

Г.Р. Муслина, Ю.М. Правиков

***ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ***

Ульяновск 2007

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков

**ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ**

Учебное пособие

Под общей редакцией д-ра техн. наук проф. Л.В. Худобина

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и специальности подготовки дипломированных специалистов 151001 – "Технология машиностроения"

Ульяновск 2007

УДК 621.753(075)

ББК 34.41я7

М91

Рецензенты:

Кафедра «Технологии» Ульяновского государственного педагогического университета им. И.Н. Ульянова; президент Ульяновского государственного университета д-р техн. наук, профессор Ю.В. Полянсков.

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

М91 **Муслина, Г. Р.**

Измерение и контроль геометрических параметров деталей машин и приборов : учебное пособие / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков. – Ульяновск; под общ. ред. Л. В. Худобина. – УлГТУ, 2007. – 220 с.
ISBN 5 – 89146 –

Приведены исходные теоретические положения, лабораторный практикум и некоторые справочные материалы по основным разделам дисциплины "Метрология, стандартизация и сертификация" и "Технические измерения".

Пособие предназначено студентам машиностроительных вузов, изучающим дисциплины "Метрология, стандартизация и сертификация" и "Технические измерения" и будет полезно при решении задач метрологии в курсовых и дипломных проектах и выполнении научно-исследовательских работ.

УДК 621.753 (075)

ББК 34.41я7

Электронное издание

Системные требования:

PC не ниже класса Pentium I;
32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb;
Windows 95/98;
Adobe Acrobat Reader;
мышь.

Учебное издание

МУСЛИНА Галина Рафаиловна, ПРАВИКОВ Юрий Михайлович

ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

Учебное пособие

Редактор Н. А. Евдокимова

Типография УлГТУ, 432027. г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.

ISBN 5 – 89146 –

© Муслина Г.Р., Правиков Ю.М., 2007

© Оформление УлГТУ, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ	6
2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	18
3. ПРАВИЛА ОКРУГЛЕНИЯ И ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	23
4. ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ	24
4.1. Лабораторная работа № 1. Выбор универсальных средств измерения линейных размеров деталей	24
4.2. Лабораторная работа № 2. Определение погрешности измерения линейных размеров деталей универсальными СИ	32
4.3. Лабораторная работа № 3. Установка регулируемой скобы с помощью плоскопараллельных концевых мер длины	37
4.4. Лабораторная работа № 4. Измерение линейных размеров с помощью штангенинструментов	46
4.5. Лабораторная работа № 5. Измерение линейных размеров с помощью микрометрических инструментов	58
4.6. Лабораторная работа № 6. Измерение линейных размеров деталей на вертикальном оптиметре	66
4.7. Лабораторная работа № 7. Измерение действительных размеров калибров-пробок на горизонтальном оптиметре	71
4.8. Лабораторная работа № 8. Измерение линейных размеров деталей на вертикальном длиномере	77
4.9. Лабораторная работа № 9. Измерение линейных размеров деталей на горизонтальном компараторе	84
4.10. Лабораторная работа № 10. Измерение линейных размеров деталей на горизонтальном длиномере	88
4.11. Лабораторная работа № 11. Измерение линейных размеров отверстий с помощью индикаторного нутромера	96
5. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И КОНУСОВ	101
5.1. Параметры точности углов и конусов. Классификация методов и средств измерения углов и конусов	101
5.2. Лабораторная работа № 12. Измерение угловых размеров с помощью угломеров с нониусом	106
5.3. Лабораторная работа № 13. Измерение отклонений угла наружного конуса	113
5.4. Лабораторная работа № 14. Измерение диаметральных размеров наружного конуса	117
5.5. Лабораторная работа № 15. Измерение угла внутреннего конуса с помощью шариков	122

5.6. Лабораторная работа № 16. Измерение линейных и угловых размеров деталей с помощью часового проектора	125
5.7. Лабораторная работа № 17. Измерение линейных и угловых размеров кулачка при помощи оптической делительной головки	131
6. ИЗМЕРЕНИЕ РЕЗЬБЫ	137
6.1. Параметры метрической резьбы	137
6.2. Нормирование точности метрических резьб	138
6.3. Методы оценки точности резьбы	139
6.4. Лабораторная работа № 18. Измерение среднего диаметра наружной резьбы методом трех проволочек	143
6.5. Лабораторная работа № 19. Измерение среднего диаметра внутренней резьбы калибра-кольца с помощью горизонтального оптиметра	147
6.6. Лабораторная работа № 20. Измерение параметров резьбы резьбового калибра-пробки с помощью инструментального микроскопа	154
7. ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ	162
7.1. Основные определения и требования к измерению отклонений формы и расположения поверхностей	162
7.2. Лабораторная работа № 21. Измерение отклонения от круглости универсальными средствами	167
7.3. Лабораторная работа № 22. Измерение размеров и отклонений формы цилиндрических поверхностей деталей с помощью индикаторной и рычажной скоб	175
7.4. Лабораторная работа № 23. Измерений отклонений формы и расположения цилиндрических поверхностей деталей типа втулок с помощью кругломера	183
7.5. Лабораторная работа № 24. Измерение параметров точности корпусной детали	193
7.6. Лабораторная работа № 25. Измерение радиального и торцового биения деталей типа тел вращения	200
8. ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ	207
8.1. Основные понятия и определения	207
8.2. Лабораторная работа № 26. Измерение шероховатости поверхности с помощью двойного микроскопа МИС-11	210
8.3. Лабораторная работа № 27. Определение параметров шероховатости поверхности по профилограмме	217
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	220

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие экономики России, как и любой другой страны, невозможно без повышения конкурентоспособности продукции и услуг, а это в современных условиях означает, что наиболее актуальными становятся проблемы качества продукции (услуг), в том числе и изделий машиностроения.

Одной из основных предпосылок достижения требуемого качества изделий является метрологическое обеспечение производства, основанное на практическом использовании положений метрологии – науки об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности. Метрологическое обеспечение машиностроительного производства можно рассматривать как совокупность взаимосвязанных процессов: установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений этих параметров, выбор средств измерений (СИ) и его технико-экономическое обоснование; разработка и внедрение современных методик выполнения измерений, поверка, метрологическая аттестация и калибровка СИ, проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации, проведение анализа измерительных систем и некоторых других процессов, объединенных одной целью – достижение требуемого качества измерений.

Измерения, и в частности измерения геометрических параметров изделий машиностроения, играют огромную роль в современном производстве, во многом определяя уровень его развития. Точность геометрических параметров машин и их деталей (точность размеров, расположения, формы и шероховатости поверхностей) в настоящее время оценивается микрометрами и долями микрометров. Соответствующие требования предъявляются и к точности измерений, определяемой как точностью СИ, так и методами их использования.

В этих условиях подготовка специалиста в области машиностроения невозможна без изучения вопросов, связанных с метрологическим обеспечением производства, а значит и с изучением методов и средств измерения геометрических параметров машин и их деталей.

В настоящем учебном пособии приведен лабораторный практикум по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Технические измерения», включающий работы, посвященные изучению на практике:

- вопросов метрологического обеспечения производства – выбора универсальных СИ, расчета предельных калибров, поверки штанген- и микрометрических инструментов, расчета погрешностей измерений, обработки результатов измерений;

- методики измерения линейных и угловых размеров, а также отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей деталей машин;

- оценки точности геометрических параметров деталей.

Лабораторный практикум состоит из 30 работ, выполняемых в том или ином количестве в соответствии с рабочими программами дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Технические измерения», и не включает работы, связанные с измерением параметров точности зубчатых колес и передач, представленные в методических указаниях [8].

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ

В целях обеспечения единства измерений в России действует Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). В настоящее время документом, определяющим термины и определения в системе ГСИ, являются рекомендации РМГ 29-99 "Метрология. Основные термины и определения". Приведенные в этих рекомендациях термины и определения имеют предпочтительное применение в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе. Всем студентам надлежит изучить и уверенно пользоваться этими терминами и определениями, основные из которых приведены ниже.

1. Основные термины и определения (РМГ 29-99)

Термин	Определение	Примеры
1	2	3
<i>Метрология</i>	Наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности	
Физические величины (ФВ)		
<i>Физическая величина</i>	Одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них	
<i>Размер физической величины</i>	Количественная определенность ФВ, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу	
<i>Значение физической величины</i>	Выражение размера ФВ в виде некоторого числа принятых для нее единиц	

1	2	3
<i>Истинное значение физической величины</i>	Значение ФВ, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину	
<i>Действительное значение физической величины</i>	Значение ФВ, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него	
Измерения физических величин		
<i>Измерение физической величины</i>	Совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу ФВ, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прикладывая линейку с делениями к детали, сравнивают ее размер с единицей, хранимой линейкой, и, производя отсчет, получают значение линейного размера детали. 2. С помощью измерительного прибора сравнивают размер величины, преобразованной в перемещение указателя, с единицей, хранимой шкалой этого прибора, и производят отсчет
<i>Равноточные измерения</i>	Ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью	

1	2	3
Неравноточные измерения	Ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях	
Однократное измерение	Измерение, выполненное один раз	Измерение конкретного момента времени по часам
Многократное измерение	Измерение ФВ одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений	
Статическое измерение	Измерение ФВ, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения	Измерение длины детали при нормальной температуре
Динамическое измерение	Измерение изменяющейся по размеру ФВ	
Абсолютное измерение	Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использование значений физических констант	1. Измерение длины детали штангенциркулем. 2. Измерение силы $F = m \cdot g$ основано на измерении основной величины – массы m и использовании физической постоянной g (в точке измерения массы)
Относительное измерение	Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную	Измерение линейного размера детали с помощью оптиметра, настроенного по концевым мерам длины

1	2	3
<i>Прямое измерение</i>	Измерение, при котором искомое значение ФВ получают непосредственно	Измерение длины детали микрометром, штангенциркулем
<i>Косвенное измерение</i>	Определение искомого значения ФВ на основании результатов прямых измерений других ФВ, функционально связанных с искомой величиной	Измерение угла тригонометрическим методом (на основании прямых измерений линейных размеров)
<i>Совокупные измерения</i>	Проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерении этих величин в различных сочетаниях	
<i>Совместные измерения</i>	Проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними	Определение опорной длины профиля поверхности η_p на заданном уровне p
<i>Объект измерений</i>	Тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими ФВ	Вал, у которого измеряют диаметр, технологический процесс, у которого измеряют температуру
Принципы и методы измерений		
<i>Принцип измерений</i>	Физическое явление или эффект, положенное в основу измерений	
<i>Метод измерений</i>	Прием или совокупность приемов сравнения измеряемой ФВ с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений (метод измерений обычно обусловлен устройством СИ)	

1	2	3
Метод непосредственной оценки	Метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему СИ	Измерение длины детали микрометром
Метод сравнения с мерой	Метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой	См. нулевой и дифференциальный методы, методы замещения и дополнения
Нулевой метод	Метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор доводят до нуля	1. Измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием. 2. Взвешивание на весах, когда на одном плече находится взвешиваемый груз, а на другом – набор эталонных грузов
Метод измерений замещением	Метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины	Взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов
Метод измерений дополнением	Метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой ФВ дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению	
Дифференциальный метод измерений	Метод измерений, при котором измеряемая ФВ сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами	Определение линейного размера детали на оптиметре после настройки его на нуль по блоку концевых мер длины

1	2	3
<i>Контактный метод измерений</i>	Метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерений	Измерение диаметра отверстия нутромером
<i>Бесконтактный метод измерений</i>	Метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент СИ не приводится в контакт с объектом измерений	Измерение параметров шероховатости поверхности с помощью микроинтерферометра
Средства измерений		
<i>Средство измерений</i>	Техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени	
<i>Мера физической величины</i>	СИ, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения ФВ одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью	Гиря 1 кг (однозначная мера); линейка 250 мм (многозначная мера)
<i>Измерительный прибор</i>	СИ, предназначенное для получения значений измеряемой ФВ в установленном диапазоне	

1	2	3
<i>Метрологическая характеристика средства измерения</i>	Характеристика одного из свойств СИ, влияющая на результат измерений и на его погрешность	
<i>Шкала средства измерения</i>	Часть показывающего устройства СИ, представляющая собой упорядоченный ряд отметок вместе со связанной с ними нумерацией	
<i>Отметка шкалы</i>	Знак на шкале СИ, соответствующий некоторому значению ФВ	
<i>Деление шкалы</i>	Промежуток между двумя соседними отметками шкалы СИ	
<i>Цена деления шкалы</i>	Разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы СИ	См. рис. 1
<i>Диапазон показаний средства измерений</i>	Область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным делениями шкалы	См. рис. 1
<i>Диапазон измерений средства измерений</i>	Область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ	См. рис. 1
<i>Чувствительность средства измерений</i>	Свойство СИ, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого СИ к вызывающему его изменению измеряемой величины	
Результаты измерений физических величин		
<i>Результат измерения физической величины</i>	Значение величины, полученное путем ее измерения	

1	2	3
<i>Сходимость результатов измерения</i>	Близость друг к другу результатов измерений одной и той же ФВ, выполненных повторно одними и теми же СИ, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью	
<i>Воспроизводимость результатов измерений</i>	Близость результатов измерений одной и той же ФВ, полученных в разных местах, разными методами, разными СИ, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению и др.)	
Погрешности измерений		
<i>Погрешность результата измерения (погрешность измерения)</i>	Отклонение результата измерений от истинного (действительного) значения измеряемой ФВ	
<i>Систематическая погрешность измерения</i>	Составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же ФВ	Погрешность концевой меры, по которой осуществлялась настройка СИ
<i>Случайная погрешность измерения</i>	Составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью одной и той же ФВ	Погрешность округления при считывании показания измерительного прибора

1	2	3
Абсолютная погрешность измерения	Погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины	
Относительная погрешность измерения	Погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины	
Погрешность метода измерения	Составляющая систематической погрешности измерения, обусловленная несовершенством принятого метода измерений	Погрешность базирования детали в призме при измерении радиального биения шейки вала относительно оси центров
Промах	Погрешность результата отдельного измерения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда	
Погрешности средств измерений		
Основная погрешность СИ	Погрешность СИ, применяемого в нормальных условиях	
Дополнительная погрешность СИ	Составляющая погрешности СИ, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального ее значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений	Составляющая погрешности измерения СИ, возникающая за счет отклонения температуры рабочего пространства за пределы $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$

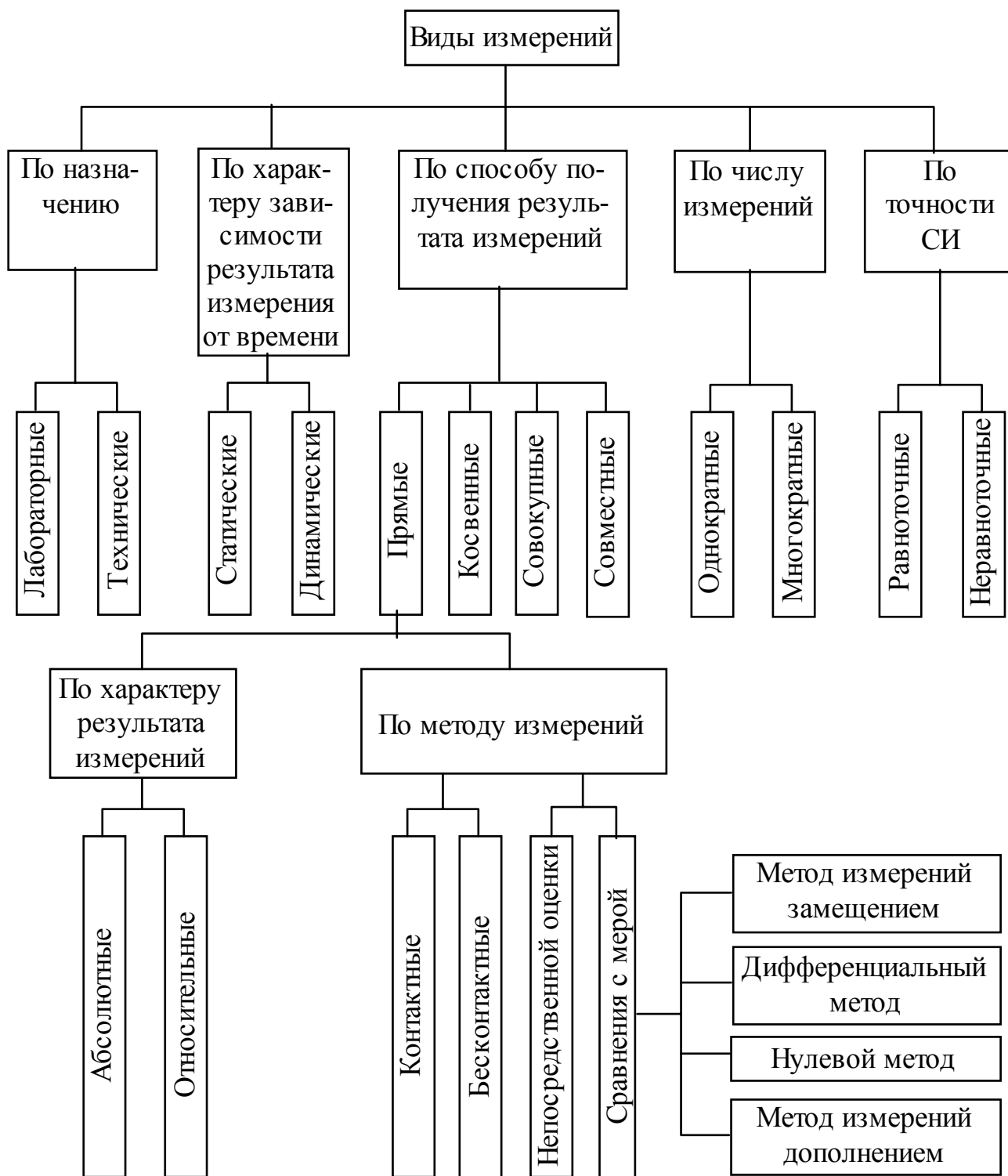


Рис. 2. Классификация измерений по видам и методам

Важнейшим показателем качества измерений является точность результата измерения.

Под **точностью результата измерения** понимают одну из его характеристик, отражающую близость погрешности измерения к нулю. Считают, что чем меньше погрешность измерения, тем выше его точность.

Классификация погрешностей измерения по основным признакам приведена на рис. 3, а их определения – в табл. 1. Различные погрешности измерений в зависимости от условий измерительного процесса проявляются в различных группах. Поэтому любая классификация погрешностей измерения, в том числе и приведенная ниже, является достаточно условной.

В метрологии используют понятия: «погрешность результата измерения (погрешность измерения)» и «погрешность СИ», причем погрешность СИ является одной из составляющих (часто наибольшей) погрешности измерения. Погрешности измерения и погрешности СИ по характеру проявления и способу выражения классифицируются одинаково (см. рис. 3).



Рис. 3. Классификация погрешностей измерения

2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Методики обработки результатов прямых (однократных и многократных, равноточных и неравноточных) и косвенных измерений изложены в учебном пособии [8] и учебнике [9]. При использовании любой из этих методик результатов измерений следует оформлять в соответствии с рекомендациями МИ 1317.

Ниже приведена методика обработки прямых многократных равноточных измерений (проверку гипотезы равноточности измерений можно выполнить с помощью критериев, описанных в [8]), представляющая собой совокупность следующих этапов:

- исключение из результатов измерений известных систематических погрешностей;
- вычисление среднего арифметического значения \bar{x} измеряемой величины из n одинаковых результатов;
- вычисление средней квадратической погрешности единичных измерений в ряду измерений S ;
- исключение промахов (грубых погрешностей измерений);
- вычисление средней квадратической погрешности результата измерений среднего арифметического $S_{\bar{x}}$;
- проверку гипотезы о принадлежности результатов измерений нормальному закону;
- вычисление доверительных границ случайной погрешности результата измерений $\pm \varepsilon$;
- вычисление доверительных границ неисключенной систематической погрешности результата измерений $\pm \theta$;
- вычисление доверительных границ погрешности результата измерений $\pm (\Delta x)_{\Sigma}$;
- представление результата измерения в виде $X = \bar{x} \pm (\Delta x)_{\Sigma}$, P (P – доверительная вероятность).

Известные систематические погрешности исключают введением в результат измерений соответствующих поправок, численно равных систематическим погрешностям, но противоположным им по знаку. Поправку вводят в результаты единичных измерений, а если известно, что результаты всех единичных измерений имеют одинаковые систематические погрешности, ее исключают из среднего арифметического значения измеряемой величины.

Среднее арифметическое значение измеряемой величины из n единичных результатов \bar{x} определяют по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где x_i – результат i -го единичного измерения из ряда многократных измерений;
 n – число измерений в ряду многократных измерений.

Для определения средней квадратической погрешности единичных измерений в ряду измерений используют формулу

$$S = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right) / (n - 1)}. \quad (2)$$

Промахи (грубые погрешности измерений) могут сильно исказить результат измерений, поэтому их исключение из ряда измерений обязательно. Существует несколько критериев для оценки промахов [8, 9]. При числе измерений $n < 20$ целесообразно применять критерий Романовского [9]. При этом вычисляют отношение

$$\left|(\bar{x} - x_{\text{пр}}) / S\right| = \beta, \quad (3)$$

где $x_{\text{пр}}$ – проверяемый результат измерения (результат, вызывающий сомнение).

Полученное значение β сравнивают с теоретическим значением β_T (табл. 2), определенным для установленного уровня значимости q ($q = 1 - P$).

2. Значения $\beta_T = f(n, q)$ [9]

Уровень значимости q	Число измерений n						
	4	6	8	10	12	15	20
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,69	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

При $\beta \geq \beta_T$ результат измерения $x_{\text{пр}}$ исключают («отбрасывают»), так как он является промахом.

Если число измерений невелико ($n \leq 10$), можно использовать критерий Шовине [8, 9]. В этом случае считают, что результат $x_i = x_{\text{пр}}$ является промахом, если $\left|\bar{x} - x_{\text{пр}}\right|$ превышает значения, приведенные ниже [9]:

$$|\bar{x} - x_{\text{пр}}| > \begin{cases} 1,6 S & \text{при } n = 3; \\ 1,7 S & \text{при } n = 6; \\ 1,9 S & \text{при } n = 8; \\ 2,0 S & \text{при } n = 10. \end{cases} \quad (4)$$

Пример 1. При измерении диаметра вала микрометром были получены значения: 12,24; 12,26; 12,28; 12,28; 12,31; 12,34; 12,40; 12,41; 12,42; 12,42; 12,45; 12,80 мм. Число измерений $n = 12$. Последний результат (12,80 мм) вызывает сомнения. Принимаем $P = 0,95$, тогда $q = 0,05$.

Выполнив расчеты, получили значения $\bar{x} = 12,38$ мм; $S = 0,15$ мм. Так как $n < 20$ для определения промахов используем критерий Романовского, определив его по формуле (3):

$$\beta = \left| \frac{12,38 - 12,80}{S} \right| = 2,8.$$

Для $n = 12$ и $q = 0,05$ $\beta_T = 2,52$ (см. табл. 2). Т.е. $\beta > \beta_T$ и результат $x_i = x_{\text{пр}} = 12,80$ мм необходимо «отбросить», как промах.

После исключения результатов, содержащих промахи, определяют новые значения \bar{x} и S и, если есть сомнения, процедуру проверки наличия промахов повторяют.

Пример 2. При измерении диаметра вала микрометром были получены значения: 30,12; 30,27; 30,28; 30,29; 30; 32; 30,38 мм. Число измерений $n = 6$. Первый результат (30,12 мм) вызывает сомнения.

Выполнив расчеты, получили значения $\bar{x} = 30,28$ мм; $S = 0,086$ мм. Так как $n < 10$, для определения промахов используем критерий Шовине:

$$|\bar{x} - x_{\text{пр}}| = |30,28 - 30,12| = 0,16 \text{ мм},$$

что больше, чем $1,7 S = 0,146$ мм. Следовательно, причиной появления результата $x_i = x_{\text{пр}} = 30,12$ мм является промах и этот результат необходимо исключить из полученного ряда результатов измерений.

Далее вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерений среднего арифметического $S_{\bar{x}}$:

$$S_{\bar{x}} = S_x / \sqrt{n} . \quad (5)$$

Гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному закону проверяют с помощью критериев ω^2 или χ^2 , если число измерений $n > 50$; если $15 < n < 50$, используют составной критерий [8]. При $n \leq 15$ гипотезу о нормальном законе распределения результатов измерений не проверяют, предполагая, что вид закона распределения известен заранее. Это, как правило, нормальный закон [9].

При заданном значении доверительной вероятности P и числе единичных измерений n по таблицам (например, по табл. 3) определяют коэффициент Стьюдента t .

3. Значения коэффициента Стьюдента t (ГОСТ 8.207)

P	n									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
0,95	12,706	4,303	3,182	2,776	2,571	2,447	2,365	2,306	2,262	2,145
0,99	63,657	9,925	5,841	4,604	4,032	3,707	3,499	3,355	3,250	2,977

Доверительные границы случайной погрешности результата измерений определяют по формуле

$$e = \pm t \cdot S_{\bar{x}}. \quad (6)$$

Доверительные границы неисключенной систематической погрешности измерения, если можно выделить ее составляющие θ_j , определяют по формуле

$$\theta = k \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^m \theta_j^2}, \quad (7)$$

где k – коэффициент (табл. 4), определяемый принятой доверительной вероятностью P и числом m составляющих неисключенной систематической погрешности; θ_j – границы j -ой составляющей этой погрешности.

4. Значения коэффициента k (ГОСТ 8.207)

P	m			
	5 и более	4	3	2
0,95	1,1			
0,99	1,45	1,40	1,30	1,20

Доверительную вероятность для вычисления границ неисключенной систематической погрешности принимают той же, что и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

В соответствии с ГОСТ 8.207, суммирование неисключенной систематической и случайной погрешностей измерения осуществляют по следующим правилам:

1. Если отношение $(\theta/S_{\bar{x}}) < 0,8$, то неучтенной систематической погрешностью по сравнению со случайной погрешностью пренебрегают и принимают, что доверительные границы погрешности результата измерения $(\Delta x)_{\Sigma} = e$. По-

грешность, возникающая из-за пренебрежения одной из составляющих погрешности, не превышает 15 %.

