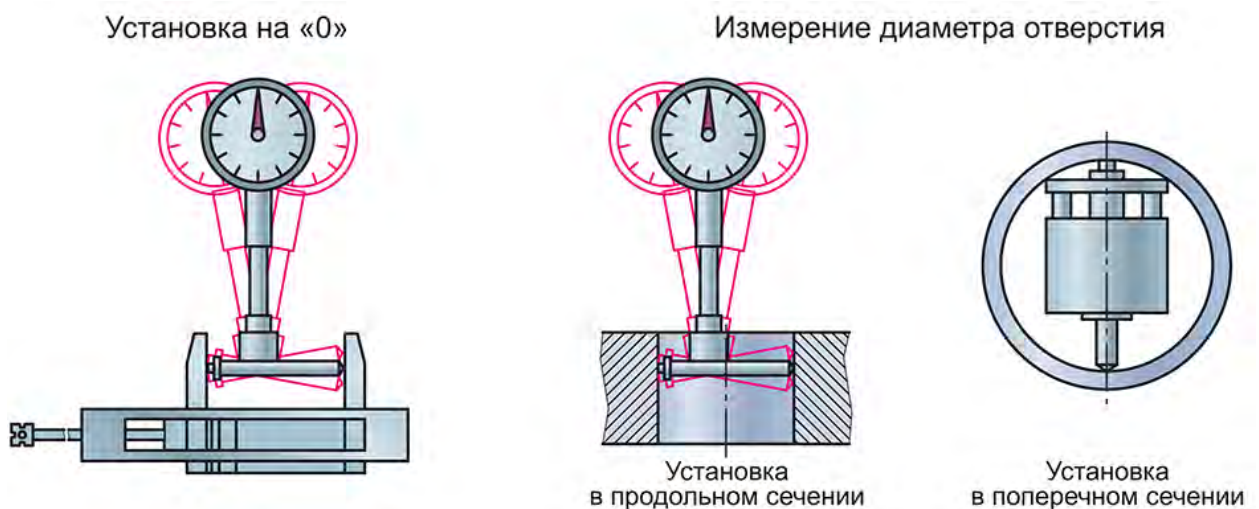


Рис. 21. Измерение индикаторным нутромером

Настройка проводится в следующей последовательности:

1. Определяют установочный размер, на который должен быть настроен нутромер. Установочный размер принимается равным номинальному размеру контролируемой детали, измеренному другим прибором, обычно с меньшей точностью.

2. Микрометр закрепляют в стойке. Вращая микровинт за трещотку, настраивают его на номинальный размер.

3. В отверстие измерительной головки ввинчивается сменный измерительный стержень. Стержень подбирается по установочному размеру. Вращением сменного стержня доводят измерительные стержни нутромера до контакта с измерительными поверхностями микрометра. Сменный измерительный стержень вывинчивают до тех пор, пока большая стрелка индикатора не сделает одного – двух полных оборотов. Эта операция – создание предварительного натяга прибору – обеспечивает контакт измерительных поверхностей нутромера с деталью и позволяет измерять как большие, так и меньшие от установочного размеры.

В этом положении сменный измерительный стержень закрепляют контргайкой. При установке на «0» нутромер необходимо покачивать, чтобы определить правильное его положение, отвечающее наименьшему расстоянию между измерительными поверхностями микрометра (рис. 21). Этому расстоянию будет соответствовать крайнее положение большой стрелки индикатора при движении ее по часовой стрелке. К этому положению стрелки, вращая ободок индикатора, подводят нулевой штрих шкалы. Нутромер нужно поддерживать рукой за термоизолятор. После настройки следует повторным покачиванием прибора проверить правильность нулевой установки.

4. Отжимая центрирующий мостик, нутромер вводят в контролируемое отверстие. Медленно покачивая нутромер, следует следить за движением большой стрелки индикатора. В какой-то момент стрелка, переводящаяся по часовой стрелке, доходит до крайнего правого положения и начинает возвращаться назад. Это крайнее правое положение и соответствует правильной установке прибора. Производят отсчет показаний индикатора и определяют отклонение от размера, на который был настроен нутромер. При работе нутромером нужно иметь в виду, что при увеличении размера стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки, а при уменьшении – по часовой стрелке.

**Скобы индикаторные** предназначены для измерения наружных размеров. Индикаторные скобы выпускают с пределами измерения 0...50, 50...100, 100..200 и т.д. до 1000 мм с интервалом 100 мм.

Индикаторная скоба (рис. 22) состоит из корпуса с теплоизолирующими накладками, индикатора часового типа, закрепляемого в корпусе скобы стопором, измерительных пяток, регулирующего упора, отводка подвижной пятки и предохранительного колпачка. Подвижная пятка находится в постоянном контакте с измерительным стержнем индикатора.