2. Если отношение $(\theta/S_{\bar{x}}) > 8,0$, то случайной погрешностью по сравнению с неучтенной систематической пренебрегают и принимают, что доверительные границы погрешности результата измерения $(\Delta x)_{\Sigma} = \theta$.

3. Если $0,8 \leq (\theta/S_{\bar{x}}) \leq 8,0$, то доверительные границы погрешности результата измерения вычисляют по формуле

$$(\Delta x)_{\Sigma} = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (8)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешности; S_{Σ} – суммарная средняя квадратическая погрешность результата измерения:

$$K = \frac{\varepsilon + \theta}{S_{\bar{x}} + \sqrt{\sum_{j=1}^m \frac{\theta_j^2}{3}}}; \quad (9)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{x}}^2 + \sum_{j=1}^m \frac{\theta_j^2}{3}}. \quad (10)$$

Если составляющие неисключенной систематической погрешности не установлены, а величина ε соизмерима с абсолютным значением погрешности СИ $\Delta_{СИ}$, то величину $\Delta_{СИ}$ считают неисключенной систематической погрешностью и в качестве доверительных границ погрешности результата измерений принимают величину [9]

$$\Delta x_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon^2 + \left[\frac{t(\infty)}{3} \cdot \Delta_{СИ} \right]^2} = \sqrt{\varepsilon^2 + \left[\frac{1,96}{3} \cdot \Delta_{СИ} \right]^2}. \quad (11)$$

Окончательный результат записывают в виде $X = \bar{x} \pm (\Delta x)_{\Sigma}$, P , выполняя округление результатов расчета по правилам, изложенным в разделе 3.

Пример 3. В процессе обработки результатов прямого многократного измерения получили данные: $\bar{x} = 42,01$ мм, $(\Delta x)_{\Sigma} = \pm 0,01$ мм при доверительной вероятности $P = 0,99$. Результат измерения записываем в виде $X = 42,01 \pm 0,01$, $0,99$.

При отсутствии данных о законах распределения погрешностей измерения результат измерения представляют в виде $X = \bar{x}; \sigma_{\bar{x}}, n; \theta, P$.

3. ПРАВИЛА ОКРУГЛЕНИЯ И ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ [2]

1. Числовое значение результата измерений округляют в соответствии с числовым разрядом значащей цифры погрешности измерений.

Лишние цифры в целых числах заменяют нулями, в десятичных дробях – отбрасывают. Если десятичная дробь оканчивается нулями, их отбрасывают только до того разряда, который соответствует разряду погрешности.

Пример 4. Результат 1,072000, погрешность $\pm 0,0001$. Результат округляют до 1,0720.

Если первая (слева направо) из заменяемых нулями или отбрасываемых цифр меньше 5, остающиеся цифры не изменяются.

Если первая из этих цифр равна 5, а за ней не следует никаких цифр, или идут нули, то, если последняя цифра в округляемом числе четная или ноль, она остается без изменения, если нечетная – увеличивается на единицу.

Пример 5. 1234,50 округляют до 1234; 8765,50 – до 8766.

Если первая из заменяемых нулями или отбрасываемых цифр больше 5 или равна 5, но за ней следует значащая цифра, то последняя остающаяся цифра увеличивается на единицу.

Пример 6. 6783,6 округляют до 6784; 12,34501 до 12,35.

2. Погрешность, возникающая в результате вычислений, не должна превышать 10 % суммарной погрешности измерений. Поэтому, если над результатами измерений предстоит произвести некоторые математические операции, то при округлении результатов в соответствии с правилом 1, добавляют один разряд справа, т.е. в первом примере результат 1, 072000 нужно округлить не до 1,0720, а до 1,07200.

3. Если в процессе вычисления встречается операция деления, бессмысленно продолжать ее по правилам арифметики, после того, как получен результат, соответствующий правилу 1.

4. При определении числа знаков при вычислении погрешностей измерений следует учитывать, что погрешность определения значения погрешности достаточно велика, порядка 30 % при $n = 10$ и порядка 15 % при $n = (20 - 25)$, поэтому, при $n \leq 10$ следует оставлять одну значащую цифру, если она больше трех, и две, если первая из них меньше четырех.

Пример 7. Если при $n = 10$, $S_{\bar{x}} = 0,523$, оставляем значение $S_{\bar{x}} = 0,5$; если при $n = 10$ $S_{\bar{x}} = 0,253$, оставляем значение $S_{\bar{x}} = 0,25$.

При $n \geq 10$ достаточно надежно оставлять во всех случаях две значащие цифры.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

4.1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: изучение методики выбора универсальных СИ линейных размеров.

Задание: выбрать универсальное СИ заданного размера детали, произвести измерение и дать заключение о годности детали по этому размеру.

Перечень приборов, инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы : штангенциркуль ШЦ-I, штангенглубиномер ШГ-160, микрометр гладкий МК50-1, микрометр рычажный МР50, индикатор часового типа ИЧ10, индикатор многооборотный 1МИГ, головка измерительная пружинная 1ИГП, штатив Ш-III, стойка С-III, набор плоскопараллельных концевых мер длины, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.1.1. Общие положения

Средства измерения выбирают с учетом *метрологических* и *экономических* факторов.

При выполнении производственных измерений в первую очередь учитывают следующие метрологические показатели СИ: диапазон измерений; диапазон показаний; погрешность измерительных приборов и инструментов.

К экономическим показателям относят: стоимость СИ, продолжительность их работы до повторной установки, продолжительность их работы до ремонта, время, затрачиваемое на установку и сам процесс измерения, необходимая квалификация оператора.

На выбор СИ влияет и характер производства. При большом количестве контролируемых изделий (массовое, крупносерийное, серийное производство) целесообразно применять специальные СИ и калибры; при малом количестве измеряемых изделий (мелкосерийное, единичное производство) преимущество остается за универсальными СИ.

Правильный выбор СИ не только обеспечивает требуемую точность, но и сокращает себестоимость выпускаемой продукции.

Необходимым условием правильного выбора универсального СИ является соответствие его метрологических характеристик следующим условиям:

- диапазон измерения СИ должен быть больше измеряемого размера;
- диапазон показаний СИ должен быть больше допуска измеряемого размера;

– предельная погрешность измерения выбранным СИ Δ_{lim} должна быть меньше *допускаемой погрешности измерения δ* .

Значения допускаемых погрешностей измерения δ установлены (табл. 5) в зависимости от допусков и номинальных размеров измеряемых изделий ГОСТ 8.051. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. В соответствии с этим ГОСТ, значения δ определены для квалитетов 2–17 и приняты равными $0,2 T$ (T – допуск размера) – для *IT10 – IT17*, $0,3 T$ – для *IT6 – IT9*, $0,35 T$ – для *IT2 – IT5*. Расчетные значения δ округлены с учетом реальных значений погрешностей измерения измерительными средствами.

Допускаемые погрешности измерения, установленные ГОСТ 8.051, являются наибольшими и включают не только погрешности СИ, но и погрешности от других источников: погрешности установочных мер, погрешности базирования, погрешности, связанные с температурными деформациями и т.п.

Допускаемые погрешности измерения ограничивают случайную и неучтенную систематическую погрешности измерения. При этом случайная составляющая погрешности измерения не должна превышать 0,6 нормируемой погрешности.

Методические указания [5] по применению ГОСТ 8.051 содержат сведения, облегчающие выбор универсальных СИ. В табл. I и II [5] (соответственно для размеров наружных и внутренних элементов деталей) приведены предельные погрешности измерения Δ_{lim} станковыми и накладными СИ в зависимости от условий измерений. Далее в табл. V, VI и VII приведены для заданных размеров и квалитетов допуски размеров T , допускаемые погрешности измерения δ и перечни (порядковые номера и варианты использования по табл. I и II) СИ, рекомендованных для измерения этих размеров и удовлетворяющих вышеназванным (см. п. 4.1.1) условиям.

Пример 8. *Необходимо выбрать универсальное СИ для измерения размера отверстия $\varnothing 40H9$. По табл. VII допуск размера 40 мм 9-го квалитета $T = 62$ мкм, допускаемая погрешность измерения $\delta = 16$ мкм и рекомендуемые СИ: «5б» и «11». По табл. II находим, что этим номерам соответствуют индикаторный нутромер с ценой деления 0,01 мм (по каталогу [11] – индикаторный нутромер НИ 50) и используемом перемещении измерительного стержня – 0,1 мм и микроскоп универсальный. Выбираем для применения нутромер НИ 50, как более простое, а значит и дешевое СИ. Диапазон измерения этим нутромером больше измеряемого размера ($50 > 40$ (мм)), используемое перемещение измерительного стержня больше допуска размера T ($0,1 > 0,062$ (мм)), предельная погрешность измерения Δ_{lim} меньше допускаемой погрешности измерения ($0,01 < 0,016$ (мм)).*

5. Допускаемые погрешности измерения линейных размеров (ГОСТ 8.051)

Номинальные размеры, мм	Допуски размеров <i>IT</i> и допускаемые погрешности измерения δ , мкм для квалитетов													
	6		7		8		9		10		11		12	
	<i>IT</i>	δ	<i>IT</i>	δ	<i>IT</i>	δ	<i>IT</i>	δ	<i>IT</i>	δ	<i>IT</i>	δ	<i>IT</i>	δ
До 3	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	60	12	100	20
Св. 3 до 6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	75	16	120	30
Св. 6 до 10	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	90	18	150	30
Св. 10 до 18	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	110	30	180	40
Св. 18 до 30	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	130	30	210	50
Св. 30 до 50	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	160	40	250	50
Св. 50 до 80	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	190	40	300	60
Св. 80 до 120	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	220	50	350	70
Св. 120 до 180	25	7,0	40	12,0	65	16,0	100	30	160	40	250	50	400	80
Св. 180 до 250	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	290	60	460	100
Св. 250 до 315	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	320	70	520	120
Св. 315 до 400	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	360	80	570	120
Св. 400 до 500	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	400	80	630	140

Приемочные границы, т.е. значения размеров, по которым производится приемка изделий, устанавливают, в соответствии с ГОСТ 8.051, с учетом допускаемой погрешности измерения δ . При этом допуск на размер рассматривают как допуск на сумму погрешностей технологического процесса, которые не позволяют получить абсолютно точное значение размера, в том числе и из-за погрешности измерения.

Приемочные границы устанавливают совпадающими с предельными размерами (рис. 4, а) или смещенными относительно них введением **производственного допуска** $T_{пр}$ (рис. 4, б).

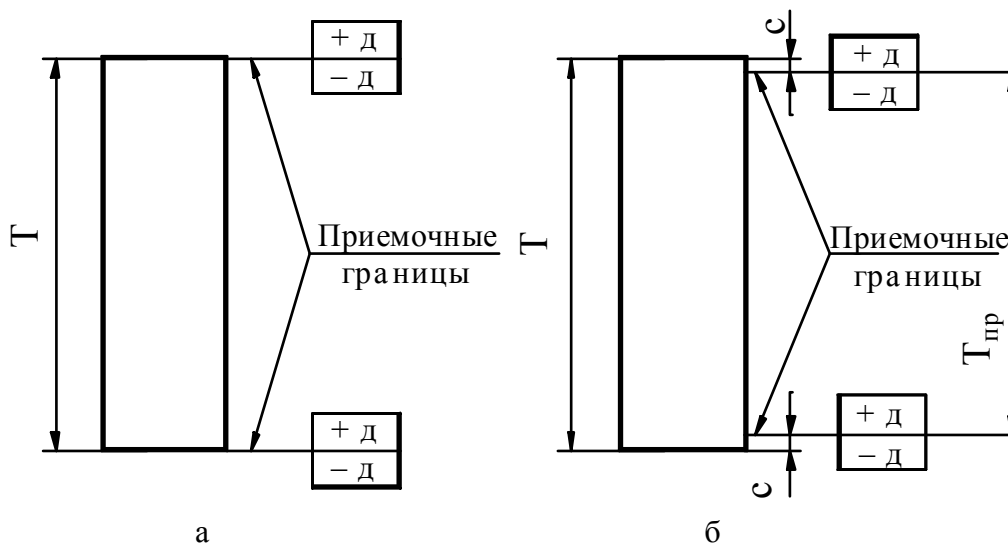
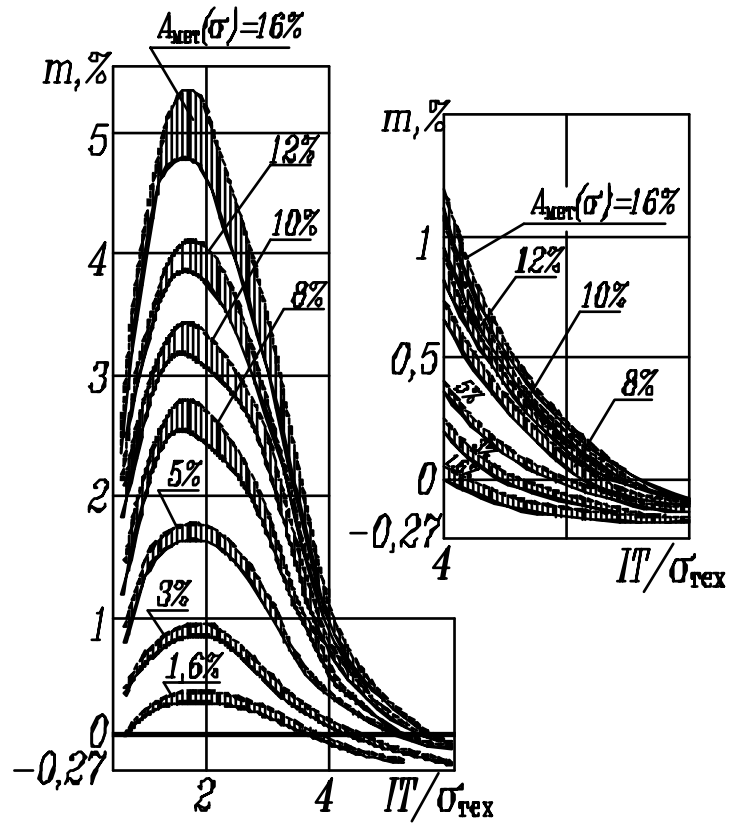


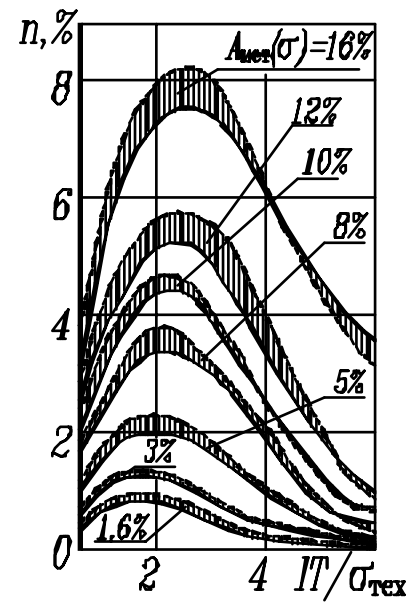
Рис. 4. Расположение приемочных границ: а - без назначения производственного допуска; б - производственный допуск определен в зависимости от параметра разбраковки c

Первый способ является технически и экономически целесообразным, и поэтому предпочтительным. Однако при этом из-за наличия погрешности измерения некоторые бракованные изделия могут быть ошибочно приняты как годные, а некоторые годные – отбракованы. Чтобы этого не случилось, приемочные границы смещают внутрь поля допуска изделия на величину, равную c (см. рис. 4, б). В соответствии с ГОСТ 8.051 величина смещения не должна превышать половины допускаемой погрешности измерения ($\delta/2$). При смещении приемочных границ говорят о введении производственного допуска $T_{пр}$. Этот вариант менее предпочтителен, чем первый, однако, хотя и редко, используется на практике.

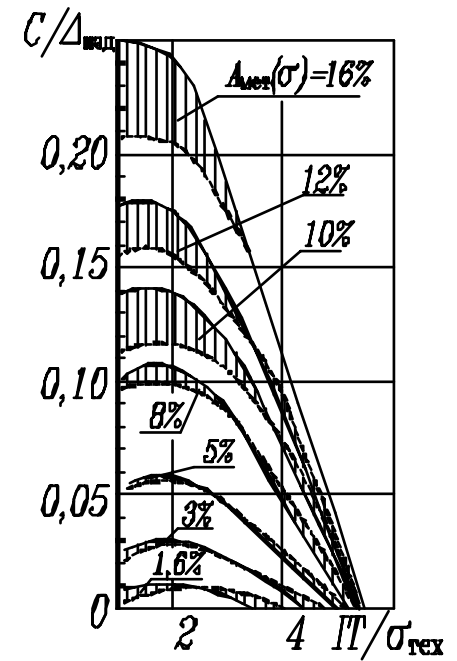
Влияние погрешности измерения на результаты разбраковки деталей (по ГОСТ 8.051) показано на рис. 5, позволяющем определить вероятное количество неправильно принятых m и неправильно забракованных n деталей, а также переход за границы поля допуска размеров неправильно принятых деталей c .



а



б



в

Рис. 5. Графики для определения количества (в процентах от общего количества измеряемых деталей) неправильно принятых деталей m ; количества неправильно забракованных деталей n ; возможного перехода за границы поля допуска размеров неправильно принятых деталей c (ГОСТ 8.051)

На графиках (см. рис. 5) значения параметров m , n , c даны в зависимости от относительной погрешности измерения $A_{\text{мет}} = (\sigma_{\text{тех}}/IT) \cdot 100$, % и относительной точности изготовления $IT/\sigma_{\text{тех}}$ (где $\sigma_{\text{тех}}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения; $\sigma_{\text{тех}}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности изготовления; IT – допуск размера). Графики построены исходя из условия, что отклонения измеряемых размеров подчиняются нормальному закону распределения, а погрешность измерения изменяется согласно закону нормального распределения (сплошная линия на графиках), закону равной вероятности (штриховая линия на графиках) или промежуточным законам (область между сплошной и штриховой линией).

При определении параметров m , n , c рекомендуется (ГОСТ 8.051) принимать $A_{\text{мет}}$, равное 16 % для квалитетов 2 – 7, 12 % – для квалитетов 8 и 9 и 10 % – для квалитетов 10 и грубее.

Если точность технологического процесса изготовления детали неизвестна (неизвестно значение $\sigma_{\text{тех}}$), определяют предельное значение параметров m , n и c по рис. 5 или по табл. 6.

6. Предельные значения параметров разбраковки (ГОСТ 8.051)

Относительная погрешность измерения $A_{\text{мет}}$, %	Вероятное количество неправильно принятых деталей m , %	Вероятное количество забракованных деталей n , %	Относительный выход за границу допуска у неправильно принятых деталей c/IT
1,6	От 0,37 до 0,39	От 0,7 до 0,75	0,01
3	От 0,87 до 0,9	От 1,2 до 1,3	0,03
5	От 0,16 до 1,7	От 2,0 до 2,25	0,06
8	От 2,6 до 2,8	От 3,4 до 3,7	0,1
10	От 3,1 до 3,5	От 4,5 до 4,75	0,14
12	От 3,75 до 4,1	От 5,4 до 5,8	0,17
16	От 5,0 до 5,4	От 7,8 до 8,25	0,25

Примечание. Первые значения m и n соответствуют распределению погрешностей измерения по нормальному закону, вторые – по закону равной вероятности

4.1.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера.
- Расшифровывают требования к точности размера; результаты заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 7.

7. Характеристика размера

Обозначение размера	Система	Предельные размеры, мм		Допуск T , мм
		наибольший D_{max}	наименьший D_{min}	

– По табл. 5 определяют допускаемую погрешность измерения δ .

– Назначают приемочные границы для измеряемого размера, совпадающими с предельными размерами; в соответствии с п. 4.1.1 определяют значения параметров разбраковки m , n , c для двух случаев: точность технологического процесса (ТП) изготовления детали известна (величину $\sigma_{\text{тех}}$ задает преподаватель); точность ТП неизвестна. Результаты разбраковки деталей по размеру заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 8.

8. Результаты разбраковки деталей по размеру

Сведения о точности ТП изготовления детали	m , %	n , %	c , мм
$\sigma_{\text{тех}} =$			
Значение $\sigma_{\text{тех}}$ неизвестно			

– Назначают приемочные границы для измеряемого размера, смещенными относительно предельных размеров введением производственного допуска $T_{\text{пр}}$:

$$T_{\text{пр}} = T - 2c. \quad (12)$$

Если $c > \delta/2$, приемочные границы смещают относительно предельных размеров на величину $\delta/2$.

– Результаты расчетов показывают на рисунке, подобном рис. 4, с указанием числовых значений T , $T_{\text{пр}}$, δ и величины смещения приемочных границ.

– Выбирают, используя указания [5] и данные [11], универсальное СИ, проверяя выполнение условия $\Delta_{lim} \leq \delta$ и других требований, изложенных в п. 4.1.1.

Метрологическую характеристику выбранного СИ заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 9.

9. Метрологическая характеристика СИ

Наименование СИ, ГОСТ	Диапазон измерения, мм	Диапазон показаний, мм	Цена деления, мм	Предельная погрешность измерения Δ_{lim} , мм
Условия измерения				
Вариант использования	Вид контакта	Участок шкалы, используемый для отсчета	Способ настройки	Температурный режим, °С

– Определяют возможный переход за границы поля допуска размеров неправильно принятых деталей при использовании выбранного СИ:

$$c' = 0,5 \left(\sqrt{T^2 + \Delta_{lim}^2} - T \right). \quad (13)$$

– Подсчитывают возможные предельные размеры деталей, поступающих на сборку:

$$\begin{aligned} D_{\text{наиб}} &= D_{\text{max}} + c'; \\ D_{\text{наим}} &= D_{\text{min}} - c'. \end{aligned} \quad (14)$$

4.1.3. Контрольные вопросы

1. Какие факторы учитывают при выборе универсальных СИ ?
2. От чего зависит величина допускаемой погрешности измерения и какие погрешности она включает ?
3. Что понимают под приемочными границами ?
4. В каких случаях назначают производственный допуск ?
5. Чем объясняется появление в некоторых случаях неправильно принятых и неправильно отбракованных деталей при измерении их выбранными СИ ?
6. На какую величину смещают приемочные границы при назначении производственного допуска? Каково предельное значение этой величины ?
7. Как определяют параметры m , n , c , если сведения о точности технологического процесса изготовления детали отсутствуют ?
8. Как определяют возможный переход за границу поля допуска у неправильно принятых деталей при измерении их выбранным СИ ?

4.1.4. Рекомендуемая литература

1. [3, с. 25 – 45].
2. [4, с. 204 – 233].
3. [5, с. 1 – 35, 48 – 59].
4. [11, с. 136 – 139].

4.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ СИ

Цель работы: изучение методики определения погрешности измерений линейных размеров деталей.

Задание: определить доверительные границы погрешности измерения линейного размера детали с учетом погрешности, возникающей в результате температурных деформаций.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: микрометр гладкий МК25-1, микрометр гладкий МК50-2, микрометр рычажный МР50, индикатор часового типа ИЧ10, индикатор многооборотный 1МИГ, головка измерительная 1ИГП, штатив Ш-ПН, стойка С-ПН, набор плоскопараллельных концевых мер длины, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.2.1. Определение погрешности измерения

Для проведения измерений с погрешностями, не превышающими допустимые значения, необходимо иметь сведения о значениях погрешностей измерения универсальными СИ в реальных условиях их применения. Такие данные приведены, например, в справочной литературе [3 – 5 и др.] с учетом следующих положений:

- универсальное СИ соответствует предъявляемым требованиям;
- универсальное СИ используется оператором, имеющим навык работы с ним;
- приводятся значения погрешностей измерения без учета погрешности метода измерения (см. табл. 1).

Погрешность измерения универсальными СИ Δ с учетом условий и метода измерений рассчитывают следующим образом [3]:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (15)$$

где Δ_1 – погрешность СИ; Δ_2 – погрешность метода измерений; Δ_3 – погрешность от температурных деформаций; Δ_4 – погрешность от измерительного усилия; Δ_5 – субъективные погрешности оператора; Δ_6 – прочие составляющие погрешности измерения, не охваченные составляющими $\Delta_1 - \Delta_5$.

Под погрешностями Δ , $\Delta_1 - \Delta_4$ понимают предельные погрешности, включающие неисключенную систематическую и случайную составляющие (см. табл.1) и оцененную с доверительной вероятностью P (как правило, $P = 0,95$).

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{11}^2 + \Delta_{12}^2 + \dots + \Delta_{1n}^2}, \quad (16)$$

где $\Delta_{11}, \Delta_{12} \dots \Delta_{1n}$ – основные погрешности СИ (инструментальная погрешность, погрешность установочных мер и др.), используемых в рассматриваемой измерительной установке.

$$\Delta_2 = \sqrt{\Delta_{21}^2 + \Delta_{22}^2 + \Delta_{23}^2}, \quad (17)$$

где Δ_{21} – погрешность базирования; Δ_{22} – погрешность от неполноты ощупывания измеряемой поверхности, т.е. от того, что измеряемый объект измерен не во всех точках или сечениях; Δ_{23} – прочие составляющие погрешности метода измерений, например, погрешности, вызванные отклонениями размеров базисующих элементов и измеряемых деталей.

Погрешность от температурных деформаций $\Delta_3 = \Delta_t$ определяют по методике, изложенной в п. 4.2.2.

Погрешность от измерительного усилия Δ_4 возникает вследствие упругих деформаций установочных узлов СИ и деформаций в зоне контакта измерительного наконечника и измеряемой детали. Эту погрешность учитывают при высокоточных измерениях, когда допускаемые погрешности измерения соизмеримы с величиной деформации.

Погрешности Δ_5 , зависящие от оператора (субъективные погрешности), разделяют на четыре вида: погрешности отсчитывания, присутствия, действия и профессиональные погрешности. Из субъективных погрешностей поддается учету, как правило, лишь погрешность отсчитывания. Субъективная погрешность присутствия проявляется в виде влияния теплоизлучения оператора на температуру окружающей среды. К субъективным погрешностям действия относят погрешности, вносимые оператором при настройке СИ, подготовке объекта измерения и др. Профессиональные погрешности связаны с квалификацией оператора, отношением его к процессу измерения.

4.2.2. Определение погрешности, вызванной температурными деформациями

Погрешность Δ_t , вызванную температурными деформациями, определяют по формуле

$$\Delta_t = \sqrt{\Delta_{t_1} + \Delta_{t_2}}, \quad (18)$$

где Δ_{t_1} ; Δ_{t_2} – соответственно систематическая и случайная погрешность от температурных деформаций:

$$\Delta_{t_1} = \ell \cdot \Delta t_1 (\alpha_{СИ} - \alpha_{\partial})_{max}; \quad (19)$$

$$\Delta_{t_2} = \ell \cdot \Delta t_2 \cdot \alpha_{max}, \quad (20)$$

где ℓ – измеряемый размер; Δt_1 – допускаемое при измерении отклонение температуры рабочего пространства от 20 °С; Δt_2 – допускаемое при измерении колебание температуры рабочего пространства; $(\alpha_{СИ} - \alpha_{\partial})_{max}$ – максимально возможная разность коэффициентов линейного расширения элементов СИ и объекта измерения (табл. 10); α_{max} – максимальный по величине коэффициент линейного расширения (материалов элемента СИ или объекта измерения).

Значения Δt_1 и Δt_2 , установленные ГОСТ 8.050. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений, приведены в табл. 11 и 12.

10. Коэффициенты линейного расширения материалов

Наименование материала	Коэффициент линейного расширения α , мкм/град · мм
Алюминий	0,024
Бронза	0,018
Латунь	0,018
Медь	0,016
Никель	0,013
Олово	0,025
Сталь незакаленная	0,011
Сталь закаленная	0,012
Чугун	0,011

**11. Пределы допускаемого отклонения температуры (°С)
объекта измерения и рабочего пространства от нормального значения
(ГОСТ 8.050)**

Интервал размеров, мм	Квалитет				
	01	0	от 1 до 5	от 6 до 8	от 9 до 10
Св. 1 до 18	± 0,8	± 1,0	± 1,5	± 3	± 4
Св. 18 до 50	± 0,3	± 0,5	± 1,0	± 2	± 3
Св. 50 до 500	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2

**12. Допускаемые колебания температуры (°С) рабочего пространства,
объекта измерения и средства измерения (ГОСТ 8.050)**

Допускаемое отклонение температуры, °С	В течение 0,5 ч	В течение 12 ч
± 0,5	0,1	0,5
± 0,8	0,1	0,5
± 0,1	0,1	0,5
± 1,5	0,2	1,0
± 2,0	0,2	2,0
± 3,0	0,5	3,0
± 4,0	0,5	3,0

4.2.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера.
- Определяют допускаемую погрешность измерения по табл. 5.
- Проверяют соответствие температуры рабочего пространства $t_{рп}$ и возможные колебания этой температуры Δt_2 (значения $t_{рп}$ и Δt_2 задает преподаватель) нормальной области значений по табл. 11 и 12.
- Если значения температуры рабочего пространства $t_{рп}$ и колебания этой температуры Δt_2 не превышают допускаемые значения, погрешность результата измерения Δ принимают равной погрешности измерения $\Delta_{изм}$, указанной в РД 50-98 [5] при заданных условиях (вариант использования, температурный режим, применение для настройки инструмента мер длины и др.).

– Если значения $t_{\text{рп}}$ и (или) Δt_2 превышают допускаемые пределы, по формулам (19) и (20) определяют систематическую Δt_1 и (или) случайную Δt_2 погрешности измерения Δt , вызванные температурными деформациями. По формуле (18) определяют значения погрешности Δt , а погрешность результата измерения Δ рассчитывают по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{изм}}^2 + \Delta_t^2} . \quad (21)$$

– Проверяют основное условие выбора средства измерения $\Delta \leq \delta$. В случае его нарушения (при $\Delta > \delta$), повторно выбирают средство измерения с меньшим значением погрешности измерения $\Delta_{\text{изм}}$, позволяющее обеспечить условие $\Delta \leq \delta$.

– Выполняют многократное измерение заданного размера с числом единичных измерений $n \geq 7$ (величину n устанавливает преподаватель). Результаты измерения заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 13.

– Определяют среднее арифметическое \bar{x} результатов единичных измерений x_i и среднее квадратическое отклонение этих результатов по формулам (1) и (2). Результаты расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 13.

– Исключив промахи (грубые погрешности) (см. раздел 3), результат измерения представляют в стандартной форме $A = \bar{x} \pm (\Delta x)_{\Sigma}$, P и дают заключение о годности детали по заданному размеру.

13. Результаты измерений и расчетов

Результаты граничных измерений x_i , мм	Результаты расчетов, мм							Результат измерения, мм
	\bar{x}	S_x	$\Delta_{\text{изм}}$	Δ_{t_1}	Δ_{t_2}	Δ_t	Δ	
Заключение о годности								

4.2.4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение систематической и случайной погрешности измерения.
2. Чем отличается погрешность измерения универсальным СИ от инструментальной погрешности, погрешности метода измерения ?
3. Что понимают под грубой погрешностью измерения (промахом) ? Как ее исключают ?
4. Что понимают под температурным режимом измерения ?
5. Из каких составляющих складывается погрешность от температурных деформаций ?

6. Из каких составляющих складываются погрешность измерения, погрешность метода измерения, погрешность СИ?
7. Какие погрешности называют субъективными погрешностями?
8. Какова метрологическая характеристика выбранного универсального СИ?
9. Каковы вид и метод измерения выбранным СИ?

4.2.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 175 – 181].
2. [2, с. 51 – 55].
3. [3, с. 28 – 32].
4. [12, с. 113 – 115, 131 – 133].

4.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 НАСТРОЙКА РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОБЫ С ПОМОЩЬЮ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ

Цель работы: ознакомление с конструкциями калибров для контроля валов, изучение методики и техники настройки регулируемых скоб.

Задание: настроить регулируемую скобу для контроля заданного размера детали, проконтролировать деталь и дать заключение о ее годности по этому размеру.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: регулируемая скоба, набор плоскопараллельных концевых мер длины и принадлежности к ним (державки и боковики), отвертка, объекты контроля и их чертеж (выдает преподаватель).

4.3.1. Калибры для контроля валов

Годность валов с допуском от *IT6* до *IT17*, особенно в массовом и крупносерийном производствах, часто проверяют предельными калибрами – скобами. Комплект однопредельных скоб включает проходную и непроходную скобы, соответственно двухпредельные скобы имеют проходную и непроходную стороны. Проходная скоба (сторона скобы) контролирует наибольший предельный размер вала, не-

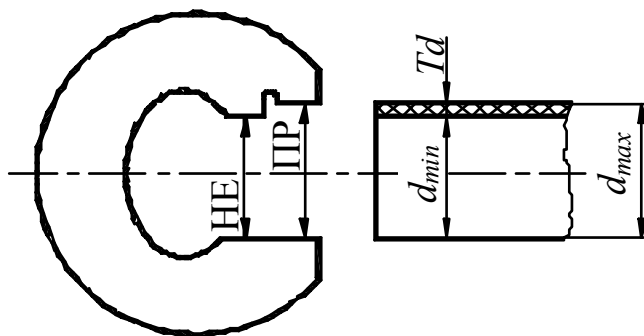


Рис. 6. Схема контроля вала скобой

проходная – наименьший предельный размер (рис. 6). С помощью скоб определяют не числовое значение контролируемого параметра, а годность детали по этому параметру. Деталь считают годной, если проходная скоба под действием собственного веса проходит, а непроходная не проходит по контролируемой поверхности. В этом случае действительный размер детали находится между заданными предельными размерами. Если проходная скоба не проходит, деталь является исправимым браком, если непроходная скоба проходит, деталь является неисправимым браком, так как размер такого вала меньше наименьшего предельного размера.

4.3.2. Регулируемые скобы

Регулируемые скобы широко используют в промышленности для контроля размеров до 330 мм. Такие скобы можно устанавливать на разные размеры (в определенном диапазоне размеров), что позволяет компенсировать износ и использовать одну скобу для контроля разных деталей. Корпус таких скоб имеет жесткое двутавровое сечение и у скоб, применяемых для контроля размеров свыше 105 мм, облегчен за счет наличия отверстий.

Установку скоб на размер (регулировку скоб) осуществляют перемещением вставок 4 (рис. 7). По способу крепления вставок и их конструктивному

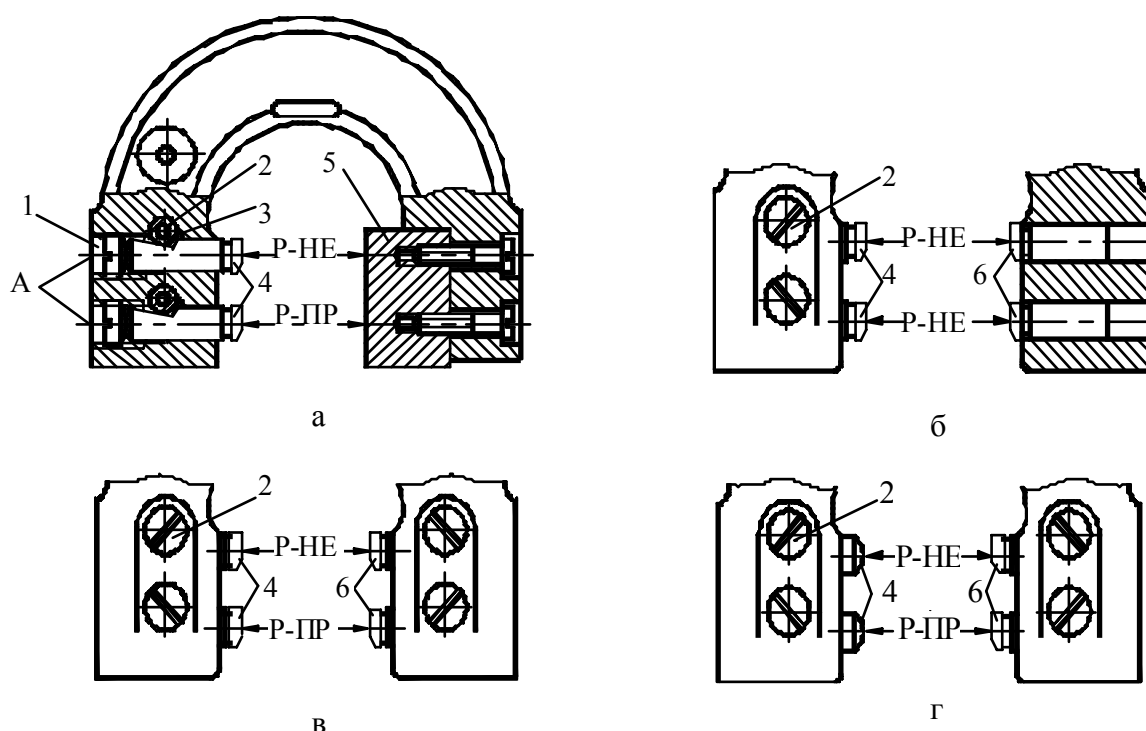


Рис. 7. Конструкция регулируемых скоб: а – с неподвижной плоской губкой; б – с запрессованными (с правой стороны) цилиндрическими вставками; в – с двухсторонней регулировкой; г – с вставками со сферическими головками; 1 – установочный винт; 2 – затяжной винт; 3 – затяжная втулка; 4 – вставка; 5 – плоская вставка; 6 – цилиндрическая вставка

исполнению различают скобы четырех типов. В скобах первого типа (рис. 7, а) правая губка представляет собой плоскую вставку 5, прикрепленную к корпусу винтами. Регулировке подвергают только левые цилиндрические вставки, расположенные в цилиндрических гнездах корпуса. В скобах второго типа (рис. 7, б) вместо неподвижной плоской вставки в корпус запрессованы две цилиндрические вставки 6. У скоб третьего (рис. 7, в) и четвертого (рис. 7, г) типов можно регулировать положение как левых, так и правых вставок. У таких скоб измерительные поверхности правых вставок устанавливают так, чтобы они лежали в одной плоскости. Установку скобы на предельные размеры осуществляют при помощи левых вставок.

В конструкции, показанной на рис. 7, г, левые вставки выполнены сферическими, что позволяет исключить отрицательное влияние на процесс контроля отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей левых и правых вставок. С другой стороны, наличие точечного контакта при контроле проходной скобой приводит к повышению дополнительной погрешности, связанной с наличием местных неровностей на контролируемых поверхностях, вследствие чего применение таких скоб ограничено.

Вставки 4 перемещают в сторону уменьшения размера (вправо) установочным винтом 1 (см. рис. 7). Для обратного перемещения винт 1 отворачивают и сдвигают вставку, нажимая на нее со стороны головки. Свободное перемещение вставок 4 возможно лишь при отпущенных затяжных винтах 2, освобождающих клиновые затяжные элементы, выполненные в виде втулок 3. После установки вставок на необходимые размеры полости *A* заливают сургучом или мастикой и клеймят. Маркируют скобу на маркировочной шайбе.

Регулируемые скобы по сравнению с жесткими имеют меньшую точность и надежность, поэтому их чаще применяют для контроля изделий 8 качества и грубее.

4.3.3. Установка регулируемых скоб

В зависимости от принятой на предприятии организационной формы контроля регулируемые скобы устанавливают одним из двух методов.

При установке скобы по первому методу ее проходную сторону настраивают на средний размер контрольного проходного калибра К–РП, а непроходную – на средний размер контрольного непроходного калибра К–НЕ (соответственно размеры К–РП_{нс} и К–НЕ_{нс} на рис. 8).

При установке регулируемой скобы по второму методу ее проходную сторону настраивают на размер d_{max} , а непроходную – на размер d_{min} (см. рис. 6, 8).

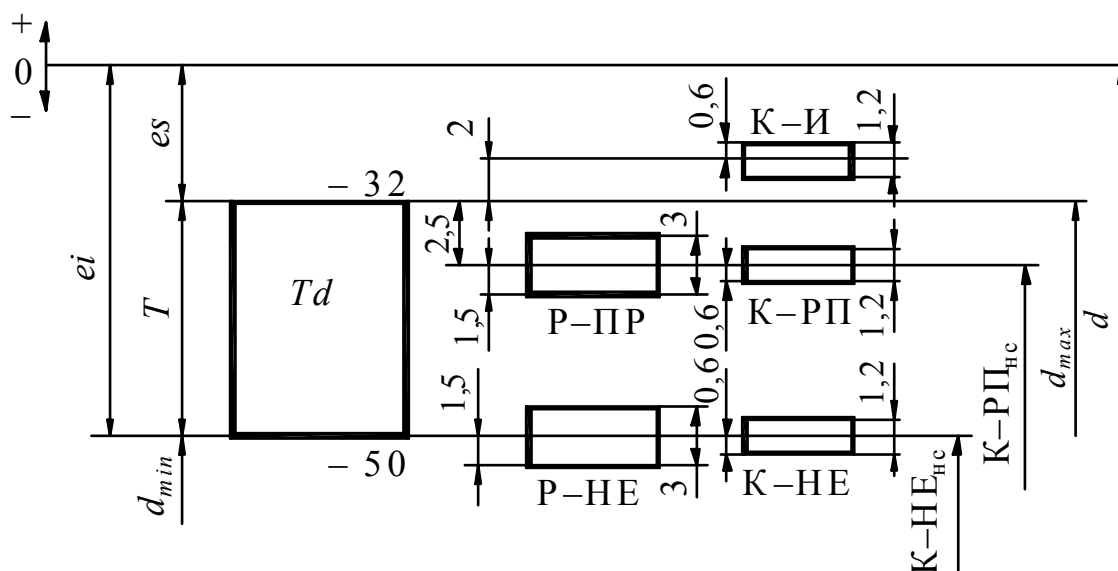


Рис. 8. Схема расположения полей допусков предельных калибров для контроля валов

Первый метод установки регулируемых скоб приводит в ряде случаев к значительному ужесточению допуска контролируемого размера. Производственный допуск (см. п. 4.1.1) в этом случае составляет 77 ... 95 % стандартного. При втором методе поле допуска используется полностью, но вероятность неправильной разбраковки деталей значительно увеличивается (см. п. 4.1.1).

Первый метод установки применяют в том случае, когда регулируемые скобы используют для контроля различных деталей наряду с жесткими скобами (как правило, в массовом и крупносерийном производствах); второй метод – когда регулируемые скобы применяют для контроля деталей наряду с универсальными средствами измерения (в серийном производстве).

4.3.4. Общие сведения о плоскопараллельных концевых мерах длины

Плоскопараллельные концевые меры длины (ГОСТ 9038) служат для сохранения и передачи единицы длины в машиностроении. Они широко используются в лабораторной и цеховой практике линейных измерений: для проверки и градуировки различных шкал, калибров и приборов (образцовые меры), для установки измерительных инструментов и приборов на нуль, а также для точных измерений линейных размеров деталей, точных разметочных работ, для наладки станков, для установки регулируемых калибров – скоб на размер.

Концевые меры длины представляют собой пластины из закаленной стали или твердого сплава, имеющие форму прямоугольных параллелепипедов с двумя плоскими измерительными поверхностями, которые весьма точно обрабатывают путем шлифования и доводки.

За длину концевой меры (в любой точке) принимают длину перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности на ее противоположную измерительную поверхность. За номинальную длину концевой меры принимают ее длину в средней части концевой меры. **Отклонением длины концевой меры от номинальной длины** называют наибольшую по абсолютному значению разность между длиной меры в любой точке и номинальной длиной меры. **Отклонением от плоскопараллельности** называют разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры.

На каждой концевой мере гравировают ее номинальный размер. На мерах с размерами до 5,5 мм номинальный размер наносят на одной из измерительных поверхностей, на мерах с размерами свыше 5,5 мм – на боковой рабочей поверхности.

Концевые меры выпускают наборами. Согласно ГОСТ 9038, выпускается 21 набор концевых мер (от 4 до 112 мер в наборе). Наибольшее распространение имеют наборы: № 1 из 83 мер, № 2 из 42 мер и № 6 из 10 мер.

Характерной особенностью концевых мер длины является их притираемость измерительными поверхностями при их надвигании друг на друга, т.е. способность прочно сцепляться между собой. Притираемость дает возможность собирать блоки разных размеров из минимального числа концевых мер (4 – 5 штук) с дискретностью 1 мкм. При подсчете длин концевых мер, включаемых в блок, необходимо, чтобы первая мера содержала последний или два последних знака размера длины блока, вторая мера – последние знаки остатка и т.д.

Пример 9. Требуется составить блок длиной $L = 79,03$ мм. Длины концевых мер, входящих в блок, при использовании набора № 1 – 1,03; 8; 20 и 50 мм (рис. 9, а).

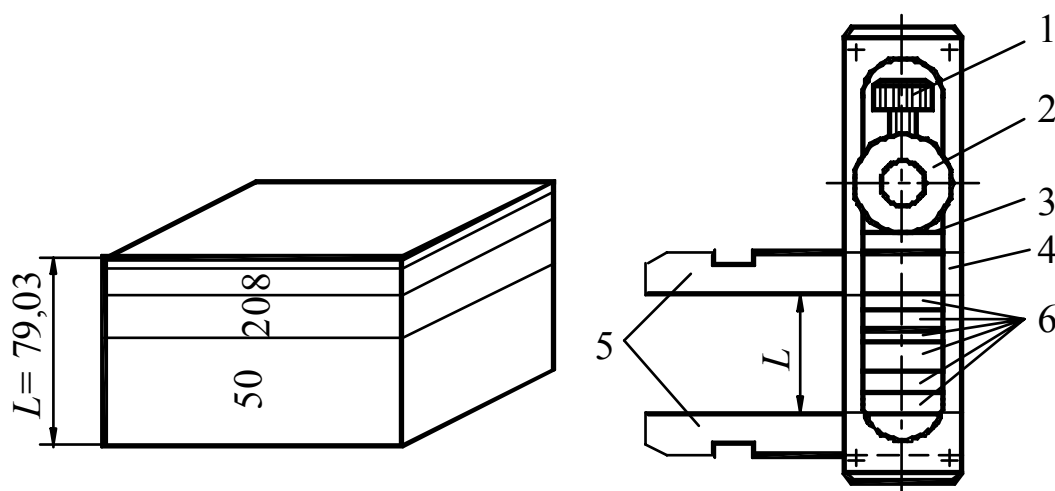


Рис. 9. Составление блока концевых мер: а – блок концевых мер, б – измерительный набор; 1 – винт; 2 – гайка; 3 – планка; 4 – державка; 5 – боковик; 6 – концевые меры

В зависимости от точности изготовления меры выпускают нескольких классов точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3 – из стали; 00; 0; 1; 2; 3 – из твердого сплава (табл. 14.) Наивысшим является 00 класс точности. Класс блока концевых мер определяется низшим классом отдельной меры, входящей в блок.

Если при измерениях размеров деталей с помощью концевых мер за размер каждой меры считать ее номинальный размер, то такое использование мер называют применением их по классам. Предельная погрешность блока может быть определена в этом случае по формуле

$$[\Delta_{lim,k}]_{кл} = \sqrt{\sum_{i=1}^k [\Delta_{lim,i}]^2}, \quad (22)$$

где $[\Delta_{lim,k}]_{кл}$ – предельная погрешность блока, состоящего из k мер данного класса точности; $\Delta_{lim,i}$ – предельная погрешность i -ой концевой меры, входящей в блок, для данного класса точности.

Для повышения точности измерения концевыми мерами без повышения точности их изготовления введена аттестация наборов в метрологических органах. По результатам аттестации, в зависимости от нормативной предельной погрешности концевым мерам присваивают разряды с первого по пятый. Как показывает практика, на первый разряд могут быть аттестованы меры, изготовленные по нулевому классу, на второй разряд – по нулевому и первому классу, на третий и четвертый разряды – по нулевому, первому и второму классам и т.д.

При наличии аттестата за длину меры можно принимать не их номинальные размеры, а действительные размеры, указанные в аттестате, что позволяет существенно уменьшить погрешность измерения.

Для измерения наружных и внутренних размеров, при разметке и других работах концевые меры применяют совместно со специальными принадлежностями: боковиками, державками, основанием, лекальной линейкой. Для измерения подбирают концевые меры (в сумме дающие необходимый размер), державку соответствующего размера и боковики. Концевые меры притирают в блок (см. рис. 9, а), а по концам блока притирают боковики 5 (см. рис. 9, б). Полученный блок вставляют в державку и подводят зажимной узел к блоку. При этом зажимная планка должна касаться боковика. Гайкой 2 фиксируют зажимной узел и с помощью винта 1 производят зажатие собранного блока. После этого производят измерение. Для освобождения блока из державки отпускают винт 1 и гайку 2 и отводят зажимной узел от блока.

Следует иметь в виду, что при измерении размеров внутренних элементов суммарный размер получается из размера L и толщины двух боковиков.

14. Классы точности плоскопараллельных концевых мер длины (ГОСТ 9038)

Номинальное значение длины концевой меры, мм	Допустимые отклонения, мкм, для классов											
	00		01		0		1		2		3	
	от номинального значения ±	от плоскостности	от номинального значения ±	от плоскостности	от номинального значения ±	от плоскостности	от номинального значения ±	от плоскостности	от номинального значения ±	от плоскостности	от номинального значения ±	от плоскостности
До 10 вкл.	0,05	0,05	0,18	0,05	0,10	0,09	0,20	0,16	0,4	0,30	0,8	0,30
Св. 10 до 25	0,07	0,05	0,27	0,05	0,14	0,10	0,30	0,16	0,6	0,30	1,2	0,30
Св. 25 до 50	0,10	0,06	0,35	0,06	0,20	0,10	0,40	0,18	0,8	0,30	1,6	0,30
Св. 50 до 75	0,12	0,06	0,45	0,06	0,25	0,10	0,50	0,18	0,8	0,35	2,0	0,35
Св. 75 до 100	0,14	0,07	0,55	0,07	0,30	0,12	0,60	0,20	1,2	0,35	2,5	0,35
Св. 100 до 150	0,20	0,08	0,80	0,08	0,40	0,14	0,80	0,20	1,6	0,40	3,0	0,40
Св. 150 до 200	0,25	0,09	1,00	0,09	0,50	0,15	1,00	0,22	2,0	0,40	4,0	0,40
250	0,30	0,10	1,20	0,10	0,60	0,15	1,20	0,25	2,5	0,40	5,0	0,40
300	0,35	0,10	1,40	0,10	0,70	0,18	1,40	0,25	3,0	0,40	6,0	0,40
400	0,45	0,12	1,80	0,12	0,90	0,20	1,80	0,30	3,5	0,50	7,0	0,50
500	0,50	0,14	2,00	0,14	1,00	0,25	2,00	0,35	4,0	0,60	8,0	0,60
600	0,60	0,16	2,50	0,16	1,20	0,25	2,50	0,40	5,0	0,70	10,0	0,70
700	0,70	0,18	2,80	0,18	1,40	0,25	2,80	0,45	5,5	0,70	11,0	0,80
800	0,80	0,20	3,20	0,20	1,60	0,30	3,20	0,50	6,5	0,80	13,0	0,80
900	0,90	0,20	3,50	0,22	1,80	0,30	3,50	0,50	7,0	0,90	14,0	0,90
1000	1,00	0,25	4,00	0,25	2,0	0,40	4,00	0,60	8,0	1,00	16,0	1,00

Выбор класса точности концевых мер длины для установки регулируемых скоб

При установке регулируемых скоб первым методом предельная погрешность блока концевых мер не должна превышать половины допуска контрольного калибра:

$$[\Delta_{lim, k}]_{кл} \leq H_p / 2, \quad (23)$$

где H_p – допуск контрольных калибров для скоб (см. рис. 8).

При установке регулируемых скоб вторым методом погрешность блока концевых мер зависит от величины допустимого перехода действительных размеров деталей за границу поля допуска ϵ (см. п. 4.1.1). Кроме того, при определении $[\Delta_{lim, k}]_{кл}$ учитывают упругие деформации и износ скобы в процессе эксплуатации.

4.3.5. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз вала с указанием на нем заданного размера.
- Строят схему полей допусков калибров для контроля заданного размера (см. рис. 8) по ГОСТ 24853 [3, 4, 6].
- Рассчитывают размеры $P-PP_{нс}$ и $P-HE_{нс}$, на которые необходимо установить проходную и непроходную стороны регулируемой скобы.
- Подбирают блоки концевых мер длины с размерами, соответствующими размерам $P-PP_{нс}$ и $P-HE_{нс}$. Размеры концевых мер, входящих в блоки, записывают в таблицу, выполненную по форме табл. 15.

15. Размеры концевых мер длины, входящих в блоки для установки скоб

Наименование блока	Размер блока концевых мер, мм	Размеры концевых мер длины, мм					Допускаемая погрешность блока концевых мер, мм	Класс точности блока концевых мер
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я		
$P-PP_{нс}$								
$P-HE_{нс}$								

– По формуле (23) определяют допускаемую погрешность блока концевых мер длины. Используя данные табл. 14 и формулу (22), выбирают класс точности концевых мер. Результаты расчетов заносят в таблицу (см. табл. 15).