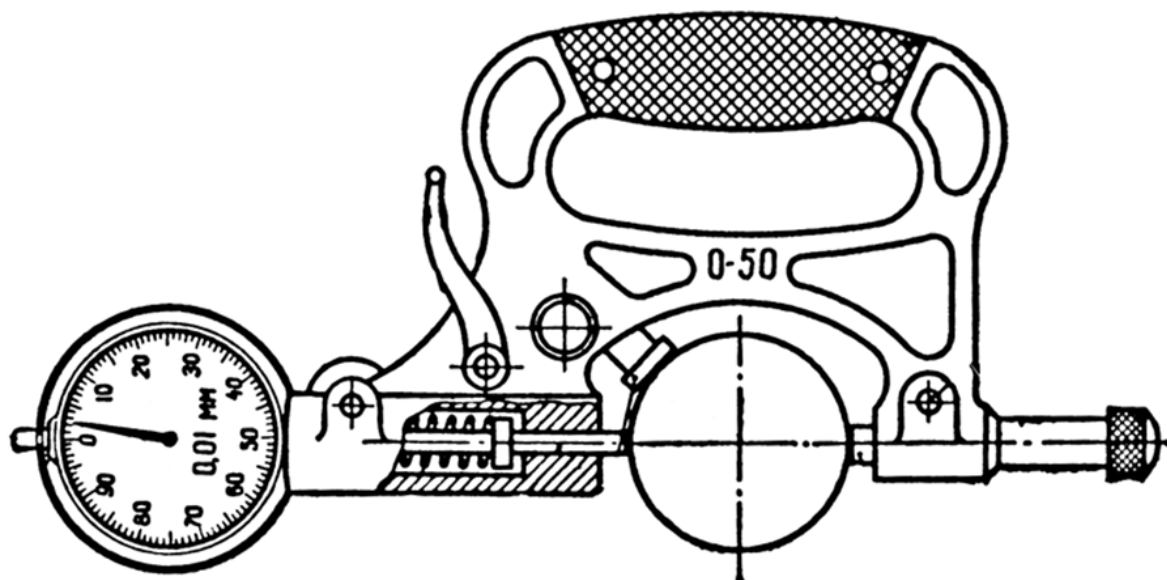


Рис. 22. Индикаторная скоба

Перед началом измерений производят настройку индикаторной скобы в следующей последовательности: индикаторную скобу закрепляют в стойке. Устанавливают шкалу индикатора на нулевое деление. Набирают блок концевых мер, равный установочному размеру, на который должна быть настроена скоба. Производят настройку скобы. Для этого блок концевых мер устанавливается между пятками, снимают предохранительный колпачок, освобождают стопор переставной пятки и, перемещая ее, создают «натяг» индикатора, равный одному – двум оборотам большой стрелки. Затем пятку закрепляют стопором, ставят колпачок на свое место и поворачивают рукой ободок со шкалой так, чтобы большая стрелка индикатора установилась против нулевого деления. При этом обязательно замечают показания указателя поворотов. При помощи отводного рычага отводят пятку и освобождают блок концевых мер. Индикаторная скоба готова к проведению измерений.

**Биениемер** (рис. 23) предназначен для измерения радиального биения цилиндрических деталей. Для этого деталь устанавливают в центрах прибора. Центры укреплены в бабках, которые могут перемещаться по направляющей станины прибора и закрепляться в требуемом положении при помощи стопорных винтов. Одна из бабок прибора имеет неподвижно укрепленный центр, вторая имеет специальный рычаг для быстрого отвода центра, что облегчает установку детали в центрах. Индикатор укрепляет в державке стойки при помощи винта. Державка имеет приспособление для точной настройки индикаторной головки. Стойка может перемещаться по направлению станины.

Карандашом (мелом) отмечают начальную точку отсчета и винтом точной настройки обеспечивают необходимый «натяг» и устанавливаем большую стрелку на «0».

Затем, медленно вращая деталь в центрах, замечают наибольшее и наименьшее показание индикатора за полный оборот детали и заносим в таблицу рабочей тетради (журнала).

Показания могут иметь как положительный, так и отрицательный знак.

Абсолютная величина разности наибольшего и наименьшего показаний (с учетом знака) называется радиальным биением.

Сравнивая полученные результаты измерения с допустимыми значениями биения по чертежу детали, даем заключение о годности.

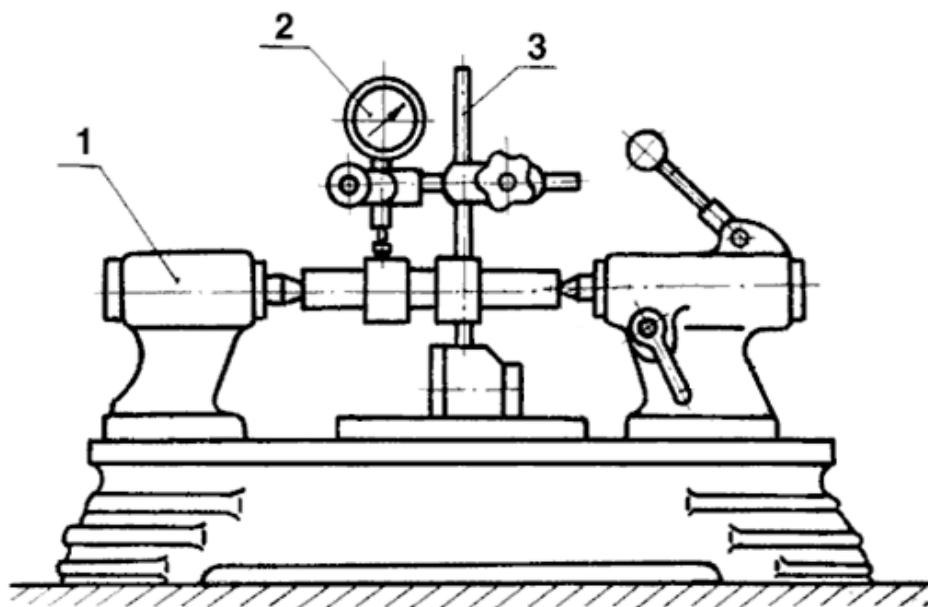


Рис. 23. Прибор для проверки деталей на биение:

*1 – прибор для проверки изделий на биение в центрах; 2 – индикатор часового типа; 3 – штатив*

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию индикаторных средств измерения.
2. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
3. Начертить схему измерения детали. Деталь измеряем в трех сечениях (I – I, II – II и III – III) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1 – 1 и 2 – 2). Схема измерения детали представлена на рисунке 24.
4. Каждый размер измерить три раза (размер гильзы выбираем из таблицы 3, размер вала принимаем  $\varnothing 50h8$ , допустимое радиальное биение принимаем 0,15 мкм). За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов.
5. Выполнить измерения по всем заданным размерам и результаты занести в журнал.
6. Дать заключение о годности размеров элементов детали.

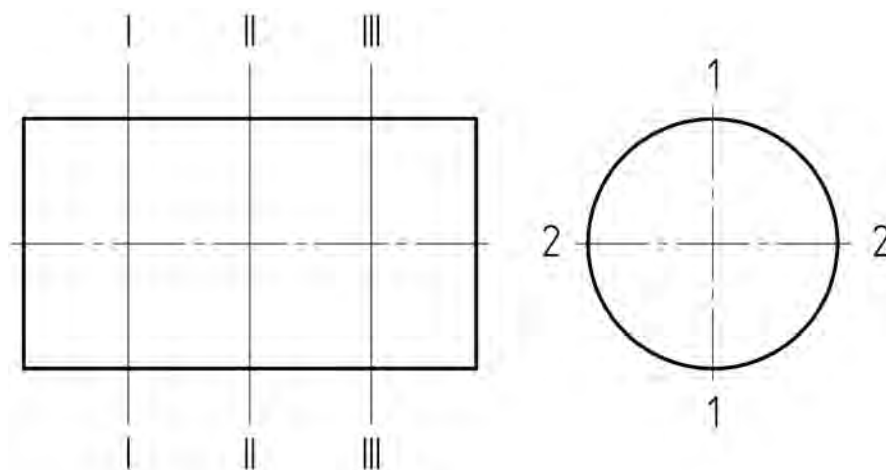


Рис. 24. Схема измерения детали

Таблица 3 – Размеры гильз

Номер детали							
1	2	3	4	5	6	7	8
Размер по чертежу							
Ø100D10	Ø100F7	Ø100H9	Ø105D11	Ø105E8	Ø105F8	Ø105H9	Ø105H11

## Лабораторная работа № 5

### Измерение рычажно-механическими приборами

**Рычажная скоба** (рис. 25) предназначена для измерения и контроля наружных размеров изделия. Скоба представляет собой прибор с пяткой 1 и передвижной пяткой 2. Перемещение подпружиненной пятки передается на стрелку 3 рычажно-зубчатого механизма, находящегося в корпусе 4. Величину перемещения подпружиненной пятки определяют по шкале. Скоба имеет арретир 5, отводящий подпружиненную пятку при установке между пятками измеряемого изделия или блока концевых мер длины.