– Подбирают державку соответствующего размера. Устанавливают в державку блок концевых мер с размером $P-IP_{nc}$ и закрепляют его. Производят установку проходной стороны регулируемой скобы (см. п. 4.3.2). Устанавливают в державку блок концевых мер с размером $P-HE_{nc}$, закрепляют его, производят настройку непроходной стороны калибра.

– С помощью регулируемой скобы производят контроль партии деталей, делая вывод об их годности. Результаты контроля заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 16.

16. Результаты контроля деталей по размеру

Контролируемый размер, мм	Количество деталей в партии	Количество годных деталей	Количество деталей в группе «брак исправимый»	Количество деталей в группе «брак неисправимый»

4.3.6. Контрольные вопросы

1. Каким образом осуществляется контроль валов с помощью предельных калибров ?
2. Валы каких квалитетов контролируют предельными калибрами ?
3. Чем отличается регулируемая скоба от жесткой? В чем ее достоинства и недостатки по сравнению с жесткой скобой ?
4. Какие конструкции регулируемых скоб Вы знаете ?
5. В чем заключаются методы установки регулируемых скоб на размер ? В чем заключаются достоинства и недостатки этих методов ? Каковы условия их применения ?
6. Сколько классов точности концевых мер длины Вы знаете ?
7. С какой целью проводят аттестацию концевых мер длины ?
8. Как определяют погрешность блока концевых мер длины?
9. Как определяют класс точности блока концевых мер длины ?
10. Чему равна допускаемая погрешность блока концевых мер, используемого при установке регулируемой скобы первым методом ?

4.3.7. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 185 – 191].
2. [3, с. 3 – 9].
3. [4, с. 71 – 78].
4. [6, с. 64 – 74].
5. [12, с. 240 – 245].

4.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОВ

Цель работы: изучение методики и техники определения погрешности показаний штангенинструментов и измерения линейных размеров с их помощью.

Задание:

- определить погрешность показаний штангенинструмента и дать заключение о его годности;
- с помощью штангенинструмента измерить заданный размер детали и дать заключение о годности детали.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: штангенциркуль ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦК-I или ШЦЦ-I, штангенглубиномер ШГ-160, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.4.1. Устройство и эксплуатация штангенинструментов

Штангенинструменты применяют для линейных измерений, не требующих высокой точности. В группу этих инструментов входят штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы. Отсчетным приспособлением у них является нониус.

Нониусное отсчетное устройство

На нониусной линейке длина дополнительной шкалы ℓ (рис. 10, а) равна целому числу делений основной шкалы, но количество делений на единицу больше. Интервал деления шкалы нониуса будет равен:

$$b = \frac{c(n-1)}{n} = \frac{\ell}{n}, \quad (24)$$

где c – цена деления основной шкалы; ℓ – длина шкалы нониуса; n – число делений нониуса.

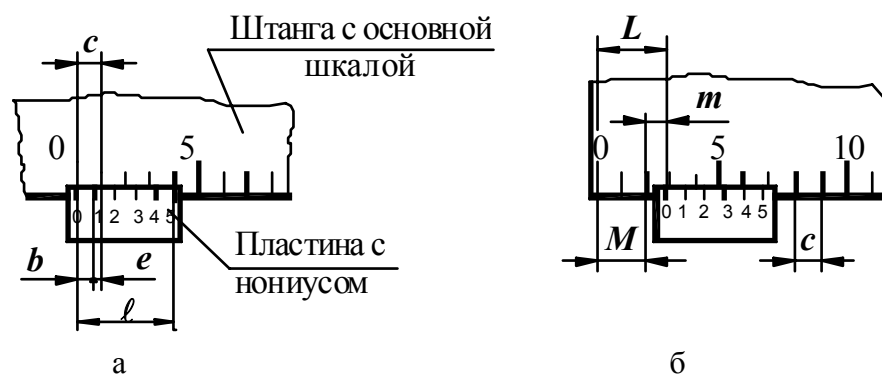


Рис. 10. Нониусное отсчетное устройство: а – построение шкалы нониуса; б – пример отсчета по нониусу

Отсчет по нониусу определяется из уравнения

$$e = c - b; \quad (25)$$

подставив значение b получим:

$$e = c - \frac{c(n-1)}{n} = \frac{c}{n}. \quad (26)$$

Допустим (см. рис. 10, а) $c = 1$ мм, тогда e будет равно 0,2 мм.

Чтобы найти общий размер L (рис. 10, б), необходимо определить размер M , складывающийся из целых делений основной шкалы, расположенных левее нулевого штриха шкалы нониуса, и размер m , представляющий собой часть деления основной шкалы. Чтобы узнать этот размер, надо установить, какой штрих шкалы нониуса совпадает со штрихом основной шкалы. На рис. 10, б со штрихом основной шкалы совпадает четвертый штрих. Это значит, что при $e = 0,2$ мм расстояние между ближайшим левым штрихом основной шкалы и нулевым штрихом нониуса равно 0,8 основного деления. Тогда размер $A = M + m = 2,8$ мм.

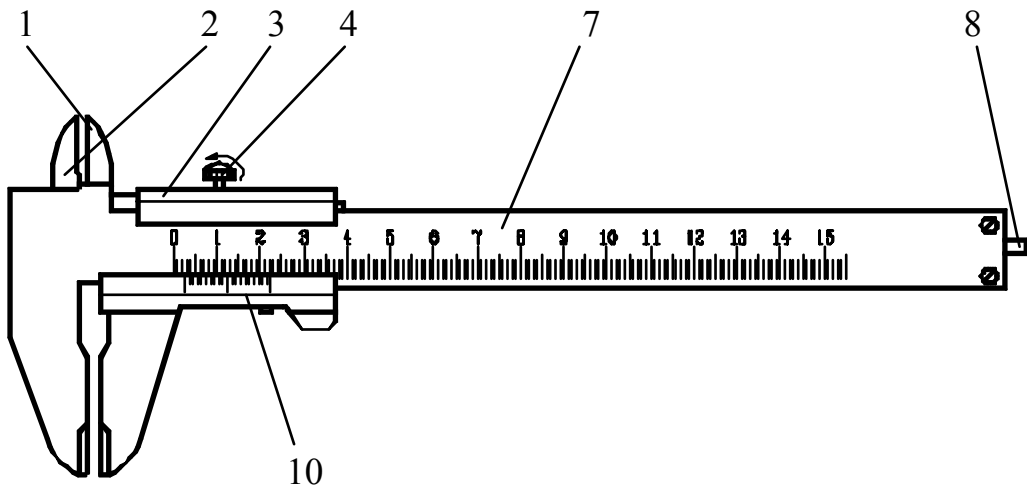
Штангенциркули

Различают три типа штангенциркулей: ШЦ-I с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для определения глубин (рис. 11, а), ШЦ-II – с двусторонним расположением губок для измерения и для разметки (рис. 11, б), ШЦ-III – с односторонними губками для наружных и внутренних измерений (рис. 11, г). Технические характеристики штангенциркулей приведены в [2, 4, 7]. Штангенциркуль (см. рис. 11) состоит из штанги 7, неподвижных губок 1, изготовленных заодно со штангой, рамки 3 с подвижными губками 2, нониуса 10 и рамки 6. Рамки 3 и 6 соединены между собой микрометрическим винтом с гайкой 9. При помощи этого устройства осуществляется точная подача рамки 3. Положение рамок 3 и 6 фиксируется винтами 4 и 5. В рамке 3 установлена плоская изогнутая пружина, которая обеспечивает постоянное прилегание рамки 3 к ребру штанги. Нижние губки предназначены для измерения как внутренних, так и наружных размеров. Верхние губки служат для измерения наружных размеров, а их заостренные концы – для выполнения разметочных работ.

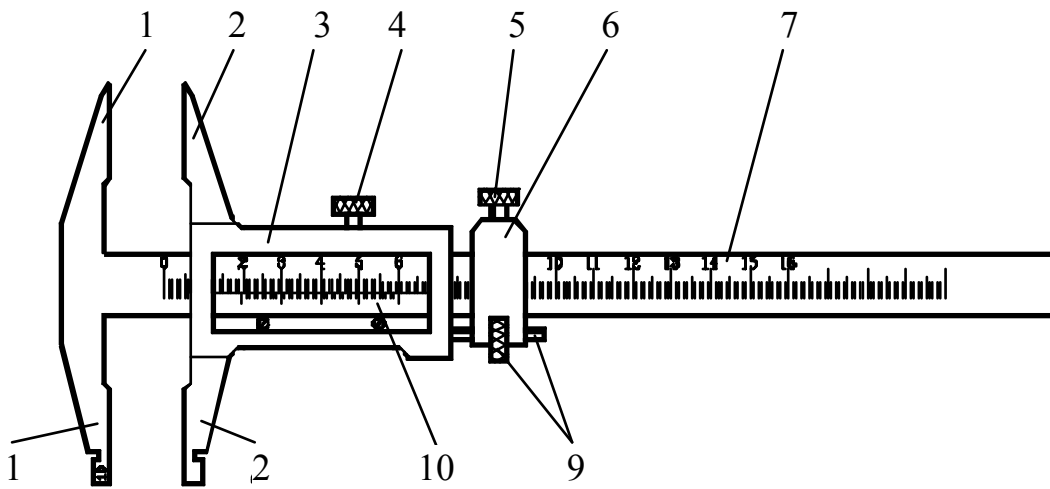
Точность показаний штангенциркуля зависит от правильности его установки на изделии (рис. 12).

Для измерения изделия штангенциркулем необходимо:

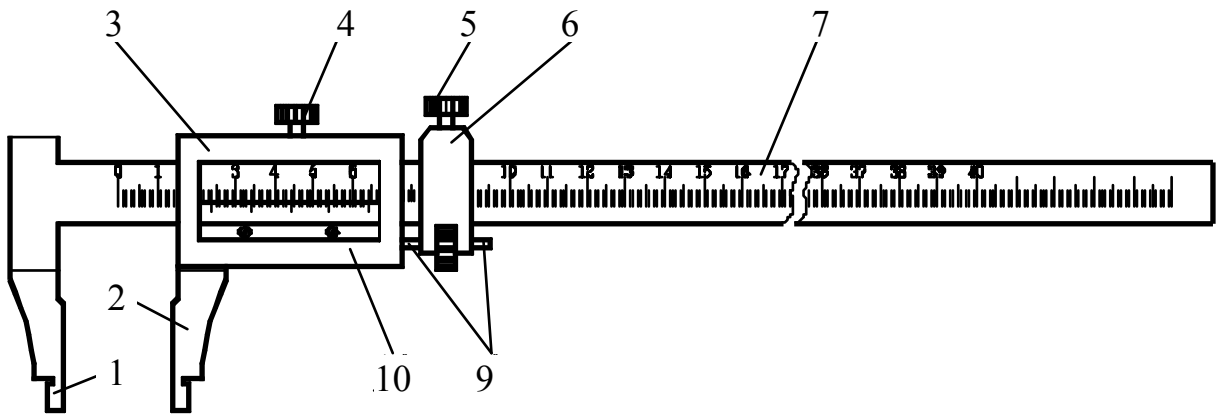
– открепить рамки 3 и 6, передвинуть их вдоль штанги и расположить рамку 3 так, чтобы измеряемое изделие можно было установить между измерительными плоскостями губок;



а



б



в

Рис. 11. Штангенциркули: а – ШЦ I; б – ШЦ II; в – ШЦ III; 1 – неподвижные губки; 2 – подвижные губки; 3 – рамка; 4 – зажим рамки; 5 – зажим рамки микрометрической подачи; 6 – рамка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – линейка глубиномера; 9 – винт и гайка микрометрической подачи; 10 – нониус

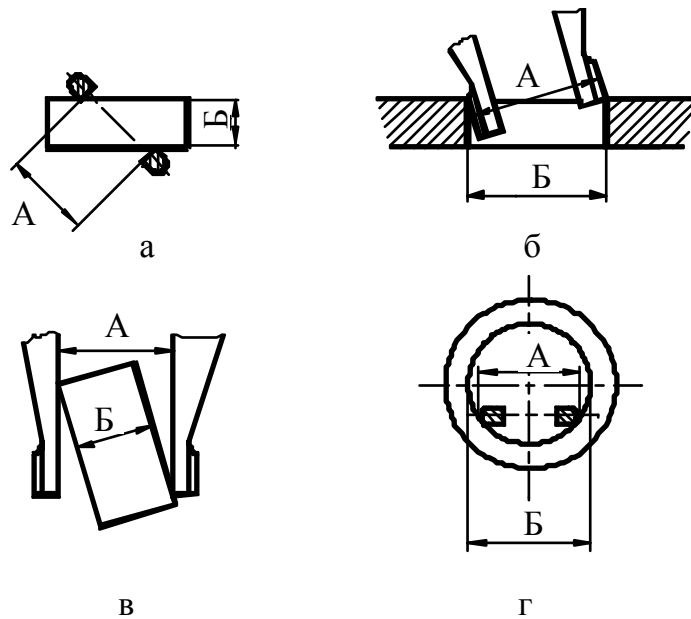


Рис. 12. Примеры неправильной установки штангенциркуля:
 а, в – $A > B$; б, г – $A < B$

- с помощью микровинта передвинуть рамку 3 до получения плотного прилегания поверхностей обеих губок к поверхностям измеряемого изделия;
- закрепить стопорный винт 4;
- сняв инструмент с изделия, считать показания по шкале штанги и по нониусу.

При измерении внутренних размеров необходимо учесть толщину губок штангенциркуля.

Штангенглубиномер

Штангенглубиномер предназначен для измерения выточек, отверстий, канавок, уступов и т.п.

Технические характеристики штангенглубиномеров приведены в [3, 11]. Штангенглубиномер отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге 6 (рис. 13) неподвижных губок, а подвижные губки на рамке выполнены в виде опорного основания с плоскостью, расположенной перпендикулярно к направлению штанги. Этой плоскостью штангенглубиномер устанавливают на измеряемый объект. Измеряемый размер заключается между двумя поверхностями, одной из которых является торец самой штанги, а другой – поверхность основания 1.

На рис. 14 показаны примеры применения штангенглубиномера.

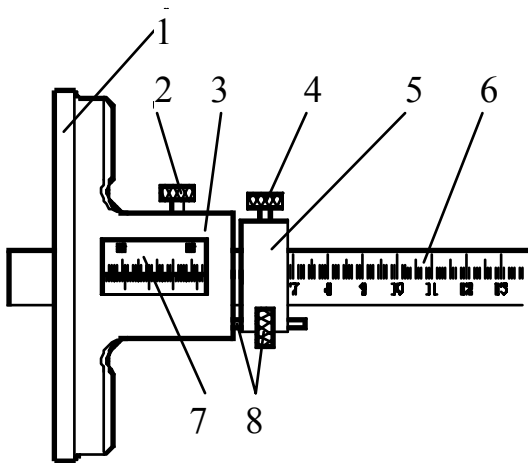


Рис. 13. Штангенглубиномер:

- 1 – основание; 2 – зажим рамки; 3 – рамка;
 4 – зажим рамки микрометрической подачи;
 5 – рамка микрометрической подачи;
 6 – штанга; 7 – гайка и винт микрометрической подачи; 8 – нониус

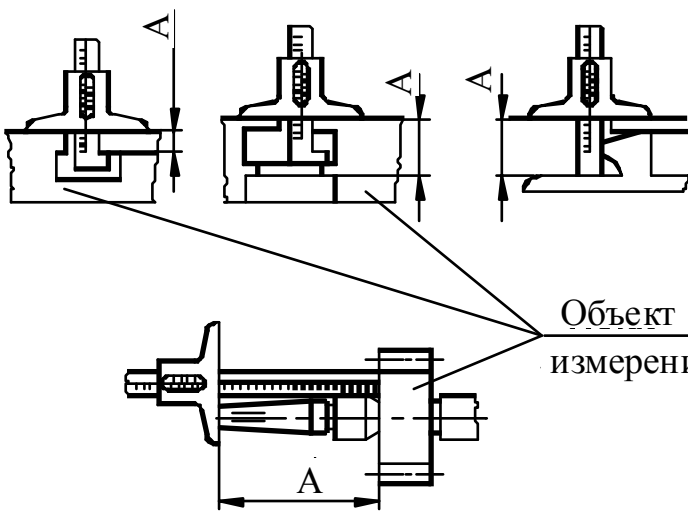


Рис. 14. Применение штангенглубиномера для измерения размеров различных элементов деталей:

A – измеряемый размер

Измерение штангенглубиномером необходимо осуществлять в следующем порядке:

- наложить штангенглубиномер на плоскость измеряемого изделия;
- открепив рамки 3 и 5 продвинуть штангу вниз до тех пор, пока она не коснется своим торцом плоскости или выступа измеряемого изделия;
- закрепить стопорный винт 2;
- сняв штангенглубиномер с изделия, считать показания.

Штангенрейсмас

Штангенрейсмас служит для измерения высот и выполнения разметочных работ. Он имеет массивное основание 1 (рис. 15) и рамку 4 с одной подвижной губкой, на которую при помощи хомута 11 монтируются ножки специальной конструкции. К штангенрейсмасу прикладывается три типа ножек: ножка 3 пред-

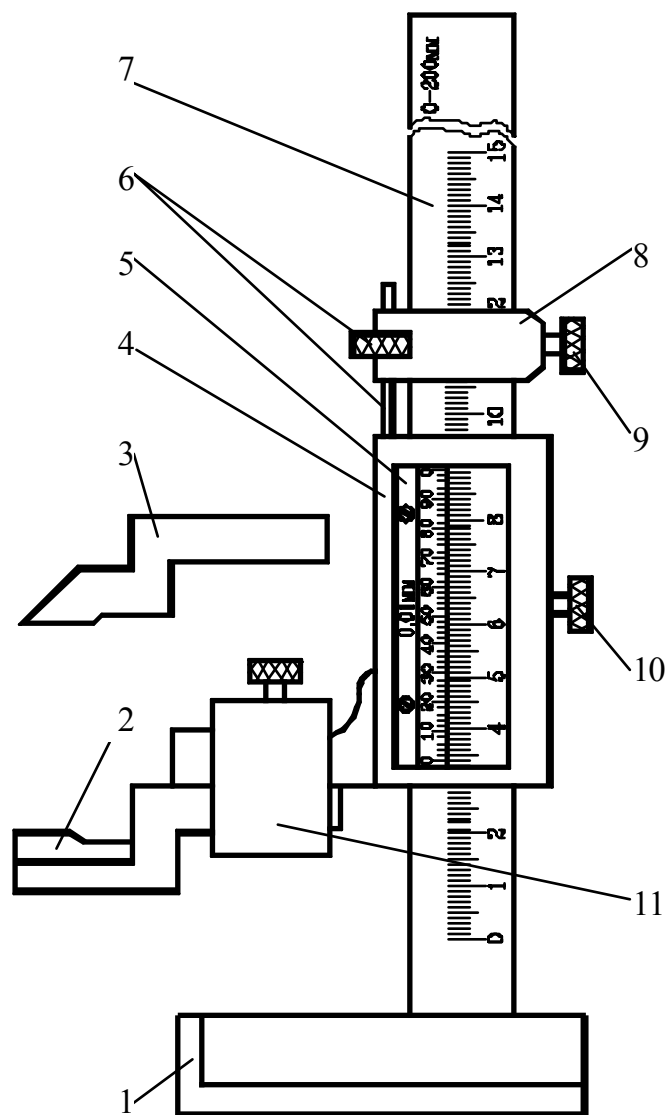


Рис. 15. Штангенрейсмас: 1 – основание; 2 – измерительная ножка; 3 – разметочная ножка; 4 – рамка; 5 – нониус; 6 – винт и гайка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – рамка микрометрической подачи; 9 – зажим рамки микрометрической подачи; 10 – зажим рамки; 11 – хомут

назначена для разметки; ножка 2 имеет две измерительные поверхности: верхняя служит для измерения размеров внутренних элементов (рис. 16, а), а нижняя для измерения размеров наружных элементов (рис. 16, б). При измерении размеров наружных элементов можно пользоваться и ножкой 3 (рис. 16, в).

При измерении охватываемых размеров к показанию штангенрейсмаса M необходимо прибавить толщину губки q .

Третий тип ножки представляет собой державку (рис. 16, г, д), в которой можно закрепить иглы различной длины. При помощи игл измеряют высоты в том случае, когда одна из поверхностей измеряемого изделия труднодоступна (см. рис. 16, г). При измерении нужно из показателя штангенрейсмаса M вычесть величину m , которая соответствует такому положению рамки, когда острие

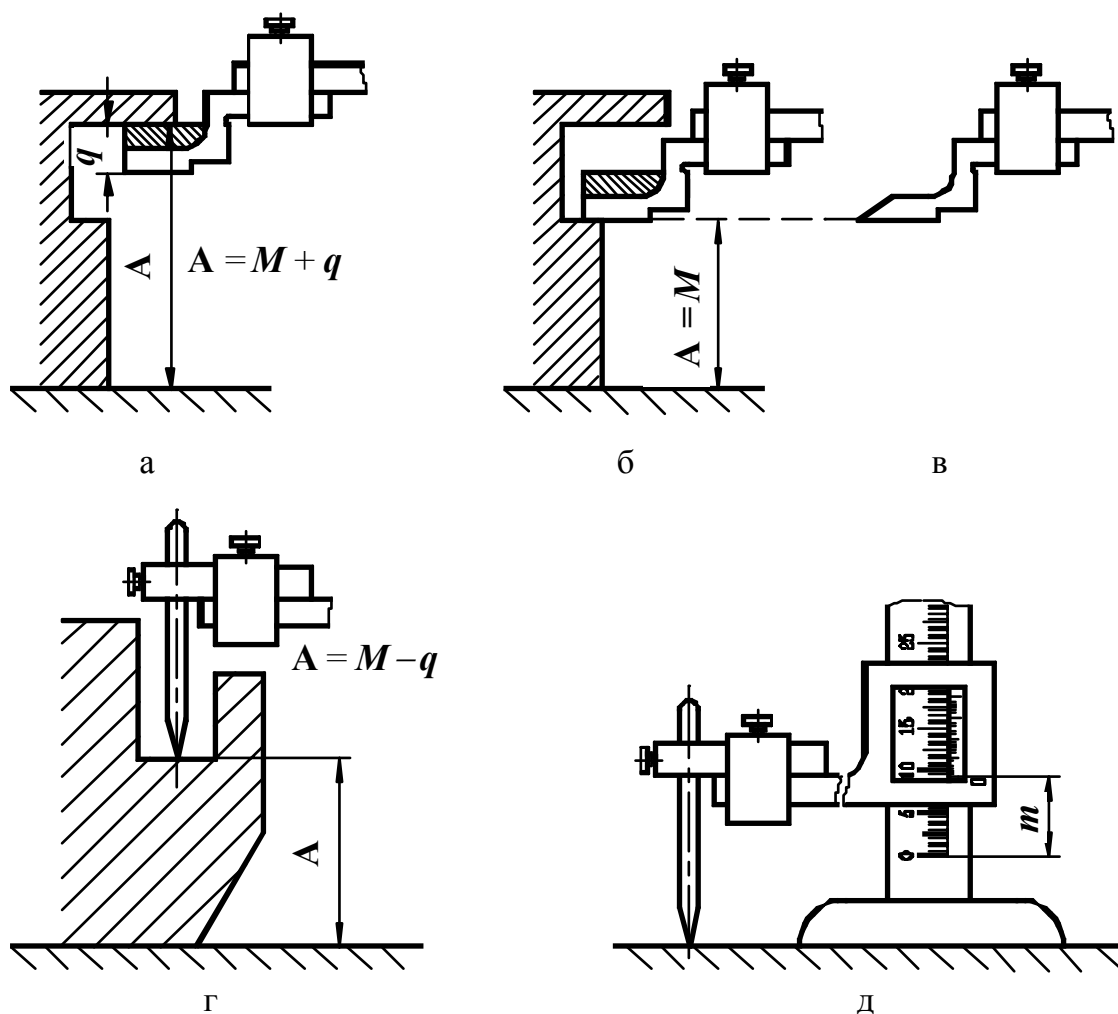


Рис. 16. Примеры применения штангенрейсмаса для измерения размеров элементов соответственно: а – внутренних; б, в – наружных; г, д – трудно-доступных; A – измеряемый размер; M – показание штангенрейсмаса; q – толщина ножки; m – показание штангенрейсмаса при установке измерительной ножки на уровне основания

иглы находится в одной плоскости с плоскостью основания (см. рис. 16, д). Если глубина впадины небольшая, иглу устанавливают в рамке так, чтобы величина m была равна нулю.

Для измерения размера изделия штангенрейсмасом необходимо (см. рис. 15):

- открепить рамки 4 и 8;
- установить ножку приблизительно на необходимый размер;
- при помощи микровинта 6 осторожно переместить поверхность ножки до соприкосновения ее с измеряемым изделием;
- закрепить стопорный винт 10 рамки 4;
- считать показания штангенрейсмаса.

4.4.2. Поверка средств измерения длины

Штангенинструменты и микрометрические инструменты относятся к СИ, которые по действующему законодательству подлежат государственному метрологическому контролю и надзору и должны подвергаться поверке.

Поверка СИ заключается в установлении органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

СИ подвергаются первичной (при выпуске из производства или после ремонта), периодической (в процессе эксплуатации через установленные межповерочные интервалы времени), внеочередной, инспекционной и экспертной поверкам.

При проведении поверки штангенинструментов должны выполняться следующие операции: внешний осмотр, опробование, определение метрологических характеристик (погрешности показаний, отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок и др.). Одной из основных метрологических характеристик является погрешность показаний инструмента.

Оценка погрешности показаний СИ производится в соответствии с поверочной схемой.

Поверочная схема – это нормативный документ, устанавливающий соподчинение СИ, участвующих в передаче размера единицы от эталона рабочим СИ (с указанием методов и погрешности при передаче).

Различают государственные и локальные поверочные схемы. Государственная поверочная схема распространяется на все СИ данной ФВ, имеющиеся в стране. Локальная поверочная схема распространяется на СИ данной ФВ, применяемые в регионе, отрасли, ведомстве или на отдельном предприятии (в организации). На рис. 17 приведена локальная поверочная схема для СИ длины микрометрическими и штангенинструментами.

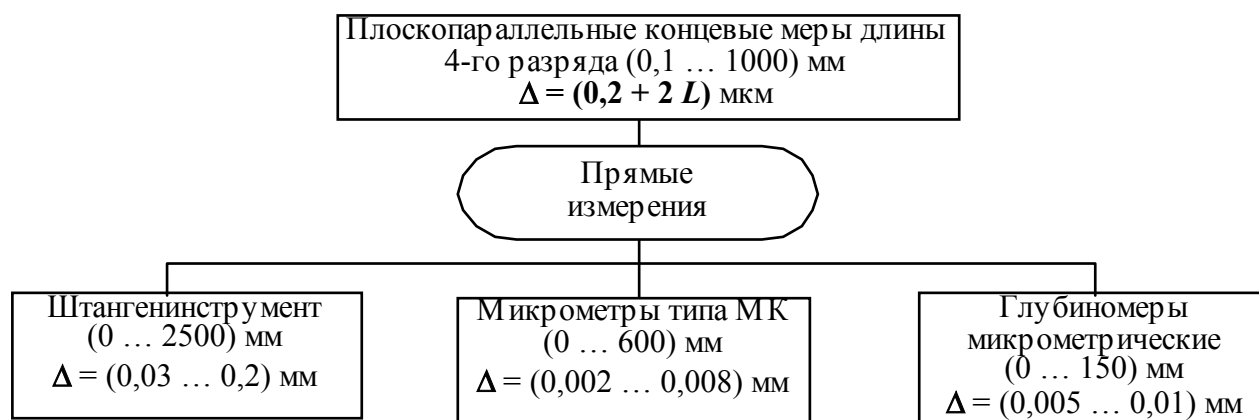


Рис. 17. Локальная поверочная схема для средств измерения длины
(L – числовое значение длины в метрах)

4.4.3. Определение погрешности показаний штангенинструментов

Оценка погрешности штангенинструментов является одной из операций, выполняемых при проведении поверки инструмента (см. п. 4.4.2). В лабораторной работе определение погрешности штангенинструментов проводится на примере штангенциркулей ШЦ-I или ШЦ-II.

Погрешность штангенциркулей определяют по плоскопараллельным концевым мерам длины не грубее 3 класса точности или пятого разряда. Блок концевых мер длины помещают между измерительными поверхностями губок штангенциркуля. Усилие сдвигания губок должно обеспечивать нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер длины при опущенном стопорном винте рамки. Длинное ребро измерительной поверхности губки должно быть перпендикулярно к длинному ребру концевой меры длины и находиться в середине измерительной поверхности.

У штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, погрешность определяют в трех точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса. Например, при поверке штангенциркулей ШЦ-I используют концевые меры длины следующих размеров: 21,2; 71,5; 101,6 мм.

В каждой из поверяемых точек погрешность определяют при зажатом стопорном винте рамки, при этом должно сохраняться нормальное скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер.

Несовпадение штрихов основной шкалы и шкалы нониуса равно погрешности штангенциркуля в поверяемой точке, которая не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 166 (табл. 17).

Одновременно проверяют нулевую установку штангенциркуля.

Для штангенциркулей типа ШЦ-I класса точности 1 при сдвинутых до соприкосновения губках смещение штриха нониуса должно быть в плюсовую сторону. Смещение нулевого штриха определяют при помощи концевой меры длиной 1,05 мм, которую перемещают между измерительными поверхностями губок. При этом показание штангенциркуля должно быть не более 1,1 мм. Для штангенциркулей класса точности 2 допускается смещение нулевого штриха нониуса до минус 0,1 мм при сдвинутых до соприкосновения губок.

17. Допускаемая погрешность измерения штангенциркулей (ГОСТ 166)

Измеряемая длина	Предел допускаемой погрешности (\pm), мм							
	При значении отсчета по нониусу			С ценой деления круговой шкалы отсчетного устройства				С шагом дискретности цифрового отсчетного устройства
	0,05	0,1 для класса точности		0,02	0,05	0,1 для класса точности		
		1	2			1	2	
До 100	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,05	0,08	0,01
Св. 100 до 200				0,004				0,03
Св. 200 до 300								

Примечание. Погрешность штангенциркуля не должна превышать значений, указанных в таблице, при температуре $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ при поверке их по плоскопараллельным концевым мерам длины из стали.

4.4.4. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

Оценка точности штангенциркуля

– Изучают устройство штангенциркуля.

– Изучают виды поверок и поверочных схем средств измерения длины по п. 4.4.2.

– Проверяют установку нуля штангенциркуля. При смещении нулевых штрихов основной шкалы и шкалы нониуса штангенциркуль к применению не допускают и отправляют в ремонт.

– Определяют погрешность показаний штангенциркуля при помощи концевых мер с размерами по п. 4.4.3. В соответствии с поверочной схемой на рис. 17, отсчет производят до сотых долей мм. При поверке штангенциркулей класса точности 1 с значением отсчета по нониусу 0,1 мм несовпадение штрихов основной шкалы и шкалы нониуса, соответствующих действительному размеру блока концевых мер, измеряют при помощи микроскопа (инструментального или универсального измерительного).

– Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 18.

– Дают заключение о годности штангенциркуля, для чего сравнивают полученные результаты с нормами допускаемых отклонений по ГОСТ 166 (см. табл. 17). При получении отрицательного результата штангенциркуль изымают из эксплуатации и направляют в ремонт.

18. Результаты определения погрешности показаний штангенциркуля

Размер блока концевых мер, мм			
Показания штангенциркуля, мм			
Погрешность, мм			
Наибольшая погрешность, мм			
Допускаемая погрешность, мм			
Заключение о годности штангенциркуля			

Измерение штангенциркулем линейного размера детали

– Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера. Характеристику размера заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 19.

19. Результаты измерения линейного размера штангенинструментом

Характеристика размера				Результаты единичных измерений x_i , мм	\bar{x} , мм	Результат измерения, мм
Обозначение размера	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм				Допуск $T$, мм
	$EI (ei)$	$ES (es)$				
Заключение о годности детали						

– Изучают устройство штангенинструментов.

– Выбирают необходимый штангенинструмент, его метрологическую характеристику заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 9.

– Измеряют заданный размер (см. п. 4.4.2) с числом единичных измерений $n \geq 7$. Результаты единичных измерений x_i заносят в таблицу (см. табл. 19).

- Вычисляют среднее арифметическое \bar{x} результатов единичных измерений.
- Исключают промахи (см. методику, изложенную в разделе 2) и определяют окончательное значение \bar{x} .
- Представляют результат измерения в виде $A \pm \Delta_{lim}$, где $A = \bar{x}$, Δ_{lim} – предельная погрешность штангенинструмента.
- Дают заключение о годности детали по заданному размеру.

4.4.5. Контрольные вопросы

1. Как называется отсчетное устройство штангенинструментов ?
2. Как устроен нониус ?
3. Каково назначение штангенциркуля, штангенглубиномера, штангенрейсмаса ?
4. Какие типы штангенциркулей Вы знаете ?
5. Назовите основные части штангенинструментов.
6. Дайте характеристику вида и метода измерения использованным штангенинструментом.
7. Какова метрологическая характеристика использованного штангенинструмента ?
8. Приведите методику оценки погрешности показаний штангенинструментов.
9. В каком виде представляют результат измерения штангенинструментом ?
10. Дайте определение поверки.
11. Какие виды поверок Вы знаете ?
12. Какие виды поверочных схем вы знаете ?
13. Опишите локальную поверочную схему для средств измерения длин.

4.4.6. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 175 – 178].
2. [4, с. 204 – 232].
3. [9, с. 164 – 168].
4. [10, с. 42 – 44, 252 – 256].
5. [12, с. 117].

4.5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОМЕТРИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Цель работы: изучение методики и техники определения погрешности показаний микрометра и измерения линейных размеров микрометрическими инструментами.

Задание:

– Определить погрешность показаний микрометра и дать заключение о его годности.

– С помощью микрометра измерить заданный размер детали и дать заключение о ее годности.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: микрометр гладкий МК25-1 или МК50-1, микрометр с цифровым электронным отсчетом МКЦ75, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.5.1. Устройство и эксплуатация микрометрических инструментов

К микрометрическим измерительным инструментам относятся микрометры для измерений размеров наружных элементов, микрометры для измерений размеров внутренних элементов, микрометрические нутромеры, микрометрические глубиномеры и специальные микрометры (для измерения толщины труб, листов и пр.).

Отсчетное устройство микрометрических инструментов

Принцип действия отсчетного устройства всех микрометрических инструментов основан на преобразовании угловых перемещений в линейные при помощи винтовой пары. В этой паре осевое перемещение барабана 3 (рис. 18, а, б) и винта 5 за каждый оборот барабана равно шагу винта.

Если на стебле 4, относительно которого вращается барабан, нанести деления через каждый шаг, то по полученной шкале 11 можно легко определить целое число оборотов винта 5. Для того, чтобы установить долю пройденного деления, на коническом срезе барабана 3 нанесена дополнительная шкала 10, содержащая n делений. Поворот барабана на одно деление этой шкалы вызывает осевое перемещение винта на $1/n$ часть шага.

Таким образом, цена деления барабана определяется из уравнения

$$i = \frac{t}{n}, \quad (27)$$

где t – шаг винта; n – число делений на срезе барабана.

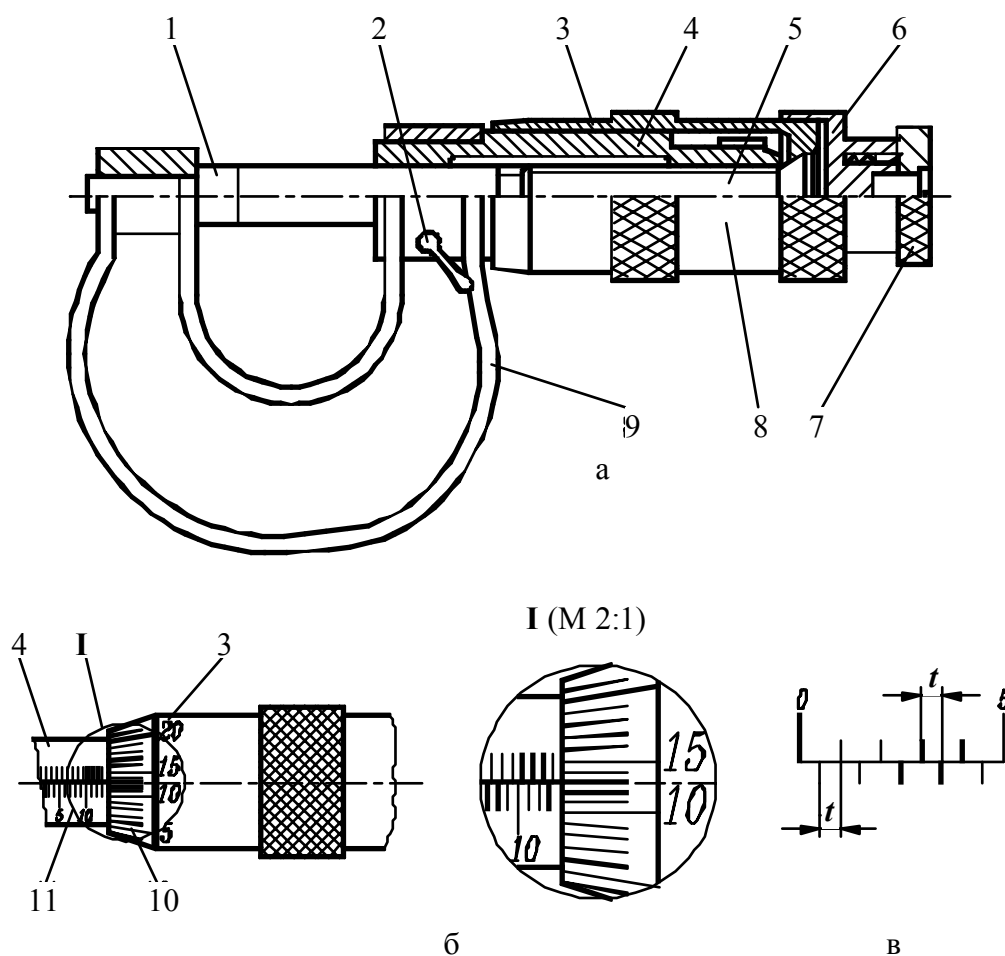


Рис. 18. Микрометр: 1 – пятка; 2 – стопорное устройство; 3 – барабан; 4 – стемель; 5 – микрометрический винт; 6 – установочный колпачок; 7 – трещоточное устройство; 8 – микрометрическая головка; 9 – скоба; 10,11 – шкалы микрометра

В большинстве случаев у микрометрических инструментов, число делений на срезе барабана равно 50, тогда при $t = 0,5$ мм цена деления инструмента будет равна 0,01 мм.

У всех микрометрических инструментов на стемеле нанесены две миллиметровые шкалы, из которых одна расположена над продольной чертой стемеля, а другая – под чертой (рис. 18, в). Верхняя шкала сдвинута относительно нижней на размер шага винта, т.е. на 0,5 мм. Целое число миллиметров отсчитывается по основной шкале (с пронумерованными штрихами), а половины миллиметров – по вспомогательной. Доли же миллиметра устанавливаются по числу делений на барабане. Отсчет на рис. 18, б соответствует 13,63 мм.

У всех микрометрических инструментов длина винта не превышает 25 мм, так как в противном случае накопленная ошибка по шагу может оказаться больше точности отсчитывающего устройства.

Любой из современных микрометров имеет скобу 9 (см. рис. 18, а), на левом конце которой запрессована жесткая пятка 1, оканчивающаяся измерительной поверхностью. На правом конце скобы смонтирована микрометрическая головка 8, состоящая из ряда узлов вспомогательного назначения. С микрометрической головкой 8 связаны микровинт 5, гладкая часть (подвижная пятка) которого оканчивается измерительной поверхностью, и трещоточное устройство 7, обеспечивающее постоянство измерительного усилия. Стопорное устройство 2 служит для закрепления микровинта, когда отсчет производится после снятия микрометра с изделия, и для установки микрометра на нуль.

Установку микрометров с диапазоном измерений свыше 25 мм на нуль производят по установочным калибрам.

Микрометры для внутренних измерений [1, 11] предназначены для измерения диаметров отверстий, ширины пазов и выемок.

Для измерения внутренних размеров свыше 50 мм применяют микрометрические нутромеры. Для увеличения диапазона измерения нутромеров используют удлинители.

Кроме того существуют микрометры специального назначения.

Технические характеристики микрометров приведены в [1, 3, 4, 11].

Измерение микрометром

При правильной установке микрометра нулевой штрих барабана совпадает с продольным отсчетным штрихом на стебле, а начальный штрих основной шкалы 0, 25 мм и др. в зависимости от диапазона измерений виден полностью.

Если указанные штрихи не совпадают, то микрометр требуется перенастроить. Для этого у микрометра с диапазоном измерения 0 ... 25 мм вращают микровинт за трещотку, доводя измерительные плоскости пятки и микровинта до соприкосновения, и в таком положении стопорят микровинт. Если же необходимо установить микровинт с диапазоном измерений больше 25 мм, то между измерительными поверхностями пятки и микровинта зажимают соответствующий установочный калибр или концевую меру.

Дальнейшая настройка микровинтов осуществляется следующим образом. Поворачивая установочный колпачок 6 (см. рис. 18, а) не более чем на пол оборота, освобождают барабан. После освобождения барабана разъединяют его с микровинтом. Для этого барабан сдвигают вдоль стебля до появления щелчка. Барабан поворачивают до совмещения его нулевого штриха с продольным отсчетным штрихом. После этого, придерживая барабан, закрепляют его установочным колпачком.

Перед началом измерений расстояние между измерительными поверхностями устанавливают так, чтобы оно было больше измеряемой величины. Уста-

новку следует вести путем вращения барабана в ту или другую сторону, не забыв отстопорить микровинт. В противном случае барабан провернется и настройка микрометра будет нарушена.

При измерении микрометр устанавливают на изделие и, вращая микровинт за трещотку, зажимают изделие между измерительными поверхностями. После того как трещотка прекратит проворачиваться, снимают показания.

4.5.2. Оценка точности микрометра

Определение погрешности показаний микрометра

Определение погрешностей показаний микрометра (поверка микрометра) производится с помощью плоскопараллельных концевых мер не грубее второго класса точности или пятого разряда не менее, чем по шести размерам, включая нулевое показание (см. рис. 17). Размеры для оценки выбирают так, чтобы проверить шкалу стебля и шкалу барабана на всей ее протяженности; в средней части основной шкалы проверяют показания шкалы барабана через 5,12 мм (табл. 20). Проводят проверку показаний микрометра по каждому контролируемому размеру, для чего подбирают блок плоскопараллельных концевых мер соответствующего размера (см. п. 4.3.4).

20. Рекомендуемые для проверки точки шкалы микрометра

Диапазон измерений микрометра	0 ... 25 мм	Свыше 25 мм*
Рекомендуемые точки шкалы, по которым производится проверка	0	$A + 0$
	5,12	$A + 5,12$
	10,24	$A + 10,24$
	15,36	$A + 15,36$
	21,50	$A + 21,50$
	25	$A + 25$

* A – наименьший размер, измеряемый микрометром

Определение отклонения от параллельности измерительных плоскостей микрометра

Отклонение от параллельности измерительных плоскостей микрометра измеряют с помощью плоскопараллельных концевых мер в двух взаимно перпендикулярных направлениях (**а – б** и **в – г**) путем определения разности размеров **а** и **б** и разности размеров **в** и **г**. Размер блока концевых мер принимают

равным среднему из наибольшего и наименьшего размеров, измеряемых микрометром. Для микрометра с диапазоном измерений 0 ... 25 мм рекомендуется брать размер 12 ... 13 мм. При измерении размеров **а**, **б**, **в** и **г** касание измерительных поверхностей микрометра с блоком концевых мер ограничивается сегментом с высотой, равной приблизительно $\frac{1}{4}$ диаметра (рис. 19).

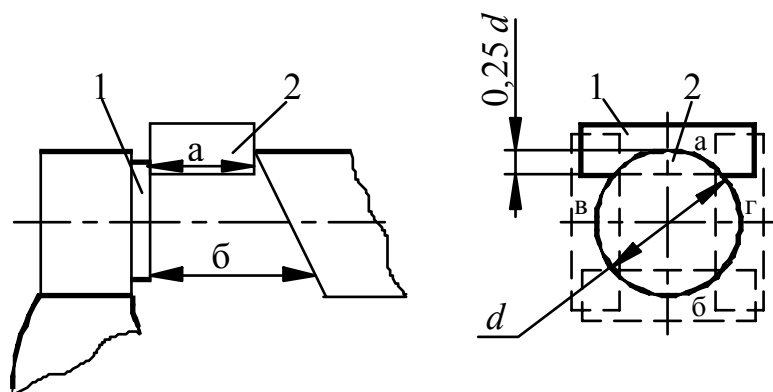


Рис. 19. Схема проверки точности микрометра: 1 – пятка; 2 – блок концевых мер

Погрешность показаний и отклонение от параллельности измерительных плоскостей микрометра не должны превышать значений, установленных в ГОСТ 6507 (табл. 21 и 22).

21. Предел допускаемой погрешности микрометра в любой точке диапазона измерений (ГОСТ 6507)

Тип микрометра	Верхний предел измерений микрометра, мм	Предел допускаемой погрешности микрометра с отсчетом показаний, мкм				
		По шкалам стебля и барабана классов точности		По шкалам стебля и барабана с нониусом	По электронному цифровому устройству классов точности	
		1	2		1	2
МК	25	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$
	50	$\pm 2,5$		$\pm 2,0$		
	75			$\pm 3,0$	$\pm 3,0$	
	100			$\pm 3,0$		

Примечание. Допускаемое отклонение температуры в любой точке диапазона измерения от 0 до 150 мм ± 4 °С.

22. Допуск параллельности измерительных поверхностей (ГОСТ 6507)

Тип микрометра	Верхний предел измерений микрометра, мм	Допуск параллельности плоских измерительных поверхностей микрометра, мкм, классов точности	
		1	2
МК	25	1,5	2,0
	50	2,0	
	75, 100	3,0	3,0

4.5.3. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

Оценка точности микрометра

– Изучают устройство микрометра.

– Изучают виды проверок и поверочных схем средств измерения длины по п. 4.4.2.

– Проверяют установку нуля микрометра. При несовпадении нулевых штрихов на стебле и барабане проводят настройку микрометра в соответствии с п. 4.5.2.

– Определяют погрешность показаний микрометра при измерении блоков концевых мер с размерами по табл. 20. В соответствии с поверочной схемой (см. рис. 17), каждое измерение проводят с числом наблюдений $n \geq 3$. Отсчет производят до тысячных долей мм (тысячные доли мм отсчитывают, как доли делений шкалы барабана). Погрешность определяют, как наибольшее отклонение действительного размера блока концевых мер от номинального.

Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 23.

23. Результаты определения погрешности показаний микрометра

Измеряемый размер, мм	$A + 0$	$A + 5,12$	$A + 10,24$	$A + 15,36$	$A + 21,50$	$A + 25$
1	2	3	4	5	6	7
Результат единичного измерения, мм						
Среднее значение, мм						

1	2	3	4	5	6	7
Отклонение, мм						
Погрешность микрометра, мм						
Допускаемая погрешность, мм						
Заключение о годности микрометра по погрешности показаний						

– Определяют отклонение от параллельности измерительных плоскостей микрометра, для чего выполняют измерение блока концевых мер по схеме, показанной на рис. 16. В каждом положении измерение выполняют с числом единичных измерений $n \geq 3$. Разность средних арифметических значений в положении **а** и в положении **б** (аналогично в положениях **в** и **г**) есть отклонение от параллельности в направлении **а – б** (**в – г**).

– Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 24.

– Дают заключение о годности микрометра, для чего сравнивают полученные результаты с допускаемыми погрешностями по ГОСТ 6507, приведенными в табл. 21 и 22.

24. Результаты измерения отклонений от параллельности измерительных плоскостей микрометра

Измеряемый размер, мм	а	б	в	г
Результат единичного измерения, мм				
Среднее значение, мм				
Отклонение от параллельности, мм				
Допускаемое отклонение от параллельности, мм				
Заключение о годности микрометра по параллельности измерительных плоскостей				

Измерение микрометром линейного размера детали

– Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера. Характеристику размера заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 25.

25. Результаты измерения линейного размера микрометром

Обозначение размера	Характеристика размера			Допуск T , мм	Результаты единичных измерений x_i , мм	\bar{x} , мм	Результат измерения, мм
	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм				
	$ES(es)$	$EI(ei)$					
Заключение о годности детали							

– Выбирают необходимый микрометр, его метрологическую характеристику заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 9.

– Измеряют заданный размер (см. п. 4.5.1) с числом единичных измерений $n \geq 7$. Результаты измерений x_i заносят в таблицу (см. табл. 25).

– Вычисляют среднее арифметическое \bar{x} результатов единичных измерений.

– Исключают промахи (см. методику, изложенную в разделе 2) и определяют окончательное значение \bar{x} .

– Представляют результат измерения в виде $A \pm \Delta_{lim}$, где $A = \bar{x}$, Δ_{lim} – предельная погрешность микрометра.

– Дают заключение о годности детали по заданному размеру.

4.5.4. Контрольные вопросы

1. Какие виды микрометрических инструментов Вы знаете ?
2. На чем основан принцип действия микрометрических инструментов ?
3. Сколько отсчетных шкал имеют микрометрические инструменты и каково их назначение ?
4. Назовите основные части микрометров.
5. Изложите методику оценки точности микрометров.
6. Дайте характеристику вида и метода измерения микрометром.
7. Какова метрологическая характеристика использованного микрометра ?

8. В каком виде представляют результат измерения микрометром ?
9. Дайте определение поверки.
10. Какие виды поверок Вы знаете ?
11. Какие различают поверочные схемы ?
12. Опишите локальную поверочную схему для средств измерения длин.

4.5.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 175 – 179].
2. [4, с. 204 – 232].
3. [9, с. 164 – 168].
4. [10, с. 42 – 44, 252 – 256].
5. [12, с. 117 – 118].

4.6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ОПТИМЕТРЕ

Цель работы: изучение методики и техники измерения линейных размеров деталей на вертикальном оптиметре.

Задание: на вертикальном оптиметре измерить заданный размер детали и дать заключение о годности детали по этому размеру.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: вертикальный оптиметр ИКВ, штангенциркуль ШЦ-I или ШЦ-II, набор плоскопараллельных концевых мер длины, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.6.1. Вертикальный оптиметр ИКВ

Устройство оптиметра

Вертикальный оптиметр относится к группе механических измерительных приборов. Работа таких приборов основана на применении наряду с механическим так называемого оптического рычага.

Вертикальный оптиметр предназначен для прямых относительных измерений линейных размеров наружных элементов деталей контактным методом.

Техническая характеристика прибора

– Диапазон измерений:	
длин, мм	0 ... 180
диаметров, мм	0 ... 150
– Диапазон показаний, мм	$\pm 0,1$
– Цена деления шкалы, мм	0,001
– Измерительное усилие, г	200 ± 20
– Предельная погрешность, мкм, на участке шкалы, мм	
от 0 до $\pm 0,06$	$\pm 0,2$
св. $\pm 0,06$	$\pm 0,3$

Вертикальный оптиметр (рис. 20) состоит из массивного основания 15, в котором закреплена стойка 9. На стойке установлен кронштейн 10, который в требуемом положении закрепляется стопорным винтом 11. В кронштейне 10 установлена трубка оптиметра, фиксируемая винтом 5. Кронштейн 10 перемещают в вертикальном направлении относительно стойки с помощью гайки 12 при отstopоренном винте 11, а стол 3 – с помощью гайки 1 при отstopоренном винте 14. Установочные винты 2 предназначены для выверки положения плоской рифленой поверхности стола 3 относительно оси измерения. Зеркальце 8 предназначено для направления пучка света от какого-либо источника в осветительную щель прибора, а окуляр 7 – для наблюдения за шкалой прибора (рис. 21).

Форму наконечника 4 (см. рис. 20) (плоскую, ножевидную или сферическую) выбирают в зависимости от формы измеряемой поверхности так, чтобы поверхность контакта между изделием и наконечником была минимальной.

Измерение на оптиметре

По чертежу измеряемого объекта, по маркировке на самом объекте или по результату предварительного измерения штангенциркулем определяют размер детали (номинальный, предельный или приблизительный действительный). Учитывая пределы измерений по шкале прибора, подбирают блок концевых мер (см. п. 4.3.4), по которому прибор должен быть установлен на нуль.