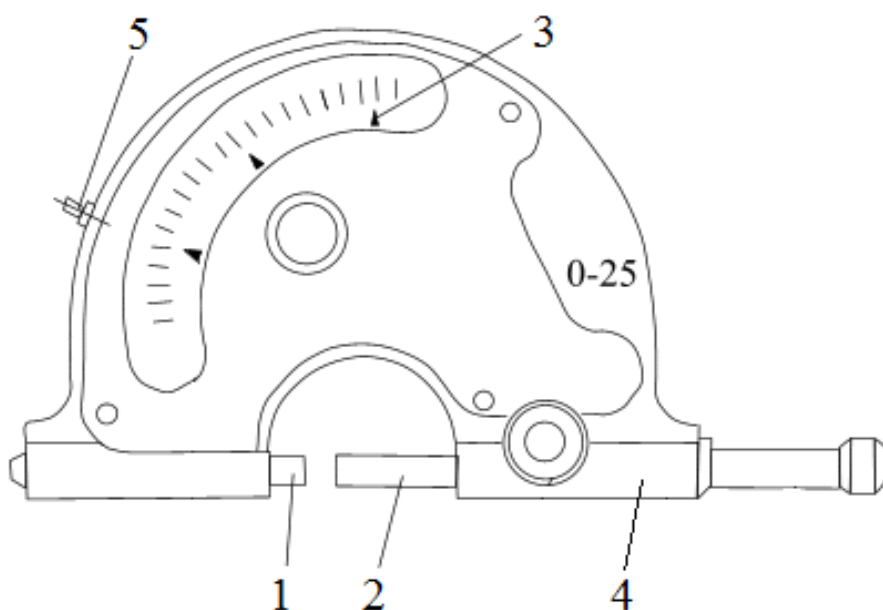


Рис. 25. Рычажная скоба

Настройка рычажной скобы производится по блоку концевых мер, размером равным номинальному размеру детали. Для этого надо снять колпачок, отвернуть стопор, поместить блок концевых мер между пятками скобы и перемещать передвижную пятку до тех пор, пока стрелка не встанет на «0». Не вынимая блока концевых мер, закрепить передвижную пятку и поставить колпачок на место.

Если необходимо проконтролировать размер большого количества деталей, достаточно определить лежит ли размер детали в пределах заданного допуска. Для этого с помощью указателей устанавливают границы допуска. Если деталь годная, то стрелка прибора будет находиться между указателями предела допуска.

**Микрометр рычажный** предназначен для измерения линейных размеров деталей методами оценки и сравнения.

Рычажные микрометры изготавливают двух типов:

МР – с отсчетным устройством, встроенным в скобу (рис. 26);

МРИ – оснащенные отсчетным устройством (рис. 27).

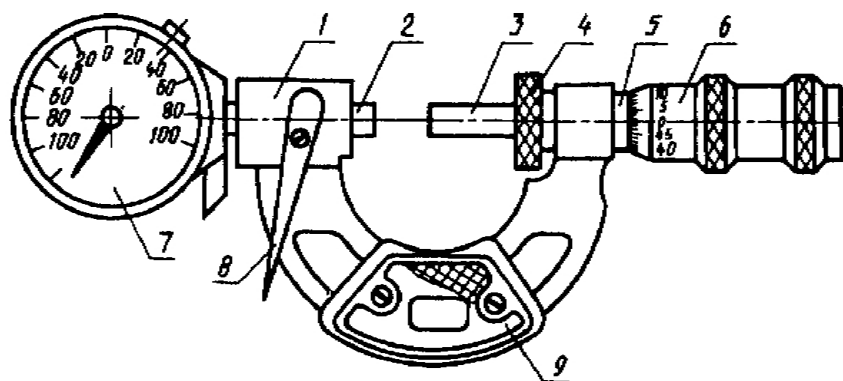


Рис. 26. Микрометр рычажный МР

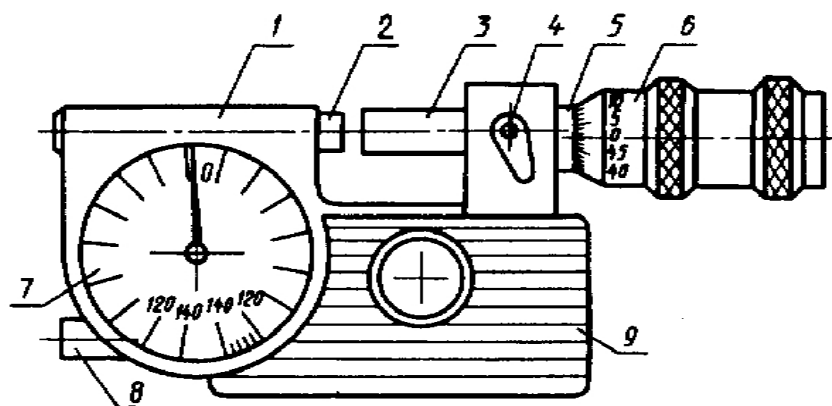


Рис. 27. Микрометр рычажный МРИ:

*1 – скоба; 2 – подвижная пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопорное устройство (стопор); 5 – стержень; 6 – барабан; 7 – отсчетное устройство; 8 – арретир; 9 – теплоизоляционная накладка*

Рычажный микрометр основан на сочетании рычажно-зубчатого механизма и микрометрического винта и служит для измерения наружных размеров. Метод измерения может быть как абсолютный, так и относительный.

Рычажные микрометры типа МР выпускают с пределами измерений: 0...25; 25...50 мм, ценой деления микрометрической головки 0,01 мм; рычажно-зубчатая шкала имеет цену деления 0,002 мм и диапазон показаний  $\pm 0,02$  мм.