За нулевое деление обычно принимают штрих шкалы, отмеченный цифрой «0». В случае необходимости за нуль может быть принят какой-либо другой штрих шкалы, лежащий в ее центральной части (см. рис. 21).

Блок концевых мер нижней измерительной поверхностью притирают к столу 3 оптиметра.

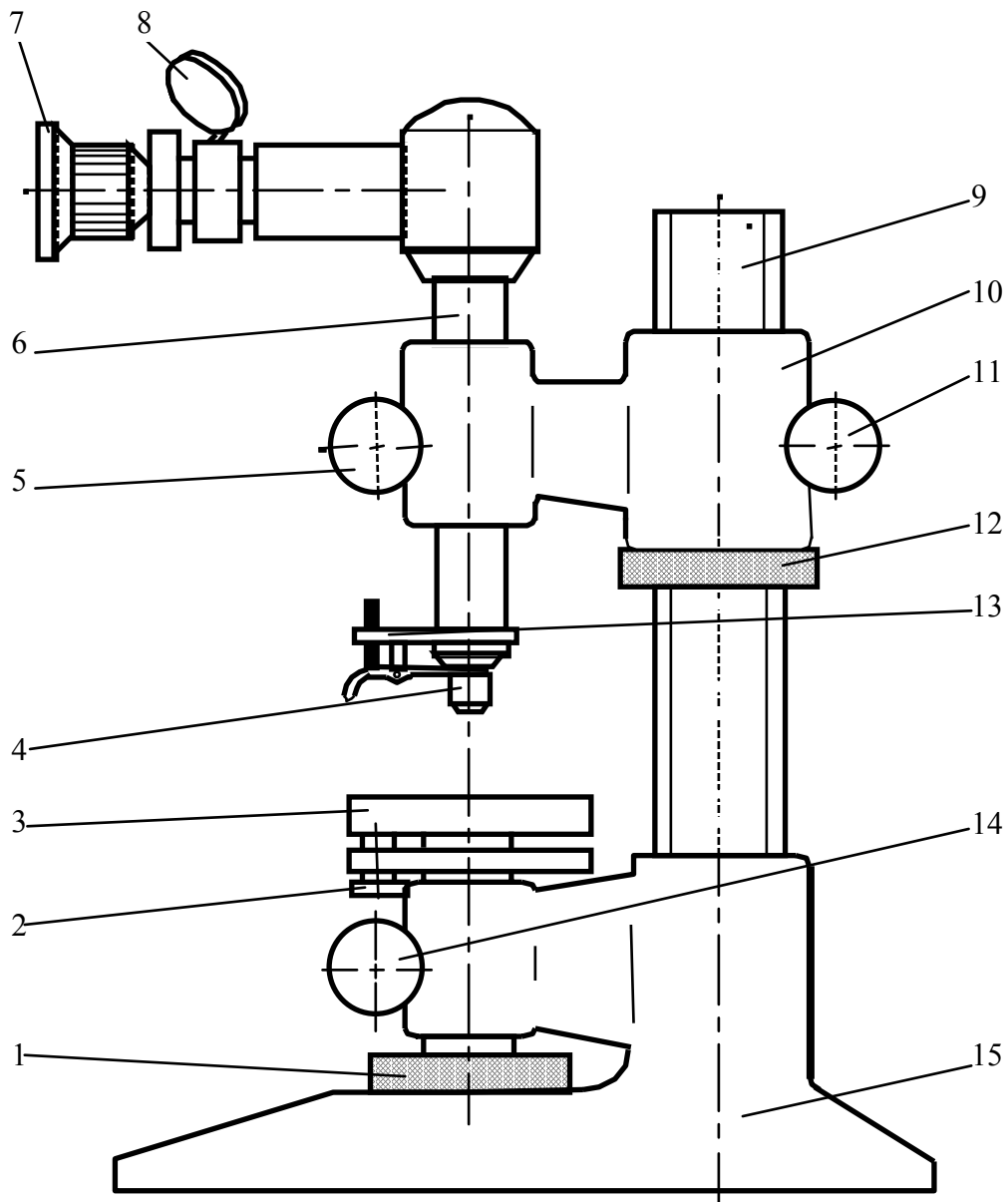


Рис. 20. Общий вид вертикального оптиметра: 1, 12 – гайки; 2 – установочные винты; 3 – стол; 4 – измерительный наконечник; 5, 11, 14 – стопорные винты; 6 – трубка оптиметра; 7 – окуляр; 8 – зеркальце; 9 – стойка; 10 – кронштейн; 13 – арретир; 15 – основание



Рис. 21. Шкала оптиметра

Вращением осветительного зеркальца 8 (см. рис. 20) пучок света направляют в осветительную щель. Через окуляр 7 должно быть видно светлое освещенное поле и часть шкалы. Отстопорив винт 14, вращением гайки 1 переводят стол 3 почти в самое нижнее положение и затем, отстопорив винт 11, вращением гайки 12 опускают кронштейн 10 до соприкосновения измерительного наконечника 4 с верхней плоскостью блока. Момент касания будет заметен по движению изображения шкалы в поле зрения окуляра. Кронштейн следует опускать плавно, не допуская удара наконечника о блок.

Постепенным вращением гайки 12 доводят изображение шкалы до положения, когда нулевой штрих ее установится либо против, либо немного ниже неподвижного указателя. После этого кронштейн закрепляют в данном положении винтом 11. Окончательная установка шкалы на нуль производится следующим образом: при отстопоренном винте 14 вращением гайки 1 поднимают стол до тех пор, пока против неподвижного указателя установится нулевой штрих шкалы. После этого винтом 14 закрепляют положение стола. Нулевую установку прибора следует проверить, приподнимая и опуская 2-3 раза наконечник арретиром 13. Если после арретирования изображение шкалы не будет возвращаться в исходное положение, следует отстопорить винт 14 и установить прибор на нуль.

Установив окончательно шкалу на нуль, арретиром 13 приподнимают наконечник 4 и, удалив со стола блок концевых мер, заменяют его объектом измерения.

Смещение нулевого (или принятого за нулевой) штриха шкалы относительно неподвижного указателя указывает на отклонение измеряемого размера от размера блока. Величина отклонения (показание прибора) может иметь как положительный, так и отрицательный знак (на это укажут знаки плюс «+» или минус «-», имеющиеся по обеим сторонам от нулевого штриха шкалы).

Если объект измерений имеет цилиндрическую форму, то во избежание перекоса следует плотно прижимать его двумя пальцами к столику и, слегка прокатывая его под наконечником, следить за движением шкалы. Наибольшее показание будет соответствовать размеру диаметра.

Действительный размер детали будет равен алгебраической сумме размера блока и показания прибора.

4.6.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера.
- Изучают устройство оппиметра.

- Измеряют заданный размер штангенциркулем.
- Подбирают блок концевых мер с размером, соответствующим измеренному.
- Выполняют измерение заданного размера на оптиметре (см. п. 4.6.1) с числом единичных измерений $n \geq 5$.
- Результаты измерения и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 26.
- Дают заключение о годности детали по заданному размеру.

26. Результаты измерений

Размер детали, определенный по чертежу или измеренный штангенциркулем, мм	Размер блока концевых мер, мм	Показание оптиметра при установке блока концевых мер, мкм	Показание оптиметра при измерении детали, мкм	Размер детали в данной точке, мм	Средний размер детали, мм
Заключение о годности					

4.6.3. Контрольные вопросы

1. Каково назначение вертикального оптиметра ?
2. Какова метрологическая характеристика вертикального оптиметра ?
3. Назовите основные узлы и детали оптиметра.
4. Дайте характеристику вида и метода измерения линейных размеров на вертикальном оптиметре.
5. Как определяют размер блока концевых мер, необходимого для измерения линейных размеров относительным методом ?
6. На каком принципе основана работа оптиметра ?
7. Какова форма и условия применения измерительных наконечников оптиметра ?

4.6.4. Рекомендуемая литература

1. [12, с. 120, 121].

4.7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

КАЛИБРОВ-ПРОБОК НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ОПТИМЕТРЕ

Цель работы: изучение методики расчета предельных размеров калибров-пробок, методики и техники измерения действительных размеров калибров-пробок на горизонтальном оптиметре ИГК.

Задание: рассчитать предельные размеры гладких калибров-пробок Р–ПР и Р–НЕ, измерить их действительные размеры и дать заключение о годности калибров.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: горизонтальный оптиметр ИГК, штангенциркуль ШЦ-I, набор плоскопараллельных концевых мер длины, объект измерения – гладкий цилиндрический калибр-пробка.

4.7.1. Общие сведения о калибрах

В массовом и серийном производствах наиболее распространенным способом контроля точности линейных размеров деталей является контроль гладкими калибрами. Виды гладких нерегулируемых калибров для контроля цилиндрических отверстий и валов устанавливает ГОСТ 24851. Допуски на мерительные поверхности гладких калибров устанавливают для размеров до 500 мм по ГОСТ 24853, а для размеров 500 ... 3150 мм по ГОСТ 24852. Предельные и исполнительные размеры рассчитывают по формулам ГОСТ 24853 [1, 3, 4, 6].

Для контроля точности изготовления гладких калибров-скоб (Р–ПР и Р–НЕ), а также для контроля момента полного износа проходного калибра-скобы (Р–ПР) в процессе эксплуатации используют контрольные калибры (соответственно калибры К–РП, К–НЕ и К–И). Размеры калибров – пробок при изготовлении и в процессе эксплуатации проверяют универсальными СИ, в частности используют для этой цели оптико-механические приборы, например, горизонтальные оптиметры.

4.7.2. Горизонтальный оптиметр ИГК

Устройство оптиметра

Горизонтальный оптиметр ИГК также, как и вертикальный оптиметр ИКВ, относится к группе оптико-механических измерительных приборов и предназначен для прямых относительных измерений линейных размеров наружных и внутренних элементов деталей контактным методом.

Техническая характеристика прибора

– Диапазон измерений:	
наружных размеров, мм	0 ... 350
внутренних размеров, мм	13,5 ... 150
– Диапазон показаний, мм	$\pm 0,1$
– Цена деления шкалы, мм	0,001
– Предельная погрешность, мкм, на участке шкалы, мм	
от 0 до $\pm 0,06$	$\pm 0,2$
св. $\pm 0,06$	$\pm 0,3$

Горизонтальный оптиметр (рис. 22) состоит из массивного основания 16, на котором закреплена направляющая 18. На ней установлены два подвижных кронштейна 11 и 20, которые в требуемом положении закрепляются стопорными винтами. В кронштейне 11 установлена трубка оптиметра 8, в кронштейне 20 – пиноль 2. Трубка оптиметра 8 и пиноль 2 в зависимости от размера объекта измерения фиксируются в определенном положении относительно кронштейнов 11 и 20 при помощи винтов 3.

Объект измерения устанавливают на стол 5 и закрепляют специальными пружинами. Вертикальное перемещение стола 5 осуществляют вращением маховика 17, поперечное перемещение стола – вращением винта 10. Продольное перемещение верхней части стола происходит свободно благодаря его установке на шариковых направляющих ("плавающий стол"). В необходимом вертикальном положении стол закрепляют винтом 15. Покачивание стола относительно горизонтальной оси производят эксцентриком при вращении маховика 13, фиксацию в требуемом положении – винтом 12. Поворот стола относительно вертикальной оси производят при помощи рукоятки 19.

На трубку оптиметра 8 устанавливают измерительный наконечник 6. Его форму (плоскую, ножевидную или сферическую) выбирают в соответствии с формой поверхности объекта измерения так, чтобы поверхность контакта между объектом измерения и наконечником была минимальной. Перемещение измерительного наконечника 6 в процессе измерения производят посредством арретира 7. Внутри пиноли 2 расположен регулируемый стержень с наконечником 4. Микрометрический винт 1 предназначен для точного регулирования положения наконечника 4 в осевом направлении. При помощи винта 21 фиксируют наконечник 4 в необходимом положении.

Винты 14 служат для закрепления ограничителей хода стола.

Окуляр 9 предназначен для наблюдения за шкалой прибора (см. рис. 21), которая имеет 200 делений, расположенных симметрично по обе стороны от нуля (по 100 делений с каждой стороны). Цена деления шкалы оптиметра равна 0,001 мм.

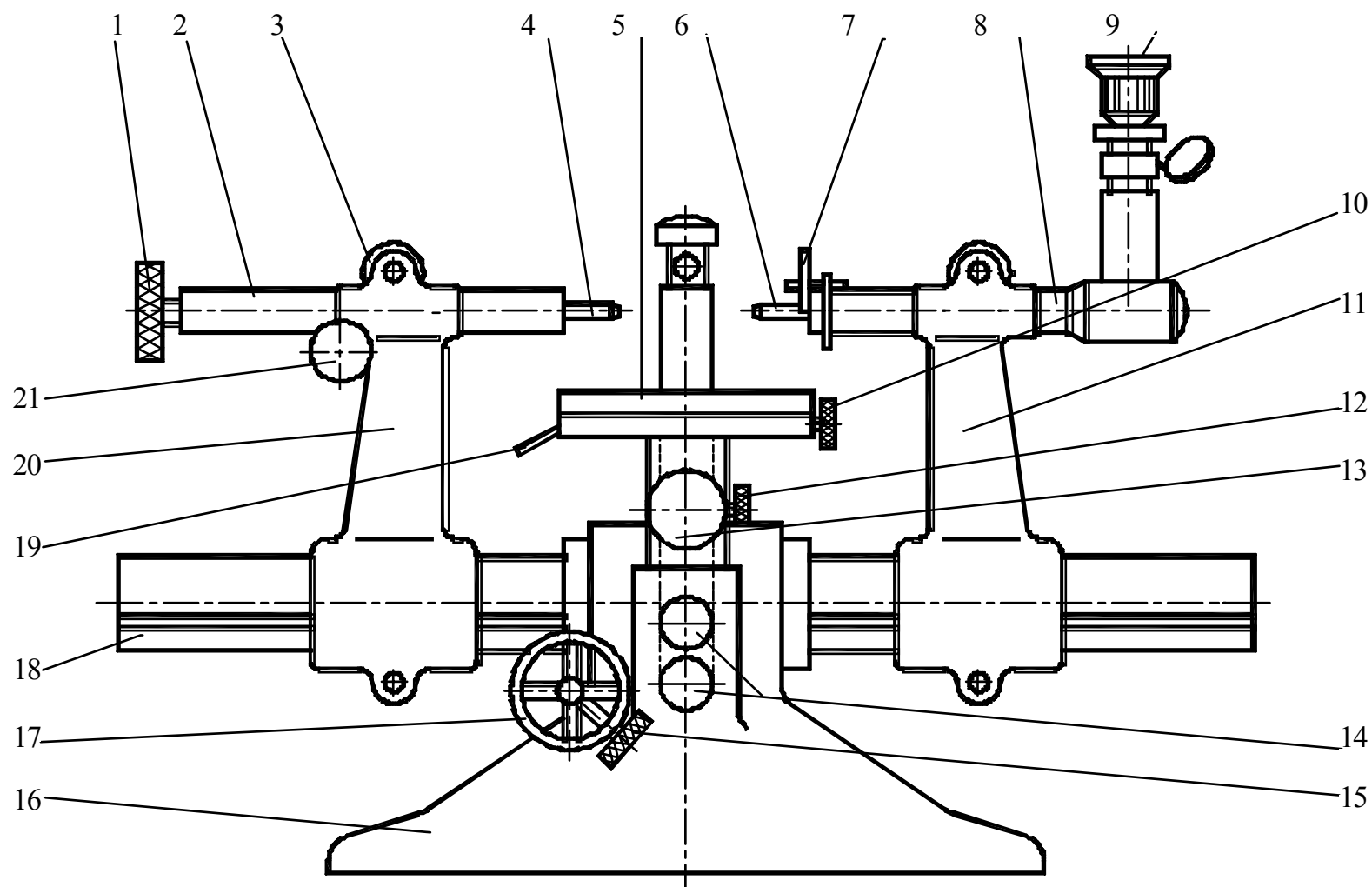


Рис. 22. Общий вид горизонтального оптиметра: 1 – микрометрический винт; 2 – пиноль; 3, 12, 14, 15, 21 – стопорные винты; 4, 6 – измерительные наконечники; 5 – стол; 7 – арретир; 8 – трубка оптиметра; 9 – окуляр; 10 – винт поперечного перемещения стола; 11, 20 – кронштейны; 13 – маховик покачивания стола; 16 – основание; 17 – маховик вертикального перемещения стола; 18 – направляющая; 19 – рукоятка поворота стола

Измерение на оптиметре

По маркировке на калибре или по результатам предварительного измерения определяют размер, соответствующий измеряемому (номинальный, предельный или приблизительный действительный). Учитывая диапазон показаний оптиметра, подбирают блок концевых мер (см. с. 4.3.4), по которому прибор должен быть установлен на нуль.

За нулевое деление обычно принимается штрих шкалы, отмеченный цифрой "0". В случае необходимости за нуль может быть принят также другой штрих шкалы, лежащий в ее центральной части (см. рис. 21).

Отстопорив винт 3 (см. рис. 22), пинольную трубку отодвигают так, чтобы расстояние между измерительными наконечниками 4 и 6 равнялось примерно размеру блока (при необходимости пинольную трубку перемещают вместе с кронштейном 20). Блок концевых мер устанавливают на стол 5 оптиметра и закрепляют струбциной. Затем стол 5 при отстопоренном винте 15 поднимают маховичком 17 до того уровня, когда средняя плоскость блока установится против измерительных наконечников. Перемещают пинольную трубку до соприкосновения наконечника 4 пиноли с блоком концевых мер и закрепляют винтом 3. Перемещают трубку оптиметра (при необходимости с кронштейном 11) до соприкосновения наконечника 6 с блоком концевых мер и закрепляют стопорным винтом. Момент касания блока концевых мер с измерительным наконечником будет замечен по движению шкалы в поле зрения.

Отстопорив винт 21, вращением головки 1 микровинта пиноли устанавливают шкалу оптиметра на нуль и снова стопорят пиноль винтом 3.

Для того, чтобы прибор был установлен на нуль по размеру блока, необходимо выверить положение блока при помощи поворотов столика вокруг горизонтальной и вертикальной осей:

- при помощи рукоятки 19 слегка поворачивают стол вокруг вертикальной оси и, наблюдая за показанием шкалы, устанавливают его в положении, соответствующем наименьшему показанию;
- при помощи маховика 13, при отстопоренном винте 12, слегка покачивают стол вокруг горизонтальной оси и стопорят снова винтом 12 при наименьшем показании шкалы.

Отстопорив винт 21 вторично, вращением головки 1 устанавливают шкалу на нуль. Для проверки правильности нулевой установки стол снова поворачивают вокруг горизонтальной и вертикальной осей так, как это указано выше. Наименьшее показание шкалы при обоих поворотах должно совпадать с нулевым делением.

После окончательной установки прибора на нуль отжимают арретиром 7 измерительный наконечник 6 и, отстопорив винт 15, маховичком 16 осторожно

опускают стол. Удалив с него блок концевых мер (или державку с боковичками и с блоком), помещают на стол измеряемый объект. Показание шкалы оптиметра будет равно отклонению размера измеряемого объекта от размера блока, по которому прибор был установлен на нуль. Измеряемый размер будет равен алгебраической сумме показания оптиметра и размера блока концевых мер.

Для нахождения требуемого размера следует произвести ряд перемещений стола 5. Так, например, при измерении цилиндрического объекта с осью, лежащей в вертикальной плоскости, для определения его диаметра следует поступательными перемещениями стола от себя и к себе, при помощи винта 10, найти наибольшее показание шкалы. Затем поворотом стола вокруг горизонтальной оси при помощи маховика 13 найти наименьшее показание.

При измерении цилиндрического объекта, ось которого лежит в горизонтальной плоскости перпендикулярно линии измерения, наибольшее показание находят при подъеме и опускании стола, а наименьшее – при повороте стола вокруг вертикальной оси при помощи рукоятки 19.

4.7.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз измеряемого калибра-пробки.
- Строят схему полей допусков отверстия и калибров для его контроля в соответствии с ГОСТ 25346 и ГОСТ 24853 [1, 3, 4, 6].
- Рассчитывают номинальные и предельные размеры проходной (Р–ПР) и непроходной (Р–НЕ) сторон калибра. Определяют исполнительные размеры обеих сторон калибра и указывают их на эскизе.
- Изучают устройство оптиметра.
- Подбирают блоки концевых мер (см. п. 4.3.4) с размерами, соответствующими номинальным размерам калибров Р-ПР и Р-НЕ.
- В соответствии с п. 4.7.2, выполняют последовательное измерение калибров Р-ПР и Р-НЕ. Измерения проводят в соответствии со схемой, показанной на рис. 23. Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 27.
- Рассчитывают действительные размеры проходной и непроходной сторон калибра-пробки, как алгебраическую сумму размера блока концевых мер и показаний оптиметра в соответствующем сечении.
- Результаты расчетов предельных и действительных размеров калибра-пробки заносят в таблицу (см. табл. 27).
- Дают заключение о годности калибра-пробки.

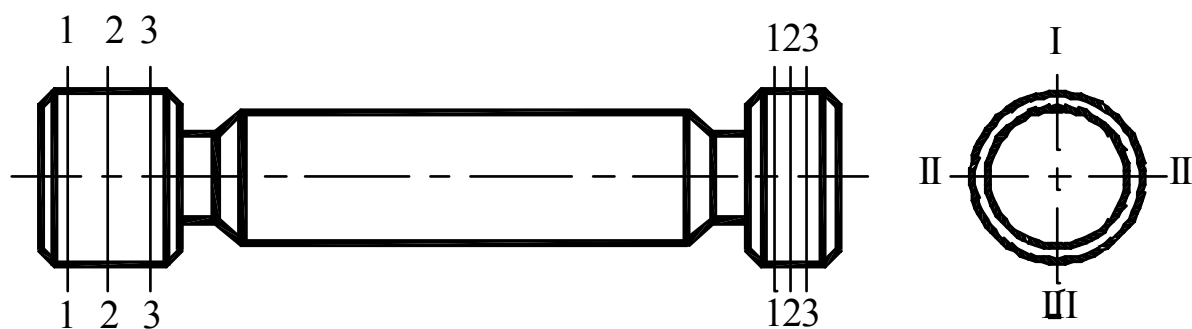


Рис. 23. Схема измерений гладкого цилиндрического калибра-пробки

27. Результаты измерений и расчетов

Сторона калибра	Действительный размер блока концевых мер, мм	Показание оптиметра при установке блока, мкм	Направление измерения	Показания оптиметра при измерении калибра, мкм			Размеры калибра, мм		
				Сечение			Сечение		
				1-1	2-2	3-3	1-1	2-2	3-3
Проходная Р-ПР			I-I						
			II-II						
Непроходная Р-НЕ			I-I						
			II-II						
Сторона калибра	Предельные размеры по ГОСТ, мм						Заключение о годности		
	наиб.	наим.	изнош.						
Проходная									
Непроходная						—			

4.7.4. Контрольные вопросы

1. Каково назначение гладких калибров ?
2. Какие виды калибров Вы знаете ?
3. Каким образом оценивают годность калибров-скоб и калибров-пробок ?
4. Каково назначение горизонтального оптиметра ?
5. Какова метрологическая характеристика горизонтального оптиметра ?
6. Назовите основные узлы и детали оптиметра.
7. На каком принципе основана работа оптиметра ?
8. Какова форма и условия применения измерительных наконечников оптиметра ?

9. Дайте характеристику вида и метода измерения линейных размеров на оптиметре ИГК.

10. Как определяют размер блока концевых мер, необходимого для измерения линейных размеров относительным методом ?

4.7.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 185 – 191].
2. [6, с. 64 – 74].
3. [12, с. 120, 121, 240 – 245].

4.8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ДЛИНОМЕРЕ

Цель работы: изучение методики и техники измерения линейных размеров деталей на вертикальном длиномере.

Задание: измерить действительные размеры плоскопараллельной концевой меры длины и определить класс ее точности.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: длиномер ИЗВ-1, объект измерения – концевая мера длины (выдает преподаватель).

4.8.1. Вертикальный длиномер ИЗВ-1

Устройство длиномера

Длиномер ИЗВ-1 предназначен для абсолютных и относительных измерений линейных размеров наружных элементов деталей контактным методом.

Техническая характеристика длиномера ИЗВ-1

– Диапазон измерений, мм	0 ... 250
– Диапазон показаний, мм	0 ... 100
– Цена деления шкалы спирального микрометра, мм	0,001
– Предельная погрешность, мкм,	$\pm (1,2 + L^*/120)$

* L – измеряемый размер

Основными элементами прибора (рис. 24) являются: массивное основание 1, на котором закреплен ребристый стол 2, предназначенный для установки измеряемых плоских и цилиндрических деталей; массивная винтовая стойка 18; кронштейн 13; рифленая гайка 17, предназначенная для перемещения кронштейна 13; стопорный винт 16 для фиксирования кронштейна 13 в определенном положении; измерительный шпиндель 5, перемещающийся внутри кронштейна 13; стопорный винт 6 для фиксирования шпинделя 5 в определенном положении относительно измерительного стола 2; сферический измерительный наконечник 4, установленный на нижнем конце шпинделя 5; стальная лента 12, которая соединяет верхний конец шпинделя 5 через блочную систему с противовесом, опущенным в масляную ванну внутри полого цилиндра 14; осветитель 15; регулировочная головка 10; отсчетный микроскоп 9; окулярный микрометр 8; винт 7; гирька 3.

Измерительный шпиндель 5 опускается под собственным весом и поднимается вручную за гирьку 3. Сила тяжести измерительного шпинделя уравновешивается противовесом. Измерительное усилие регулируется разновесами, устанавливаемыми на выступ верхней части шпинделя.

На шпинделе 5 закреплена стеклянная миллиметровая шкала 1 (рис. 25). Отсчеты по шкале 1, освещаемой источником света, производят с помощью микроскопа 9 (см. рис. 24) со спиральным нониусом. Спиральный нониус состоит из окуляра 8 и двух стеклянных пластинок 2 и 3, установленных одна под другой (см. рис. 25). На неподвижной пластине 2 наклеена прямолинейная шкала (красного цвета), имеющая десять штрихов от 0 до 10. Цена деления шкалы равна 0,1 мм.

На подвижной пластине 3 нанесены десять двойных круговых штрихов спирали Архимеда и круговая шкала, на которой имеется 100 делений. Цена деления круговой шкалы 0,001 мм. Через окуляр в поле зрения наблюдается часть круговой шкалы, часть витков спирали (рис. 26) и штрихи прямолинейной шкалы с ценой деления 0,1 мм. Шаг круговой двойной спирали равен интервалу деления шкалы с ценой деления 0,1 мм. Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В через понижающий трансформатор. В осветителе используется лампа на 6,3 В.

Измерение на длиннере

Перед началом работы шкалы прибора должны быть установлены на нуль. Для этого опускают измерительный шпиндель 5 (см. рис. 24) легким усилием руки так, чтобы измерительный сферический наконечник 4 соприкасался с поверхностью ребристого стола 2, и фиксируют его в этом положении стопорным винтом 6 (допускается фиксация измерительного шпинделя в нижнем по-

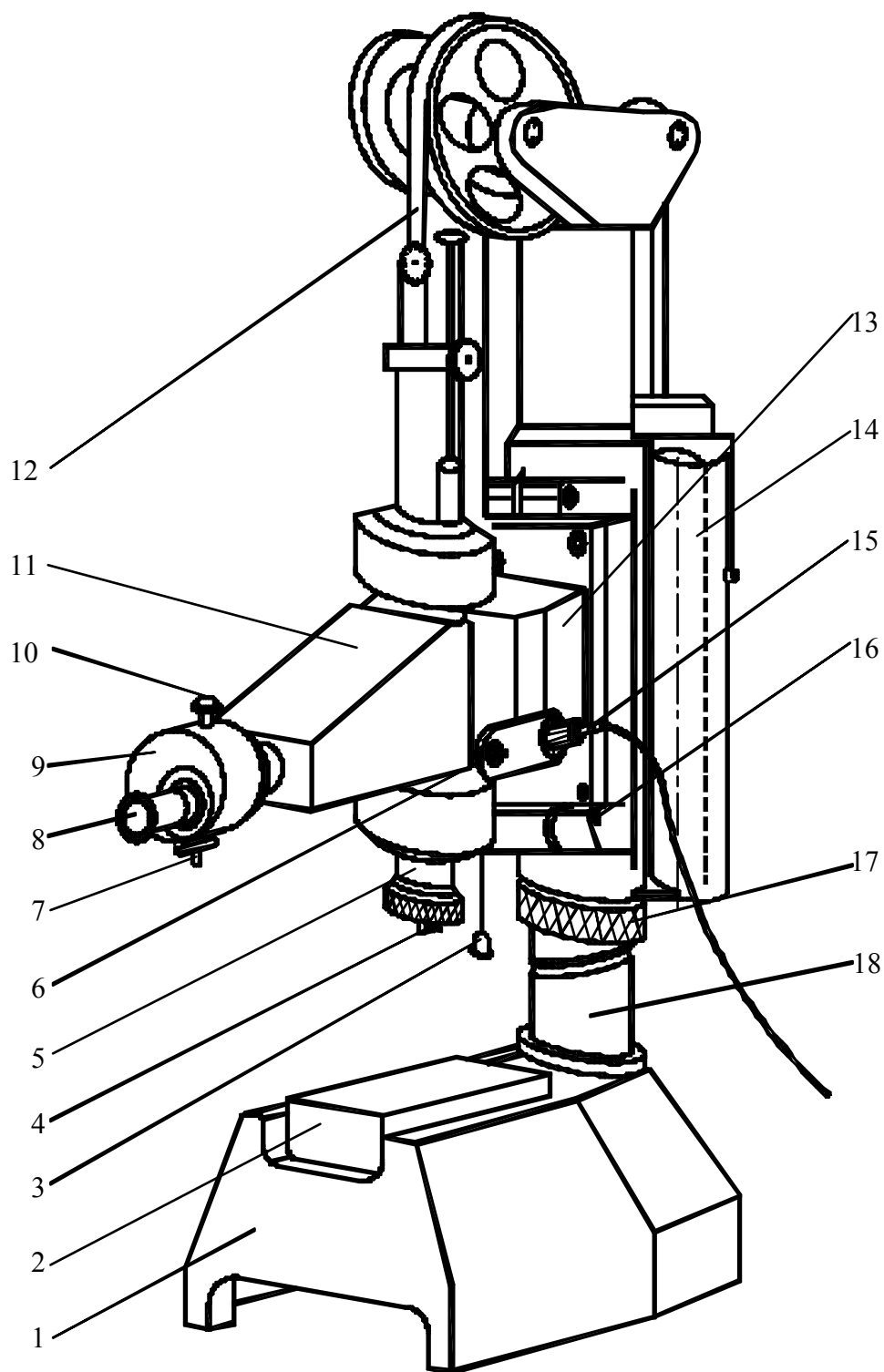


Рис. 24. Общий вид вертикального дальномера ИЗВ-1: 1 – основание; 2 – стол; 3 – гирька; 4 – измерительный наконечник; 5 – шпindel; 6 – стопорный винт; 7 – маховичок; 8 – окулярный микрометр; 9 – отсчетный микроскоп; 10 – регулировочная головка; 11 – консоль; 12 – стальная лента; 13 – кронштейн; 14 – цилиндр; 15 – осветитель; 16 – стопорный винт; 17 – гайка; 18 – стойка

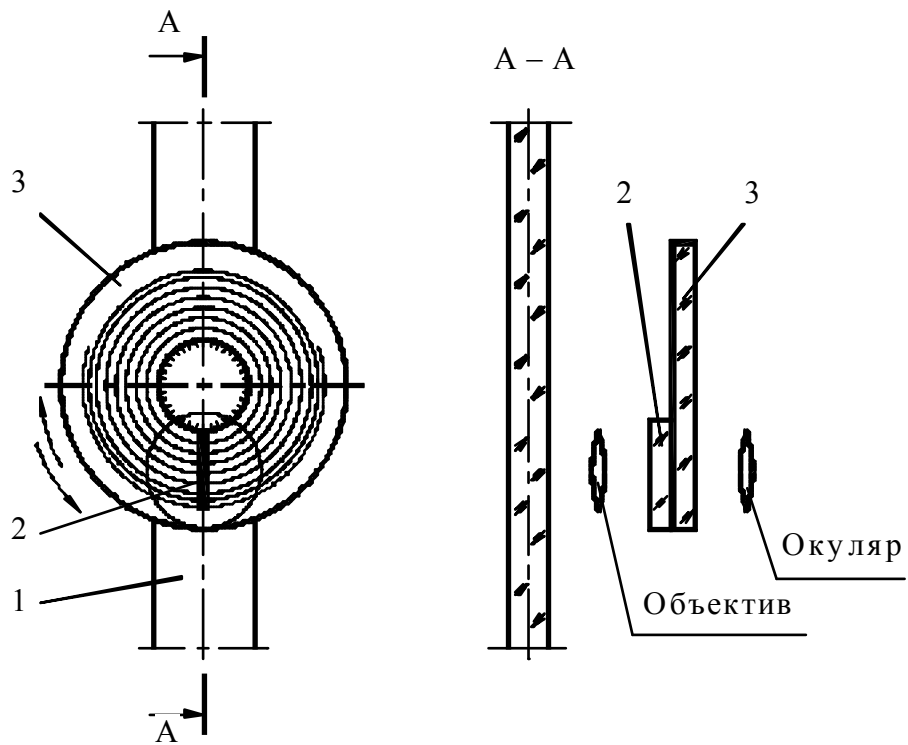


Рис. 25. Отсчетное устройство длиномера ИЗВ-1: 1 – подвижная миллиметровая шкала; 2 – неподвижная шкала десятых долей миллиметра; 3 – круговая шкала сотых и тысячных долей миллиметра

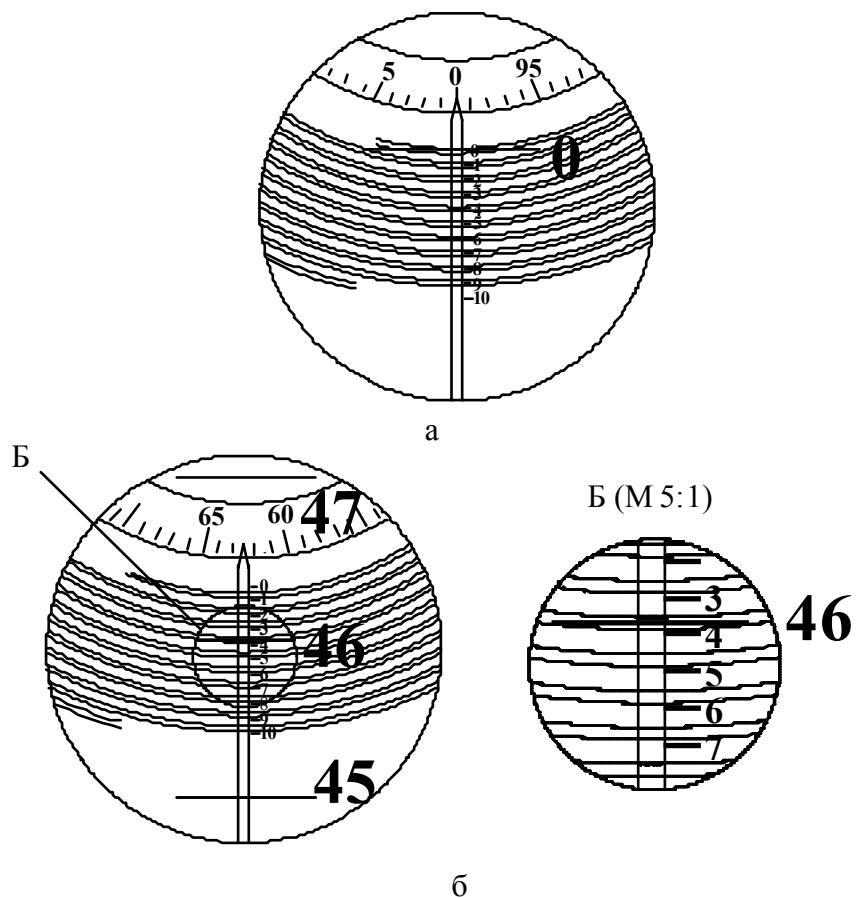


Рис. 26. Шкалы отсчетного микроскопа: а – в нулевом положении; б – в произвольном положении

ложении легким усилием руки). Для установки прибора на нуль вращением маховичка 7 совмещают нулевой штрих круговой шкалы с острием прямолинейной шкалы (красного цвета), затем вращают регулировочную головку 10 до тех пор, пока нулевой штрих миллиметровой шкалы не станет точно симметрично между двойным штрихом начального витка круговой спирали у деления "0" вертикальной прямолинейной неподвижной шкалы десятых долей миллиметра. При правильно выполненной регулировке все три шкалы прибора (миллиметровая шкала, прямолинейная шкала десятых долей миллиметра и круговая шкала сотых и тысячных долей миллиметра) занимают положение, показанное на рис. 26, а). Затем освобождают измерительный шпиндель и проверяют еще раз установку прибора на нуль, опустив измерительный шпиндель с наконечником до соприкосновения со столом прибора.

При измерении линейных размеров деталей правило отсчета показаний прибора заключается в следующем:

- целое число миллиметров, отсчитываемое по миллиметровой шкале (см. рис. 25), соответствует ее штриху, установившемуся в пределах прямолинейной шкалы десятых долей (например большой штрих «46» на рис. 26, б);

- десятые доли миллиметра, отсчитываемые по неподвижной шкале 2 (см. рис. 25), соответствуют числу делений этой шкалы, пройденных большим штрихом миллиметровой шкалы (например штрихом «46» на рис. 26, б) при ее перемещении от нуля. Так на рис. 26, б прибор показывает 46,3 мм;

- для отсчета сотых и тысячных долей миллиметра производят поворот круговой шкалы 3 (см. рис. 25) с помощью маховичка 7 (см. рис. 24) так, чтобы большой штрих миллиметровой шкалы (например штрих "46", см. рис. 25), находящийся в пределах неподвижной прямолинейной шкалы десятых долей миллиметра, встал симметрично между линиями ближайшей двойной круговой спирали (аналогично положению большого штриха при установке прибора на нуль). Острие неподвижной шкалы десятых долей миллиметра показывает сотые и тысячные доли миллиметра на круговой шкале 3 (см. рис. 25). Полный отсчет прибора на рис. 26, б составляет 46,362 мм. Если острие неподвижной шкалы десятых долей миллиметра занимает промежуточное положение между штрихами круговой шкалы сотых и тысячных долей миллиметра, то в этом случае можно определить «на глаз» десятитысячные доли миллиметра: либо 0,0005 мм, либо кратные 0,0002 мм.

В пределах от 0 до 100 мм измерения линейных размеров деталей на длиннере ИЗВ-1 могут быть абсолютными и относительными. В пределах от 100 до 200 мм – только относительными, так как диапазон показаний прибора – от 0 до 100 мм. В этом случае поступают следующим образом: кронштейн 13 (см. рис. 24) при отstopоренных винтах 16 вращением гайки 17 поднимают так, чтобы измерительный наконечник 4 касался концевой меры длины, соизмери-

мой с измеряемым размеров (например, концевая мера длины (или блок мер) 200 мм для измерения размера 221 мм); установив прибор на нуль, закрепляют кронштейн 13 в этом положении винтами 16; при такой установке нулевое показание прибора будет соответствовать размеру концевой меры, установленной на стол прибора (например 200 мм); далее устанавливают на стол прибора объект измерения (деталь) и отсчитывают показания прибора; искомый размер детали определяют сложением размера концевой меры (блока концевых мер) и показаний прибора; например, при концевой мере 200 мм и показании прибора 21,1012 мм, действительный размер детали составляет $200 + 21,1012 = 221,1012$ мм.

4.8.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают устройство длиномера ИЗВ-1.
- Включают освещение прибора (обязательно через трансформатор).
- Проверяют правильность настройки длиномера на нуль.
- Измеряют действительный размер концевой меры длины в пяти точках по схеме, показанной на рис. 27. Результаты заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 28.



Рис. 27. Схема измерения плоскопараллельной концевой меры

- По полученным отклонению длины меры от номинальной длины и отклонению от плоскопараллельности (см. п. 4.3.4) по табл. 17 определяют класс точности измеренной концевой меры длины.

28. Результаты измерений

№	Номинальный размер концевой меры, мм	Показания прибора, мм	Отклонение от номинального значения, мм	Отклонение от плоскопараллельности, мм
1				
2				
3				
4				
5				
Класс точности или заключение о годности концевой меры				

4.8.3. Контрольные вопросы

1. Каково назначение длиномера ИЗВ-1 ?
2. Какова метрологическая характеристика длиномера ИЗВ-1 ?
3. Назовите основные узлы и детали длиномера ИЗВ-1.
4. Дайте характеристику вида и метода измерения линейных размеров на длиномере ИЗВ-1.
5. Как определяют размер блока концевых мер при измерении относительным методом ?
6. Как устроен спиральный нониус ?
7. Сколько и какие шкалы длиномера Вы знаете?
8. Какие параметры характеризуют точность плоскопараллельных концевых мер длины ? Как определяют эти параметры ?
9. Какие классы точности концевых мер длины Вы знаете ?
10. Как можно измерить на длиномере размер детали, равный 120 мм ?

4.8.4. Рекомендуемая литература

1. [12, с. 122 – 126].

4.9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КОМПАРАТОРЕ

Цель работы: изучение методики и техники измерения линейных размеров деталей на горизонтальном компараторе.

Задание: проверить точность линейки и дать заключение о ее годности.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: компаратор ИЗА-2, объект измерения – измерительная линейка (выдает преподаватель).

4.9.1. Горизонтальный компаратор ИЗА-2

Устройство компаратора

Горизонтальный компаратор предназначен для абсолютных измерений расстояний между штрихами спектральных линий на негативах спектрограмм, измерения различных шкал, сеток и т.п.

Техническая характеристика

– Диапазон измерений, мм	0 ... 200
– Диапазон показаний, мм	0 ... 200
– Цена деления шкалы, мм	1
– Цена деления спектрального микрометра, мм	0,001
– Предельная погрешность, мкм	$\pm [0,9 + L/(300 - 4H)]^*$

Измерение длин на компараторе производят путем сравнения измеряемой длины объекта со штриховой шкалой прибора при помощи двух микроскопов, расстояние между которыми постоянно и оптические оси которых параллельны.

Основными элементами прибора (рис. 28) являются: массивное основание 1; цилиндрическая направляющая 3; прямоугольная направляющая 24; стол 2; траверса 13; хромированный экран 14; два зеркала 23; стопорный винт 15; микрометрический винт 5, миллиметровая шкала 4; визирный микроскоп 18; маховичок 19; окуляр 16 визирного микроскопа; отсчетный микроскоп 7 со спиральным окулярным микрометром 11; регулировочная головка 12; маховичок 9; зажимной винт 8; термометр 25.

* L – измеряемый размер, H – высота объекта измерения над плоскостью шкалы

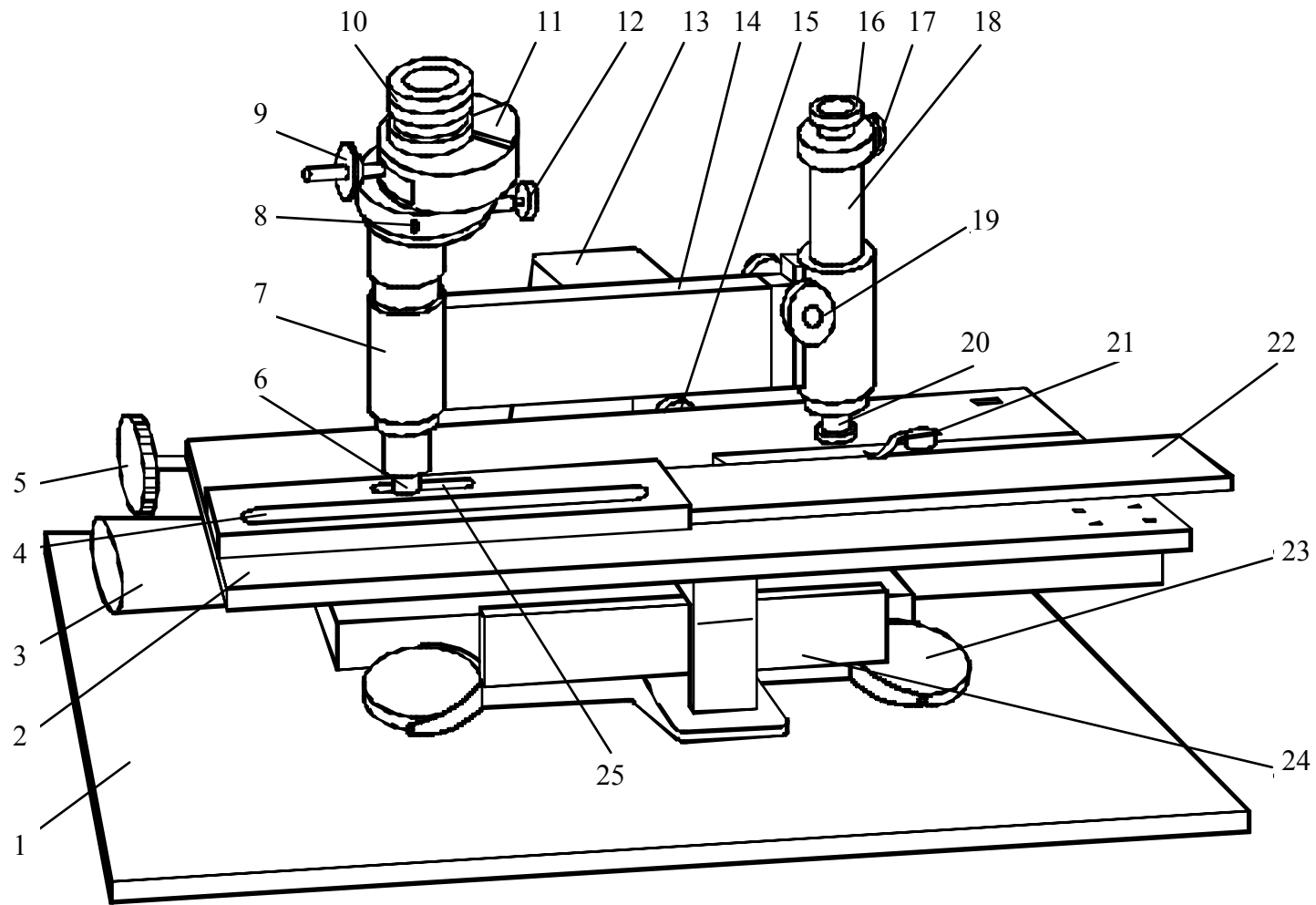


Рис. 28. Общий вид компаратора: 1 – основание; 2 – стол; 3 – цилиндрическая направляющая; 4 – миллиметровая шкала; 5 – микрометрический винт; 6 – объектив отсчетного микроскопа; 7 – отсчетный микроскоп; 8 – зажимной винт; 9 – маховичок отсчетного микроскопа; 10 – окуляр; 11 – окулярный микрометр; 12 – регулировочная головка; 13 – траверса; 14 – хромированный экран; 15 – стопорный винт; 16 – окуляр визирного микроскопа; 17 – стопорный винт окуляра; 18 – визирный микроскоп; 19 – маховичок; 20 – объектив визирного микроскопа; 21 – зажим; 22 – объект измерения (линейка); 23 – зеркало; 24 – прямоугольная направляющая; 25 – термометр

Подвижный стол 2 служит основанием, на котором крепится зажимами 21 объект измерения 22. На нем же установлена шкала компаратора 4. Стол 2 перемещают по направляющим 3 и 24, которые укреплены в нижней части основания 1. Грубую установку стола 2 производят непосредственно от руки, для чего предварительно освобождают стопорный винт 15; точную подачу стола осуществляют после закрепления стопорного винта 15 микрометрическим винтом 5. В правой части стола 2 укреплена аттестованная стеклянная миллиметровая шкала 4. Термометр 25 предназначен для контроля температурного режима работы прибора. Хромированный экран 14 предохраняет траверсу 13 от нагревания. Визирный микроскоп 18 укреплен на левом конце траверсы и служит для наводки на штрихи или точки объекта измерения и т.д. Вертикальные перемещения визирного микроскопа 18 относительно траверсы 13 осуществляют при помощи маховичка 19. Для получения большого увеличения (до 10X) объектив микроскопа вывертывают на несколько оборотов и закрепляют контргайкой. Выдвижной окуляр 16 визирного микроскопа 18 фиксируют в тубусе микроскопа винтом 17.

Отсчетный микроскоп 7 со спиральным окулярным микрометром 11 служит для отсчета показаний по шкале компаратора (описание спирального окулярного микрометра и правило отсчета показаний приведены в лабораторной работе № 8). Микроскоп 7 неподвижно установлен на правом конце траверсы. Установка объектива на нем постоянна и изменяться оператором не может. Наводку круговой шкалы сотых и тысячных долей миллиметра осуществляют при помощи маховичка 9. Спиральный микрометр 11 можно перемещать в направлении движения стола 2 вращением регулировочной головки 12, предварительно открепив зажимной винт 8. Этим перемещением достигается установка шкалы на целое число при первом отсчете, что значительно облегчает вычисления при последующей обработке результатов измерений.

Зеркала 23 предназначены для освещения шкалы компаратора и объекта измерения и имеют по две рабочие поверхности – плоскую для работы при дневном рассеянном свете и сферическую – для направленного света ламп накаливания.

Измерение на компараторе

При проведении измерений закрепляют объект измерения на подвижном столе 2 зажимом 21. Устанавливают зеркала 23 в требуемое положение. Перемещая стол 2, наблюдают за перекосом линии измерения объекта относительно оси продольного хода стола. В случае перекоса объект измерения разворачивают в нужном направлении. Проверяют фокусировку микроскопа 18 при помощи маховичков 19. Открепив стопорный винт 15, перемещают подвижный стол 2 до тех пор, пока один из штрихов объекта измерения не будет введен в поле

зрения визирного микроскопа 18. Закрепив винт 15, с помощью микрометрического винта 5 производят точное перемещение стола: начальный штрих (или любой другой, произвольно выбранный) измеряемого объекта 22 вводят в бисектор (двойную визирную линию) визирного микроскопа. По отсчетному микроскопу 7 со спиральным окулярным микроскопом 11 снимают первый отсчет с точностью до десяти тысячных долей миллиметра. Далее, перемещая стол 2 при помощи микровинта 5, устанавливают визирный микроскоп 18 на соседний штрих выбранного участка объекта измерения 22. Снимают показания измерительного микроскопа 7 – второй отсчет. Разность первого и второго отсчетов определяет расстояние между штрихами с точностью до десяти тысячных долей миллиметра.

4.9.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают устройство горизонтального компаратора ИЗА-2.
- Выполняют многократное измерение расстояния между соседними штрихами на двух различных участках стеклянной линейки с числом единичных измерений $n \geq 5$. Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 29. Подсчитывают среднее значение расстояния между штрихами и отклонение от номинального значения.
- Дают заключение о годности линейки (предельная погрешность линейки $\Delta_{lim} = \pm 0,05$ мм).

29. Результаты измерений

№ участка	Отсчет	Показания прибора, мм					Среднее расстояние, мм	Отклонение от номинального значения, мм
1	I отсчет						X	
	II отсчет							
	Расстояние между штрихами, мм							
2	I отсчет						X	
	II отсчет							
	Расстояние между штрихами, мм							
Заключение о годности линейки								

4.9.3. Контрольные вопросы

1. Каково назначение компаратора ИЗА-2 ?
2. Какова метрологическая характеристика компаратора ИЗА-2 ?
3. Назовите основные узлы и детали компаратора ИЗА-2.
4. Дайте характеристику вида и метода измерения линейных размеров на компараторе ИЗА-2.
5. Сколько и какие шкалы имеет отсчетный микроскоп компаратора ?
6. Для чего служит хромированный экран траверсы ?
7. Для чего и чем контролируют температурный режим при работе на компараторе ?
8. Для чего предназначен визирный микроскоп компаратора ?

4.9.4. Рекомендуемая литература

1. [12, с. 122, 123].

4.10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ДЛИНОМЕРЕ

Цель работы: изучение методики и техники измерения линейных размеров деталей на длинномере.

Задание: на горизонтальном длинномере измерить размер детали абсолютным или относительным методом и дать заключение о ее годности.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: длиномер ИКУ-2, набор плоскопараллельных концевых мер длины, приспособление ИП-8, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.10.1. Горизонтальный длиномер ИКУ-2

Устройство длиномера

Длиномер предназначен для абсолютных и относительных измерений линейных размеров наружных и внутренних элементов деталей контактным методом.