Рычажным микрометром типа МРИ можно измерять размеры от 50 до 2000 мм, причем до 500 мм их пределы измерения меняются через 25 мм, а от 500 до 2000 мм – через 100 мм. Цена деления шкалы рычажно-зубчатого механизма рычажных микрометров для измерения размеров от 50 до 500 мм равна 0,005 мм, а для измерения размеров от 500 до 2000 мм – 0,01 мм

Рычажно-зубчатый механизм микрометра аналогичен рычажно-зубчатому механизму рычажной скобы.

#### *Настройка рычажного микрометра для абсолютных измерений*

Рычажный микрометр закрепляют в стойке и затем производят его установку на «0». Для этого у микрометра с пределами измерений 0...25 мм,



вращая барабан микрометрического винта, приводят в соприкосновение измерительные поверхности микрометрического винта и пятки 4. Вращение прекращают, когда нулевой штрих барабана совпадает с продольным штрихом стебля. Стрелка отсчетного устройства также должна быть на нулевом штрихе. Несколько раз смещают измерительный стержень арретиром для проверки. У микрометров с пределами измерений 20...50 мм и т.д. для настройки на «0» используют концевую меру соответствующего размера.

При измерении изделие помещают между измерительными поверхностями пятки и микровинта. Вращая микровинт, устанавливают стрелку отсчетного устройства вблизи нуля шкалы ( $\pm 4$  деления), а продольный штрих стебля совмещают с каким либо штрихом барабана микрометра. Отсчет по рычажному микрометру будет представлять алгебраическую сумму отсчетов по шкалам стебля, барабана и рычажного устройства.

#### *Настройка рычажного микрометра для относительных измерений*

Между измерительными поверхностями располагают концевую меру или блок концевых мер, равный номинальному размеру детали.

Вращая микровинт, устанавливают стрелку отсчетного приспособления на «0» шкалы. Затем зажимают стопор, несколько раз проверяют, нажимая арретир и, если стрелка не сбилась, считают, что микрометр настроен.

Арретиром отводят подвижную пятку и вынимают концевые меры. Вместо концевых мер устанавливают деталь. В этом случае отсчет представляет собой алгебраическую сумму размера блока концевых мер и отсчета по шкале отсчетного приспособления микрометра.

**Микрокатор** (рис. 28) – это наиболее точный из всех рычажно-механических приборов. Служит для измерения наружных размеров. Микрокаторы выпускаются семи типов: с ценой деления шкалы 0,01; 0,005; 0,002; 0,001; 0,0005; 0,0002 и 0,0001 мм и соответственно с диапазоном шкалы  $\pm 0,2$ ;  $\pm 0,15$ ;  $\pm 0,06$ ;  $\pm 0,03$ ;  $\pm 0,015$ ;  $\pm 0,006$ ;  $\pm 0,003$  мм.

Микрокатор используют только в сочетании с другими приборами и приспособлениями, чаще всего с тяжелой стойкой (рис. 28).

На размер микрокатор настраивают по концевым мерам длины. Блок концевых мер, размер которого равен номинальному размеру детали, размещают на столике. Затем кронштейн с микрокатором опускают почти до соприкосновения измерительного наконечника с блоком мер и в этом положении стопорят зажимом. После этого, вращая винт микрометрической подачи, поднимают столик до соприкосновения наконечника микрокатора с блоком концевых мер и выводят стрелку на «0». Столик стопорят зажимом. Арретиром измерительный наконечник микрокатора можно приподнимать с целью предотвращения его износа и повреждения.

Размер детали и отклонение от правильной геометрической формы определяется также как и при работе с рычажной скобой. На шкале микрокатора крепятся указатели, при помощи которых можно устанавливать границы допуска контролируемой партии деталей. Деталь считается годной, если ее размер не выходит за пределы указателей.

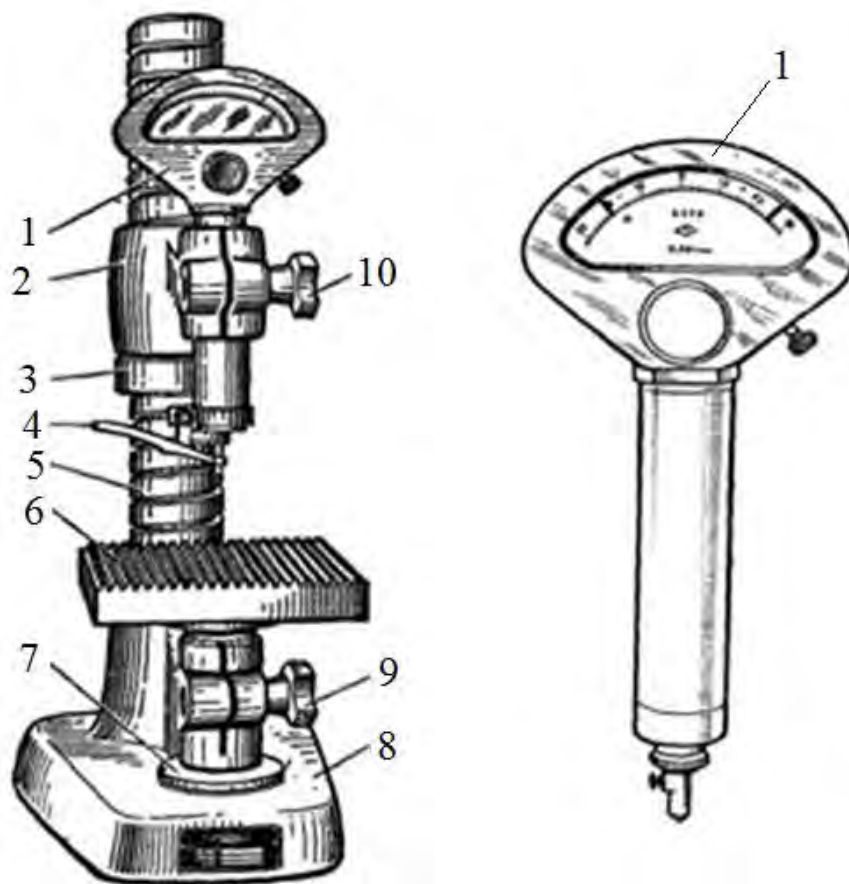


Рис. 28. Микрокалор:

*1 – микрокалор; 2 – кронштейн; 3 – регулировочное кольцо; 4 – арретир; 5 – колонка; 6 – измерительный столик; 7 – гайка для подъема и опускания столика; 8 – основание; 9 – зажим столика; 10 – зажим кронштейна*

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию рычажно-механических средств измерения.
2. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
3. Начертить схему измерения детали. Деталь измеряем в трех сечениях (I – I, II – II и III – III) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1 – 1 и 2 – 2). Схема измерения детали представлена на рисунке 29.
4. Каждый размер измерить три раза (размер малого вала принимаем  $\varnothing 22h7$ , размер большого вала  $\varnothing 50h8$ ). За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов.
5. Выполнить измерения по всем заданным размерам и результаты занести в журнал.
6. Дать заключение о годности размеров элементов детали.

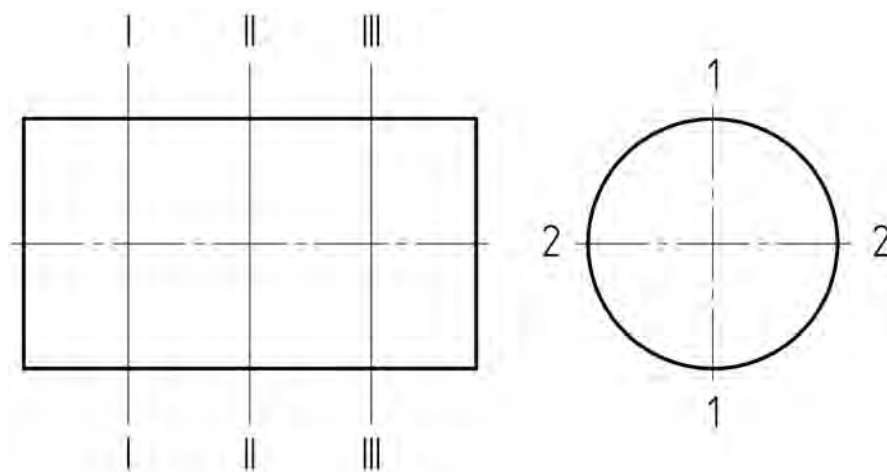


Рис. 29. Схема измерения детали

## Лабораторная работа № 6

### Измерение шероховатости поверхности деталей машин

Поверхность детали после механической обработки не бывает абсолютно гладкой, так как режущий инструмент оставляет на ней следы в форме микронеровностей – выступов и впадин (рис. 30).



Рис. 30. Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности характеризуется величиной микронеровностей реальной поверхности (в мкм), определяющей ее отклонение от идеально гладкой поверхности (рис. 31). Качество поверхности по ГОСТ 2789-73 оценивается шестью параметрами. В учебных чертежах используют только два из них:  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля, т.е. среднее арифметическое значение ординат  $Y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине;  $R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам, т.е. сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

Параметр  $R_a$  предпочтительнее. При выполнении учебных эскизов и чертежей рекомендуются следующие значения этого параметра: 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4 мкм.

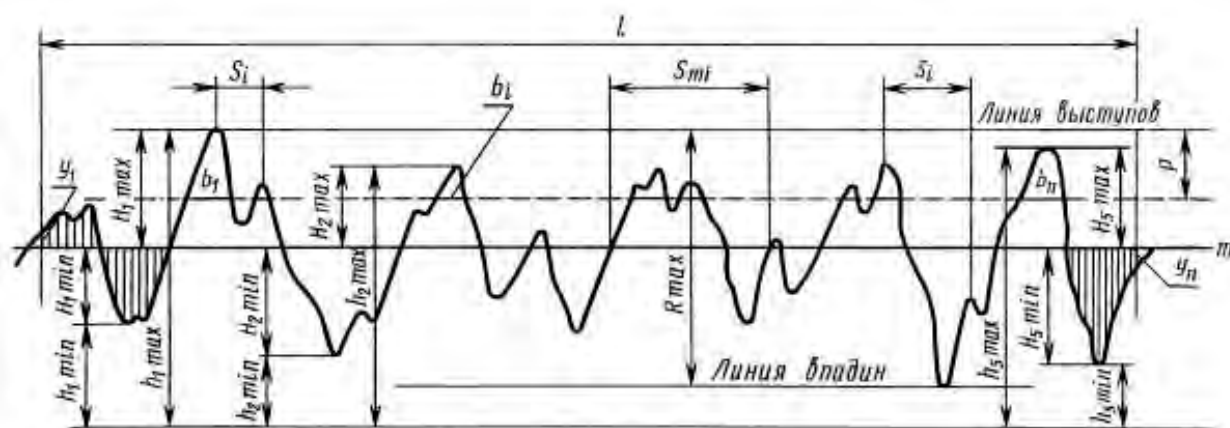


Рис. 31. Профилограмма

Для проверки шероховатости поверхности деталей путем сравнения используются **образцы шероховатости поверхности** (рис. 32).

Они относятся к инструментальным средствам контроля и предназначены для оценки шероховатости металлических поверхностей, путем визуального или тактильного сравнения с ними.

Визуальным способом устанавливают высотные параметры шероховатости поверхности деталей по сравнению с данными образцами.

Для точной оценки рекомендуется использовать образцы, соответствующие по характеру обработки и материалу, проверяемым поверхностям изделий.



Рис. 32. Образцы шероховатости поверхности

Структура обозначения шероховатости поверхности на чертеже представлена на рисунке 33.

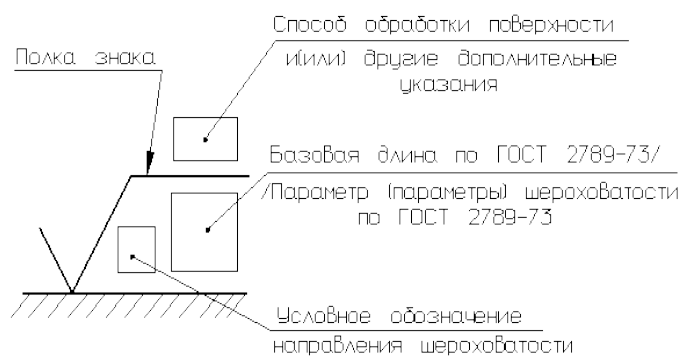


Рис. 33. Структура обозначения шероховатости поверхности

Инструментально параметры шероховатости оценивают при помощи профилометров.

**Измеритель шероховатости (профилометр) TR 200** (рис. 34) производит расчёт параметров шероховатости в соответствии с выбранной методикой и чётко отображает на жидкокристаллическом экране график профиля и все измеренные параметры.



Рис. 34. Измеритель шероховатости (профилометр) TR-200

Как и в любом измерительном устройстве, у профилометра должен быть объект измерения, генератор сигналов, блок обработки сигналов и блок вывода результатов измерений. Объектом, в данном случае, является поверхность, шероховатость которой необходимо измерить. В качестве генератора сигналов, используется тонко заточенная игла, чаще всего – алмазная. Игла перемещается вдоль поверхности (рис. 35), перпендикулярно её плоскости, при этом, на шероховатой поверхности, неизбежно, возникают колебания иглы. Такие механические колебания являются первичным сигналом, который при помощи преобразователя преобразуется в токовый. После этого, электрический сигнал поступает на электронный усилитель, после чего интегрируется и визуализируется. Таким образом, на дисплее можно увидеть уже усредненный параметр, характеризующий не только количественные, но и качественные показатели неровности и шероховатости поверхности.



Рис. 35. Принцип действия профилометра

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить параметры и структуру обозначения шероховатости.
2. Изучить конструкцию профилометра TR-200 и ознакомиться с образцами шероховатости поверхности.
3. При помощи калибра определить точность работы профилометра.
4. Каждую поверхность профилометром измерить три раза (деталь, шероховатость поверхности которой нужно узнать, выдает преподаватель). За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов. Выполнить измерения по всем заданным поверхностям и результаты занести в журнал.
5. Определить параметры шероховатости у тех же поверхностей с помощью образцов шероховатости поверхности.
6. Дать заключение о годности профилометра TR-200.

## Лабораторная работа № 7

### Выбор средств измерения линейных величин

В ГОСТ 8.051-81 содержатся значения допускаемых погрешностей измерений, установленные в зависимости от номинальных размеров и допусков на изготовление. Значения погрешностей установлены для квалитетов IT2-IT17, для номинальных размеров до 500 мм. Величины погрешностей приняты равными от 20% (для IT10 и грубее) до 35% (для IT2...IT5) с округлениями, учитывающими реальные значения погрешностей измерений измерительными средствами.

Допускаемые погрешности измерений, установленные стандартом, охватывают не только погрешности измерительных средств, но и составляющие от других источников погрешности, оказывающих влияние на погрешность измерения (установочные меры, базирование, температурные деформации и т.д.).

При выборе средства измерения линейного размера детали учитывают следующие факторы:

- величину допуска на обработку размера;
- номинальный размер;
- требования к точности измерения размера;
- контур измеряемого элемента и детали в целом;
- условия производства при изготовлении детали;
- предельную погрешность средства измерения.

Для оценки пригодности выбираемого средства измерения сопоставляют величину допускаемой погрешности измерения контролируемого размера с предельной погрешностью измерения этим средством ( $\pm \delta \geq \pm \Delta \text{lim}$ ).

Последовательность действий при выборе средства измерений линейного размера:

1. определяют номинальный размер и предельные отклонения измеряемого элемента. Подсчитывают величину допуска размера в микрометрах;
2. находят величину допускаемой погрешности измерения детали по величине допуска и номинальному размеру (по справочным таблицам);
3. выбирают средство измерений по таблицам предельных погрешностей измерения;
4. сопоставляют величины предельной и допускаемой погрешностей измерения и решают вопрос о пригодности выбранного средства для измерения в условиях данного производства.

Так же средства измерения можно выбрать, используя номограммы.

На рисунках 35...37 представлены номограммы по применению измерительного инструмента со шкалами в зависимости от установленных допусков и размеров детали. В ней даны верхние пределы применения инструмента, т.е. наименьшие допуски, которые могут быть промерены данным инструментом.

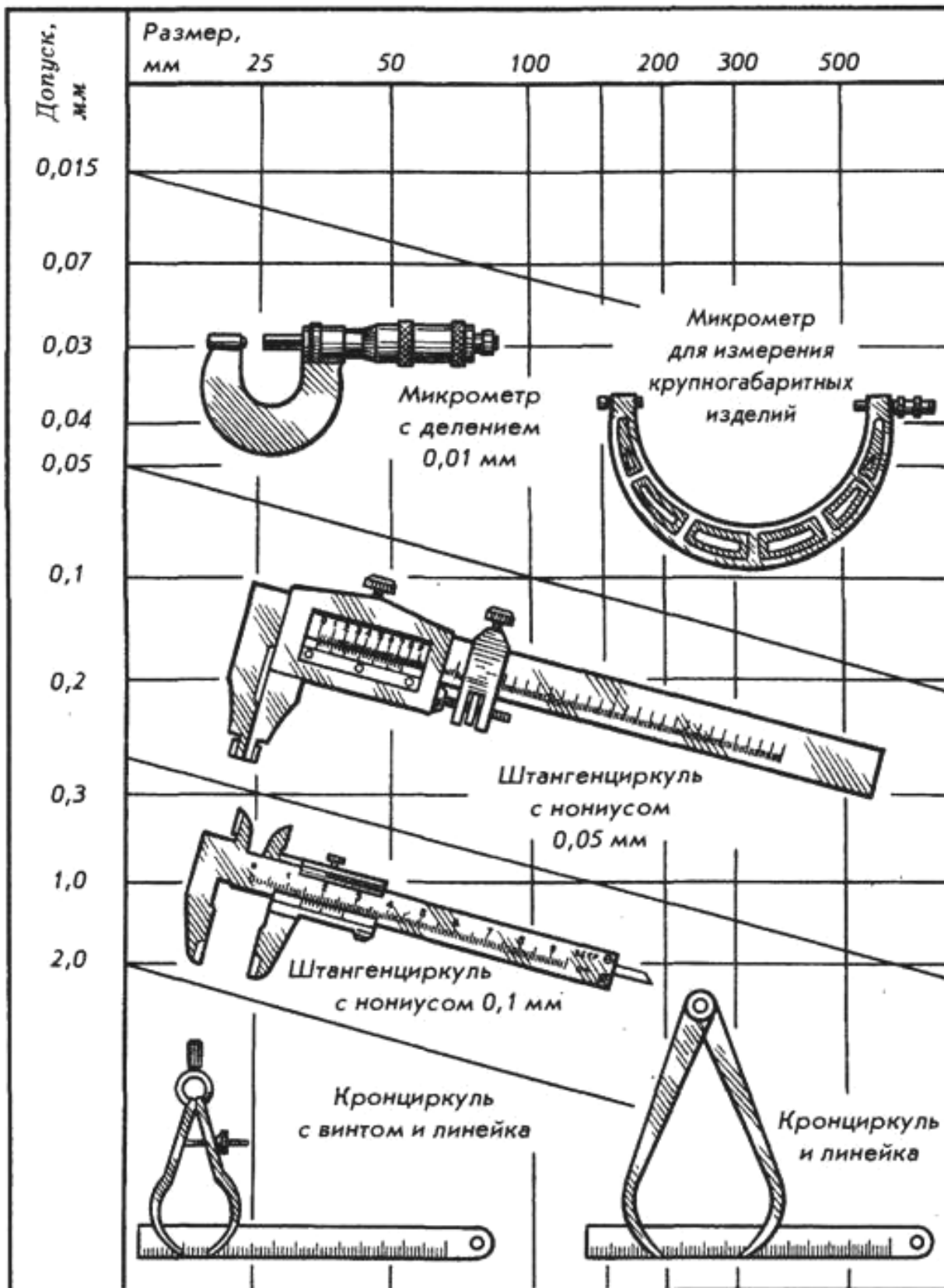


Рис. 35. Номограмма выбора измерительного инструмента для внешнего промера



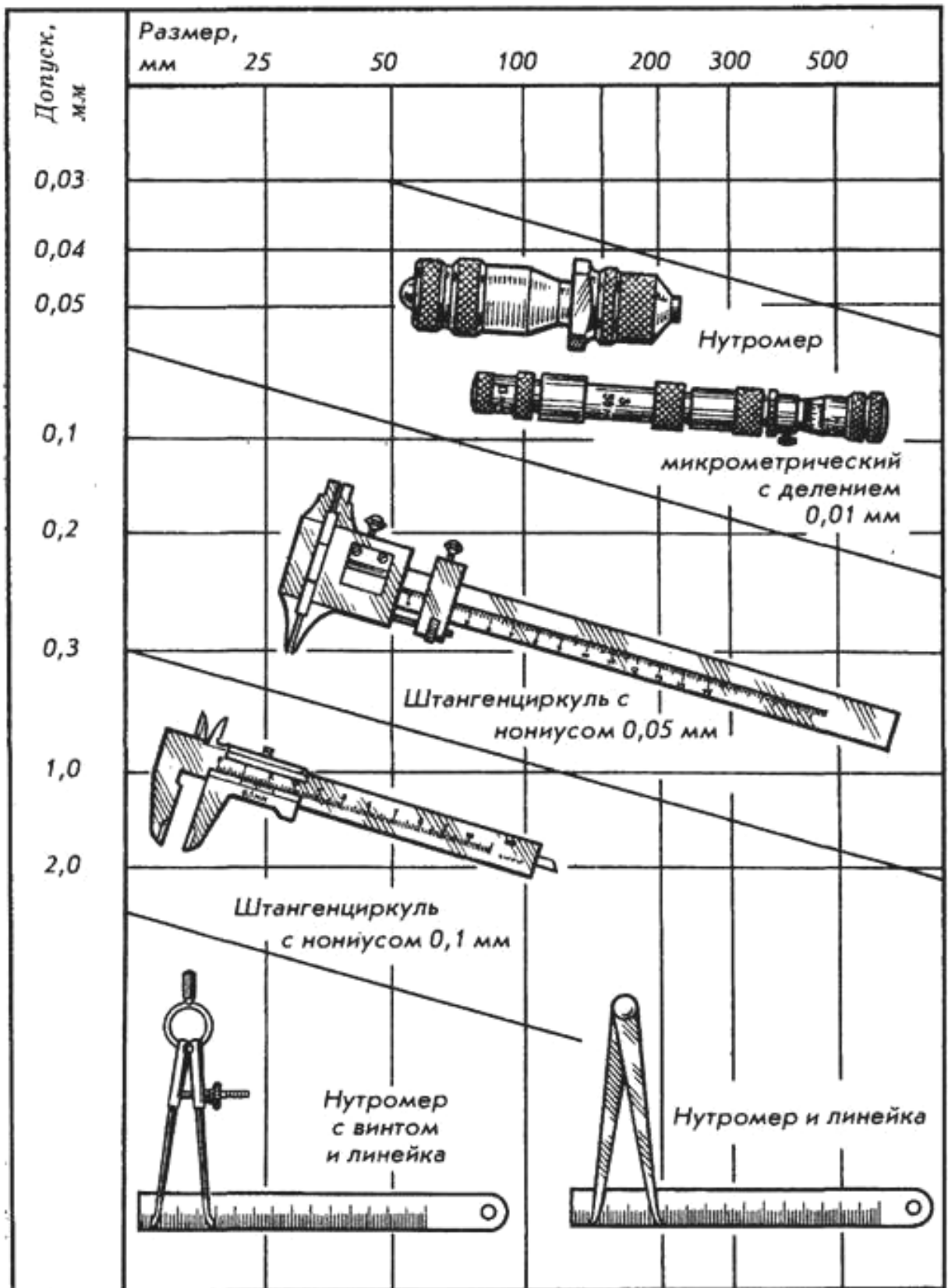


Рис. 36. Номограмма выбора измерительного инструмента для внутреннего промера

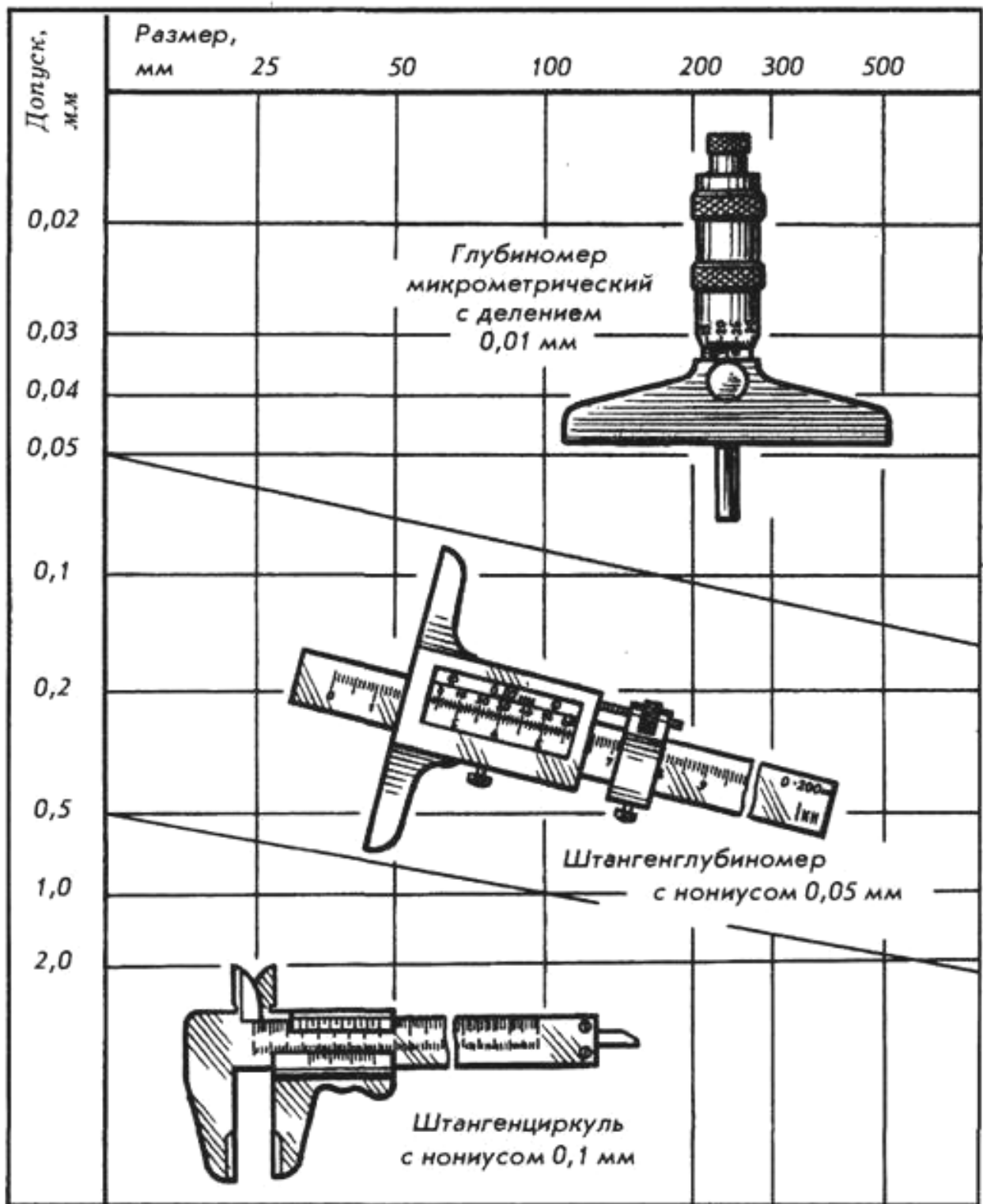


Рис. 37. Номограмма выбора измерительного инструмента для промера глубины

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить методики выбора средств измерения линейных величин.
2. Дать в журнал эскиз детали, для размеров которой нужно выбрать средство измерения (деталь выдает преподаватель).
3. Используя обе методики выбрать средства измерения размеров детали.
4. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
5. Начертить схему измерения детали. Деталь измеряем в одном сечении (I – I) и в двух взаимно перпендикулярных направлениях (1 – 1 и 2 – 2). Схема измерения детали представлена на рисунке 38.
6. Каждый размер детали измерить три раза. За результат измерения принять среднее арифметическое трех отсчетов.
7. Выполнить измерения по всем заданным размерам и результаты занести в журнал.
8. Дать заключение о годности размеров элементов детали.

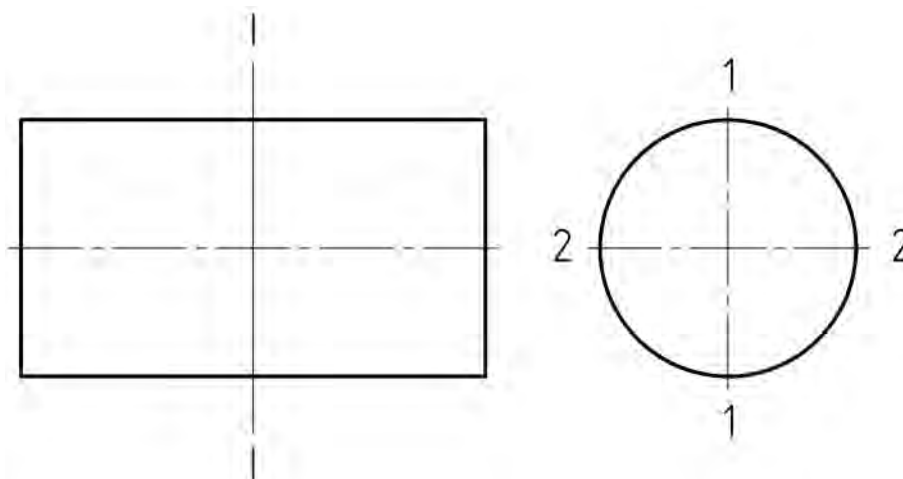


Рис. 38. Схема измерения детали

## Список литературных источников

1. ГОСТ 10-88. Нутромеры микрометрические. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2006 – 8 с.
2. ГОСТ 11098-75. Скобы с отсчетным устройством. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 10 с.
3. ГОСТ 162-90. Штангенглубиномеры. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
4. ГОСТ 164-90. Штангенрейсмасы. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2009 – 8 с.
5. ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
6. ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей. – М.: Стандартиформ, 2007 – 9 с.
7. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 22 с.
8. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – М.: Стандартиформ, 2006 – 7 с.
9. ГОСТ 28798-90. Головки измерительные пружинные. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2005 – 7 с.
10. ГОСТ 4381-87. Микрометры рычажные. Общие технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 15 с.
11. ГОСТ 5378-88. Угломеры с нониусом. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2010 – 8 с.
12. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.
13. ГОСТ 6507-90. Микрометры. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 12 с.
14. ГОСТ 7470-92. Глубиномеры микрометрические. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.
15. ГОСТ 8.051-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 11 с.
16. ГОСТ 868-82. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 7 с.
17. ГОСТ 9378-93. Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 12 с.
18. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник. – СПб.: Питер, 2010. – 464 с.
19. Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания / сост.: Ф. С. Стовпюк, В.А. Соколова. – СПб.: СПбГЛТУ, 2012. – 68 с.
20. Сергеев А.Г., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник. – М.: Юрайт, 2010. – 820 с.
21. Электронные плакаты «Метрология, стандартизация и сертификация» производства ООО НПП «Учтех-Профи».

---

***Ответственный за выпуск Р.А. Шушков***

***Корректор Г.Н. Елисева***

Заказ № 380 – Р. Тираж 30 экз. подписано в печать 30.03.2023 г.

ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 160555, г. Вологда,

с. Молочное, ул. Емельянова, 1