Техническая характеристика длиномера ИКУ-2

– Диапазон измерения линейных размеров наружных поверхностей, мм	0 ... 500
внутренних поверхностей, мм	13,5 ... 150
– Диапазон показаний:	
миллиметровой шкалы, мм	0 ... 100
микрометрической шкалы, мм	$\pm 0,1$
– Цена деления отсчетного устройства, мм	0,001
– Предельная погрешность, мкм:	
наружных размеров	$\pm (1,4 + L^*/140)$
внутренних размеров	$\pm (1,9 + L^*/140)$

Прибор (рис. 29) состоит из основания 1, пинольной бабки 2, измерительной бабки 17, предметного стола 11 и трансформатора 22. Основание 1 устанавливают на три опоры с регулировочными винтами 33, которые позволяют вывернуть его положение в горизонтальной плоскости по уровню 23. Пинольную бабку 2 перемещают по направляющим основания с помощью маховичка 5 и закрепляют в требуемом положении винтом 3. В верхней части пинольной бабки помещена пиноль 6, внутри которой перемещается точно пригнанный стержень. Левый торец стержня упирается в микрометрический винт 4, с помощью которого стержень можно плавно перемещать вдоль оси. Винт 7 служит для закрепления стержня в требуемом положении. На правом конце стержня укреплен измерительный штифт, на котором крепятся сменные измерительные наконечники 9. Штифт можно отклонить на небольшой угол с помощью двух винтов 8.

Измерительную бабку 17 перемещают по направляющим от руки и закрепляют в требуемом положении винтом 21. В измерительной бабке расположена измерительная пиноль 13, в которой помещаются детали оптической системы. В средней части пинולי, на линии измерения, установлена 100-миллиметровая стеклянная шкала, по которой измеряют величину перемещения пинולי. Грубые перемещения пинולי 13 осуществляют с помощью маховичка 19 при отжатом винте 18, точное – с помощью микрометрического винта 20 при завернутом винте 18. Измерительная пиноль 13 фиксируется с помощью винта 15.

В верхней части измерительной бабки 17 расположен экран 16, на котором видны три отсчетные шкалы (рис. 30): подвижная миллиметровая шкала 1 с делениями от 0 до 100 мм; неподвижная шкала 2 десятых долей миллиметра с

* L – измеряемый размер

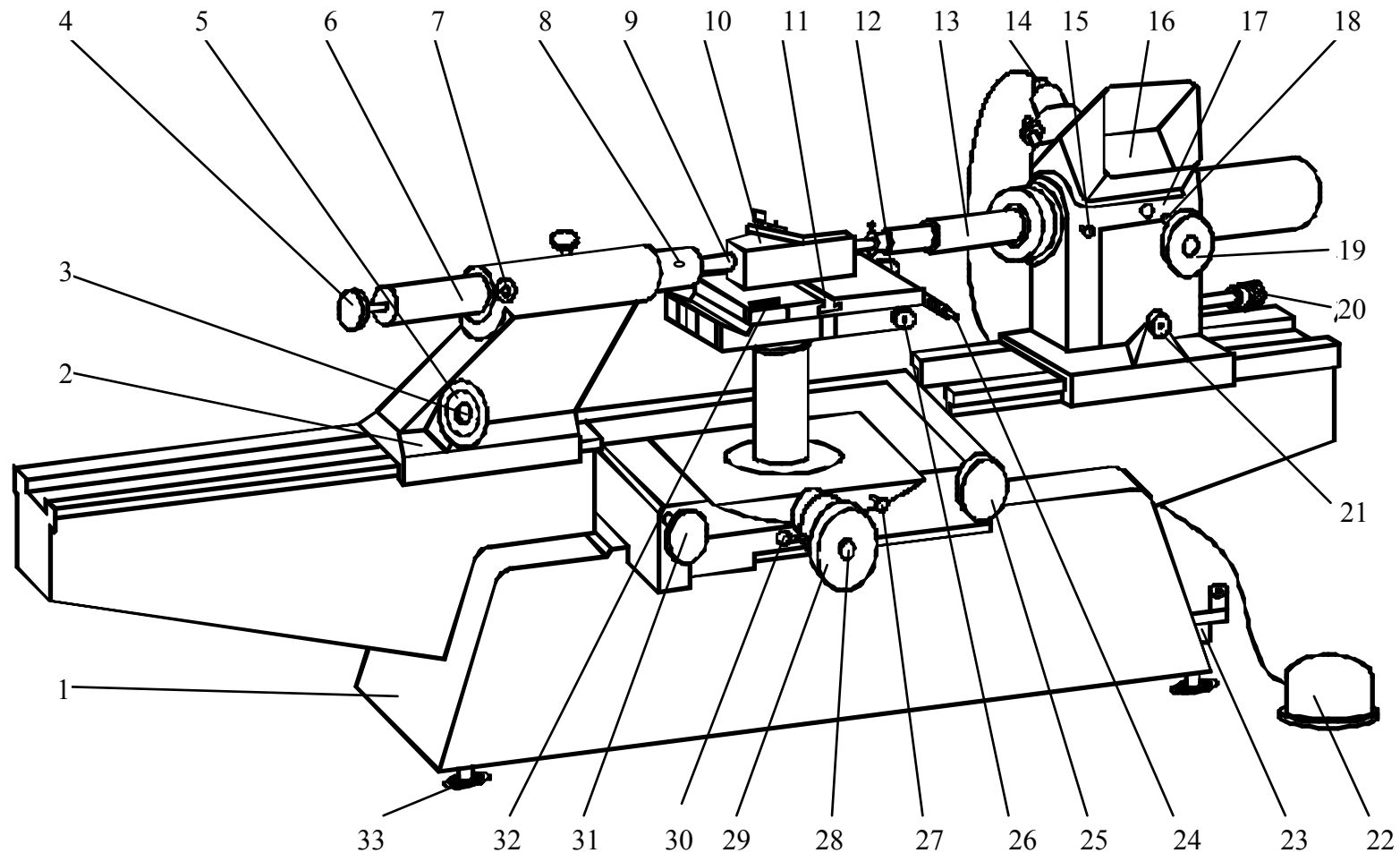


Рис. 29. Общий вид горизонтального длиномера ИКУ-2: 1 – основание; 2 – пинольная бабка; 3 – стопорный винт пинольной бабки; 4 – микрометрический винт; 5 – маховичок; 6 – пиноль; 7 – стопорный винт пиноли; 8 – регулировочный винт наконечника; 9 – сменный наконечник; 10 – прижим; 11 – стол; 12 – стопорный винт стола; 13 – измерительная пиноль; 14 – осветительная система; 15 – стопорный винт измерительной пиноли; 16 – экран; 17 – измерительная бабка; 18 – стопорный винт маховичка измерительной пиноли; 19 – маховичок; 20 – микрометрический винт; 21 – стопорный винт измерительной бабки; 22 – трансформатор; 23 – уровень; 24 – микрометрический винт; 25 – маховичок; 26 – маховичок; 27 – стопорный винт стола; 28 – винт ограничительного упора; 29 – маховичок; 30 – винт ограничительного упора; 31 – стопорный маховичок; 32 – рукоятка фиксатора; 33 – опора

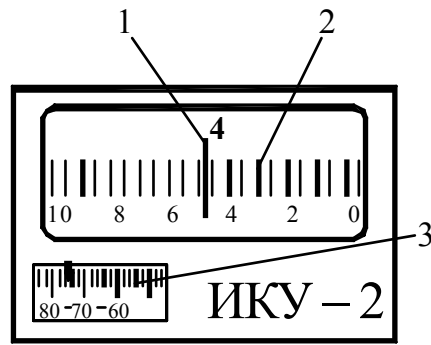


Рис. 30. Шкала длиномера: 1 – штрих миллиметровой шкалы; 2 – бисекторные штрихи шкалы десятых долей миллиметра; 3 – микрометрическая шкала

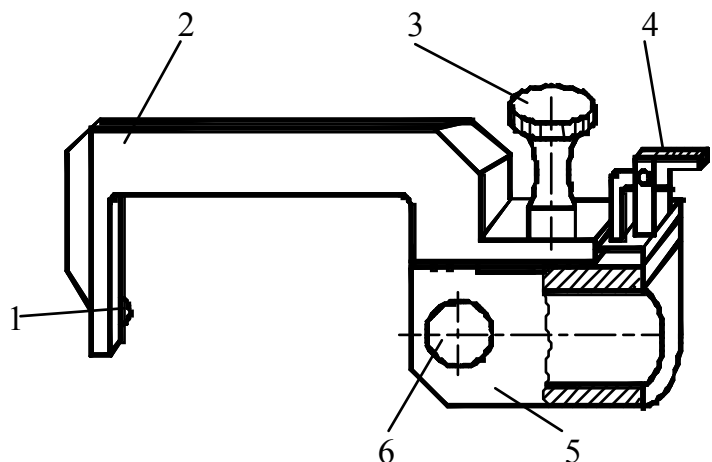
бисекторными (двойными) штрихами с ценой деления 0,1 мм; подвижная микрометрическая шкала 3 сотых и тысячных долей миллиметра с ценой деления 0,001 мм.

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В через понижающий трансформатор. В осветительной системе 14 используется лампочка на 6,3 В.

Предметный стол 11 предназначен для установки и закрепления измеряемых деталей. Механизм перемещения стола обеспечивает вертикальное и горизонтальное перемещение объекта измерения, его поворот вокруг вертикальной оси, качание вокруг горизонтальной оси, лежащей на линии измерения (между измерительными наконечниками 9). Подъем и опускание стола 11 производят маховичком 29 и закрепляют в требуемом положении винтом 27. Движение стола 11 может быть ограничено упорами при помощи винтов 28 и 30. Грубое перемещение стола в горизонтальной плоскости производят от руки при отжатом винте 12, точное – с помощью микрометрического винта 24. Поворачивают стол 11 вокруг вертикальной оси маховичком 26. Качание вокруг горизонтальной оси производят маховичком 25, а закрепление – маховичком 31. Фиксатор 32 служит для закрепления «плавающей площадки» стола 11 в среднем положении.

Приспособление ИП-8 (рис. 31) служит для измерения размеров внутренних элементов деталей с гладкими поверхностями.

Рис. 31. Приспособление ИП-8 для измерения размеров внутренних элементов: 1 – измерительный наконечник; 2 – дуга; 3 – стопорный винт; 4 – арретир; 5 – держатель; 6 – винт



Измерение на длиннере

При измерении деталей на штифты пинолей 6 и 13 (см. рис. 29) надевают соответствующие наконечники 9. При измерении деталей с плоскими поверхностями устанавливают сферические наконечники, а при измерении наружных цилиндрических поверхностей – ножевидные или плоские. В случае применения плоских или ножевидных наконечников измерительные поверхности должны быть установлены параллельно друг другу. Для этого, после установки измерительных наконечников на штифтах, пинольную бабку 2 и измерительную бабку 17 сдвигают так, чтобы между наконечниками поместилась концевая мера размером 1 мм. Обе бабки закрепляют винтами 3 и 21.

После того, как на экране 16 будет видно изображение микрометрической шкалы 3 (см. рис. 30), с помощью микрометрического винта 4 (см. рис. 29) устанавливают отсчет по шкале на деление «0» (т.е. посередине микрометрической шкалы сотых и тысячных долей миллиметра). Наблюдая изображение на экране 16, вращают отверткой регулировочные винты 8 до тех пор, пока не получится наименьшее показание по шкале. На этом установку плоских наконечников считают законченной.

В случае применения двух сферических наконечников установку их производят аналогично, с той лишь разницей, что регулировку заканчивают, когда на микрометрической шкале получится наибольший отсчет.

При измерении размеров деталей правило отсчета показаний прибора заключается в следующем:

- целое число миллиметров определяют по миллиметровой шкале 1 (см. рис. 30, например, большой штрих «4»);

- для определения десятых долей миллиметра по неподвижной шкале 2 необходимо миллиметровый штрих микрометрическим винтом 20 (см. рис. 29) установить точно посередине ближайшего бисектора (двойного штриха) шкалы 2 (см. рис. 30) десятых долей миллиметра (например, на рис. 30 миллиметровый штрих «4» введен в бисектор «0,5» шкалы десятых долей миллиметра);

- по микрометрической шкале 3 производят отсчет сотых и тысячных долей миллиметра с учетом знака на шкале. Десятитысячные доли миллиметра определяют «на глаз». Например, отсчет микрометрической шкалы на рис. 30 соответствует значению «-0,0723». Знак «-» виден между штрихами «70» и «80» микрометрической шкалы;

- действительный размер объекта измерения вычисляют путем сложения показаний миллиметровой шкалы, шкалы десятых долей миллиметра и микрометрической шкалы с учетом знака. Например, на рис. 30 показан отсчет по миллиметровой шкале «4» мм, по шкале десятых долей миллиметра – «0,5» мм,

по микрометрической шкале « $-0,0723$ » мм. Действительный размер детали равен $4 + 0,5 - 0,0723 = 4,4277$ мм.

Для удобства вычисления при измерениях рекомендуется устанавливать изображения штриха миллиметровой шкалы в ближайший младший бисектор шкалы десятых долей миллиметра, тогда отсчет по микрометрической шкале будет положительный.

При абсолютном измерении размера наружного элемента детали проверяют установку прибора на нуль. Для этого рукой сдвигают бабки 2 и 17 (см. рис. 29) до соприкосновения наконечников, грубо (от руки) устанавливают штрих «0» миллиметровой подвижной шкалы 1 (см. рис. 30) на начало неподвижной шкалы 2 десятых долей миллиметра. Закрепляют пинольную и измерительные бабки соответствующими винтами 3 и 21 (см. рис. 29). Пинольную бабку 2 до конца измерений не трогают.

Устанавливают микрометрическим винтом 20 штрих «0» подвижной миллиметровой шкалы симметрично в бисекторе «0» неподвижной шкалы десятых долей миллиметра. Устанавливают микрометрическим винтом 4 микрометрическую шкалу на деление «0» относительно указателя и закрепляют стержень винтом 7. Проверяют установку на нуль несколько раз: отжав винт 18, пиноль 13 измерительной бабки 17 неоднократно приводят в контакт с измерительным наконечником 9 пинולי 6.

Затем отводят пиноль 13 измерительной бабки 17, устанавливают объект измерения на стол 11 и закрепляют его прижимом. Вводят объект измерения на линию измерения (между измерительными наконечниками) с помощью маховичка 29 в вертикальном направлении и с помощью винта 24 – в горизонтальном направлении. Закрепляют стол 11 в требуемом положении винтами 12 и 27.

Перемещают пиноль 13 измерительной бабки 17 так, чтобы наконечники касались объекта измерения. Выверяют положение объекта измерения на линии измерения в вертикальной плоскости до получения наименьшего или наибольшего отсчета (в зависимости от формы объекта измерения и измерительных наконечников) с помощью маховичка 25 при открепленном маховичке 31. Затем закрепляют стол 11 маховичком 31. Выверяют положение объекта измерения на линии измерения в горизонтальной плоскости до получения наибольшего или наименьшего отсчета (в зависимости от формы наконечников) с помощью маховичка 26.

Выверку положения объекта измерения производят также как и выверку положения наконечников при их установке (см. с. 92). Снимают отсчет по всем трем шкалам прибора.

При относительном измерении размеров наружных элементов деталей последовательность действий аналогична. Прибор устанавливают на нуль, расположив между измерительными наконечниками концевую меру (или блок

концевых мер) необходимой величины (соизмеримой с контролируемым размером). После снятия показаний прибора действительный размер детали определяют путем алгебраического сложения размера концевой меры и показаний прибора. Например, после установки прибора на нуль по концевой мере размером 100 мм показания прибора при измерении детали равны 12,563 мм. Тогда действительный размер детали равен $100 + 12,563 = 112,563$ мм.

Для относительного измерения размеров внутренних элементов деталей устанавливают на прибор приспособление ИП-8. Держатель 5 (см. рис. 31) с измерительной дугой 2 и арретиром 4 устанавливают на пиноль измерительной бабки и закрепляют винтом 6. На пиноль пинольной бабки устанавливают держатель 5 с измерительной дугой 2 без арретира 4. Измерительные дуги должны занять вертикальное положение. Закрепляют на столе 11 (см. рис. 29) скобу, составленную из концевых мер с притертыми к ним боковиками (см. п. 4.3.4). Вводят скобу на линию измерения так, чтобы наконечники дуг оказались между боковиками. Перемещают пиноль измерительной бабки до тех пор, пока измерительные поверхности дуг не коснутся боковиков скобы и в поле зрения не появится изображение микрометрической шкалы. Устанавливают микрометрическим винтом 20 штрих «0» миллиметровой шкалы симметрично в бисекторе «0» неподвижной шкалы десятых долей миллиметра и закрепляют пиноль винтом 7. Поворачивая стол вокруг вертикальной оси и качая его в горизонтальной плоскости находят наименьшие отсчеты. Устанавливают микрометрическим винтом 4 микрометрическую шкалу на деление «0» и, нажав несколько раз на арретир, проверяют постоянство установки прибора на нуль.

Передвигают пиноль 13 измерительной бабки 17 так, чтобы измерительный наконечник дуги вышел из контакта со скобой, опускают стол. Устанавливают вместо настроенной скобы на столе объект измерения.

Поднимают и перемещают стол так, чтобы один край объекта измерения вошел в контакт с наконечником измерительной дуги пиноли 6. Приводят другой край объекта измерения в контакт с наконечником измерительной дуги пиноли 13. Перемещают стол вперед-назад перпендикулярно линии измерения с помощью микрометрического винта 24 и определяют по микрометрической шкале наибольший отсчет, соответствующий диаметру объекта измерения. Качая стол в плоскости измерения, находят наименьший отсчет. После выверки отсчетов в обоих направлениях производят окончательный отсчет и проверяют многократным нажатием на арретир его постоянство.

4.10.2. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

- Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера.
- Изучают устройство длиномера.
- Устанавливают прибор на нуль (вид измерения задает преподаватель).
- Закрепляют объект измерения и выверяют его положение на столе прибора.
- Выполняют многократное измерение заданного размера с числом единичных измерений $n \geq 5$.
- Результаты измерения заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 30.
- Дают заключение о годности детали по заданному размеру.

30. Результаты измерений

Номинальный размер, мм	Вид измерения	Размер блока концевых мер, мм*	Показания прибора, мм	Действительный размер, мм*	Отклонение размера от номинального значения, мм
Заключение о годности					
*Графа заполняется при измерении деталей относительным методом					

4.10.3. Контрольные вопросы

1. Каково назначение длиномера ИКУ-2 ?
2. Какова метрологическая характеристика длиномера ИКУ-2 ?
3. Назовите основные узлы и детали длиномера ИКУ-2.
4. Дайте характеристику вида и метода измерений линейных размеров на длиномере ИКУ-2.
5. Как определяют размер блока концевых мер при измерении относительным методом ?
6. Какова форма и условия применения измерительных наконечников ?

7. Каким образом осуществляют выверку положения измерительных наконечников и объекта измерения на длиномере ИКУ-2 ?

8. Сколько и какие шкалы длиномера Вы знаете ?

4.10.4. Рекомендуемая литература

1. [12, с. 122 – 124].

4.11. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРНОГО НУТРОМЕРА

Цель работы: изучение методики и техники измерения диаметров отверстий с помощью индикаторного нутромера.

Задание: измерить индикаторным нутромером диаметр отверстия в детали и дать заключение о годности детали.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: индикаторный нутромер НИ 18-35, образцовые кольца, микрометр МК 50, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

4.11.1. Индикаторный нутромер НИ 18-35

Описание нутромера

Нутромер относится к рычажно-механическим приборам и предназначен для относительного измерения размеров внутренних элементов деталей контактным методом. Механизм нутромера представляет собой сочетание клинорычажной передачи с отсчетным устройством. Индикаторные нутромеры выпускают нормальной и повышенной точности.

Техническая характеристика нутромера НИ 18-35

– Диапазон измерений, мм	18 ... 35
– Диапазон показаний, мм	0 ... 10
– Цена деления, мм	0,01
– Предельная погрешность, мм	0,015
– Максимальная глубина измерения, мм	135
– Измерительное усилие, Н	250 ... 450

Нутромер (рис. 32) имеет измерительную головку 5, по шкале которой отсчитывают отклонение диаметра измеряемого отверстия от размера, на который предварительно настроен прибор. Нутромер нормальной точности имеет один подвижный наконечник 1 и один неподвижный (сменный) наконечник 6 и центрирующий мостик 7, который служит для установки наконечников по диаметру измеряемого отверстия. Перемещение подвижного наконечника 1 воспринимается через клино-рычажный механизм 2 измерительной головкой 5 (например, индикатором часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм). Длину сменного неподвижного наконечника 6 подбирают из прилагаемого набора в зависимости от размера измеряемого отверстия. Нутромер повышенной точности имеет два подвижных и два неподвижных (центрирующих) наконечника (шарика). К этому нутромеру прилагается набор сменных измерительных вставок и упор, обеспечивающий правильную установку нутромера, если на детали имеется плоскость, перпендикулярная оси отверстия. Деревянный или пластмассовый корпус 3 предохраняет инструмент от нагрева от руки.

Измерение нутромером

Настройку нутромера осуществляют по блоку концевых мер с боковиками (рис. 33, а), по микрометру (рис. 33, б) или образцовому аттестованному кольцу (рис. 33, в). Измерительные стержни нутромера должны быть перпендикулярны губкам микрометра (внутренней поверхности образцового кольца), что обеспечивают покачиванием нутромера (см. рис. 33, в). При правильном положении нутромера показания по шкале индикатора будут наибольшими (точка возврата стрелки). Грубую регулировку нутромера осуществляют перемещением индикаторной головки 5 (см. рис. 32) относительно корпуса 3 при открепленном винте 4. Точную регулировку производят поворотом большой шкалы индикатора в ту или иную сторону. Правильность настройки проверяют 2-3 раза. При работе индикаторным нутромером необходимо учесть, что при увеличении размера детали стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки, а при уменьшении – по часовой стрелке. Измерение отверстий производят не менее чем в трех плоскостях, перпендикулярных оси отверстия, и не менее чем в двух взаимноперпендикулярных направлениях в каждом сечении (рис. 34).

14.11.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Вычерчивают эскиз детали с указанием на нем заданного размера.
- Изучают устройство нутромера.

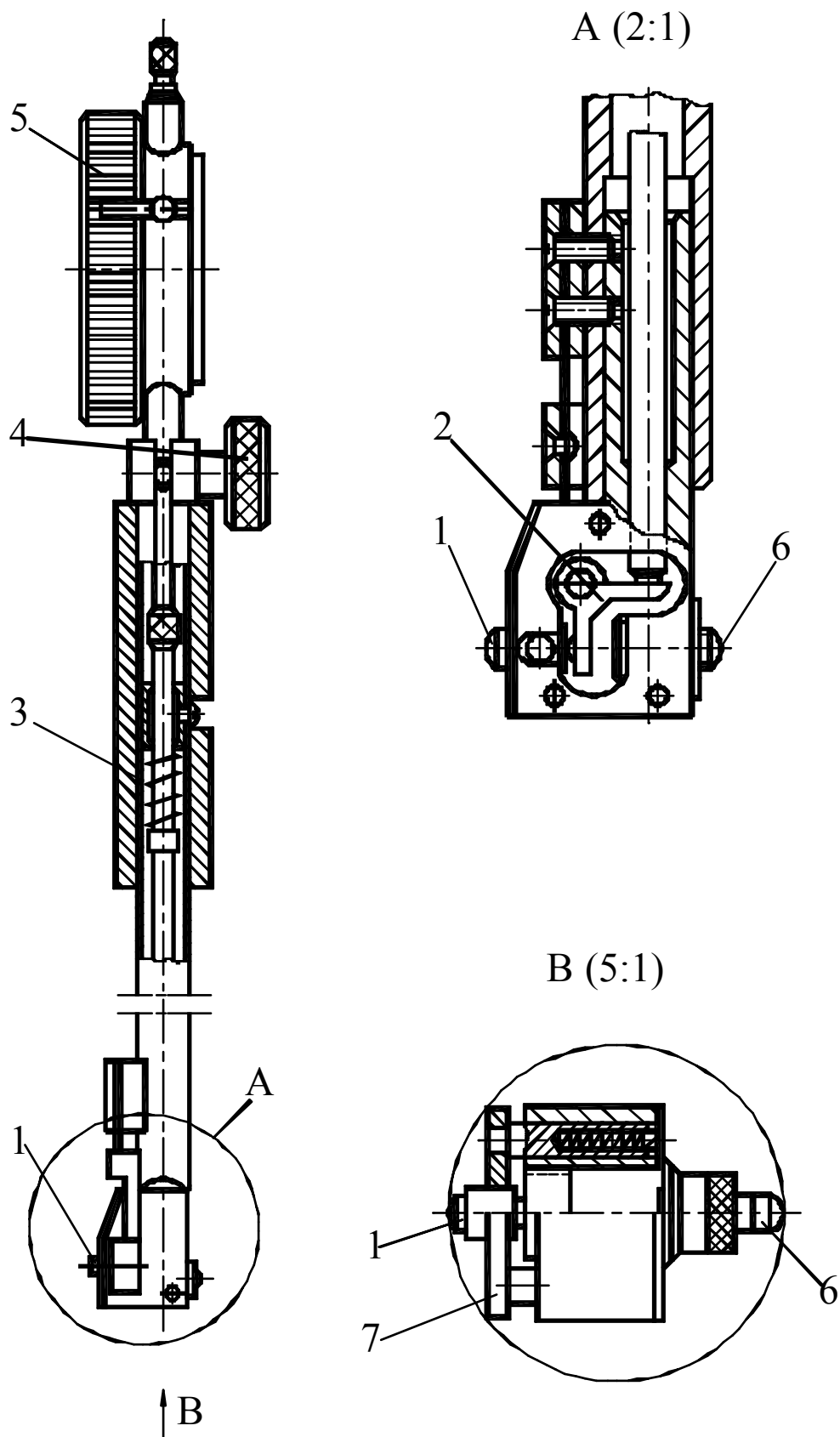


Рис. 32. Индикаторный нутромер: 1 – подвижный наконечник; 2 – клино-рычажный механизм; 3 – корпус; 4 – зажимной винт; 5 – измерительная головка; 6 – неподвижный сменный наконечник; 7 – центрирующий мостик

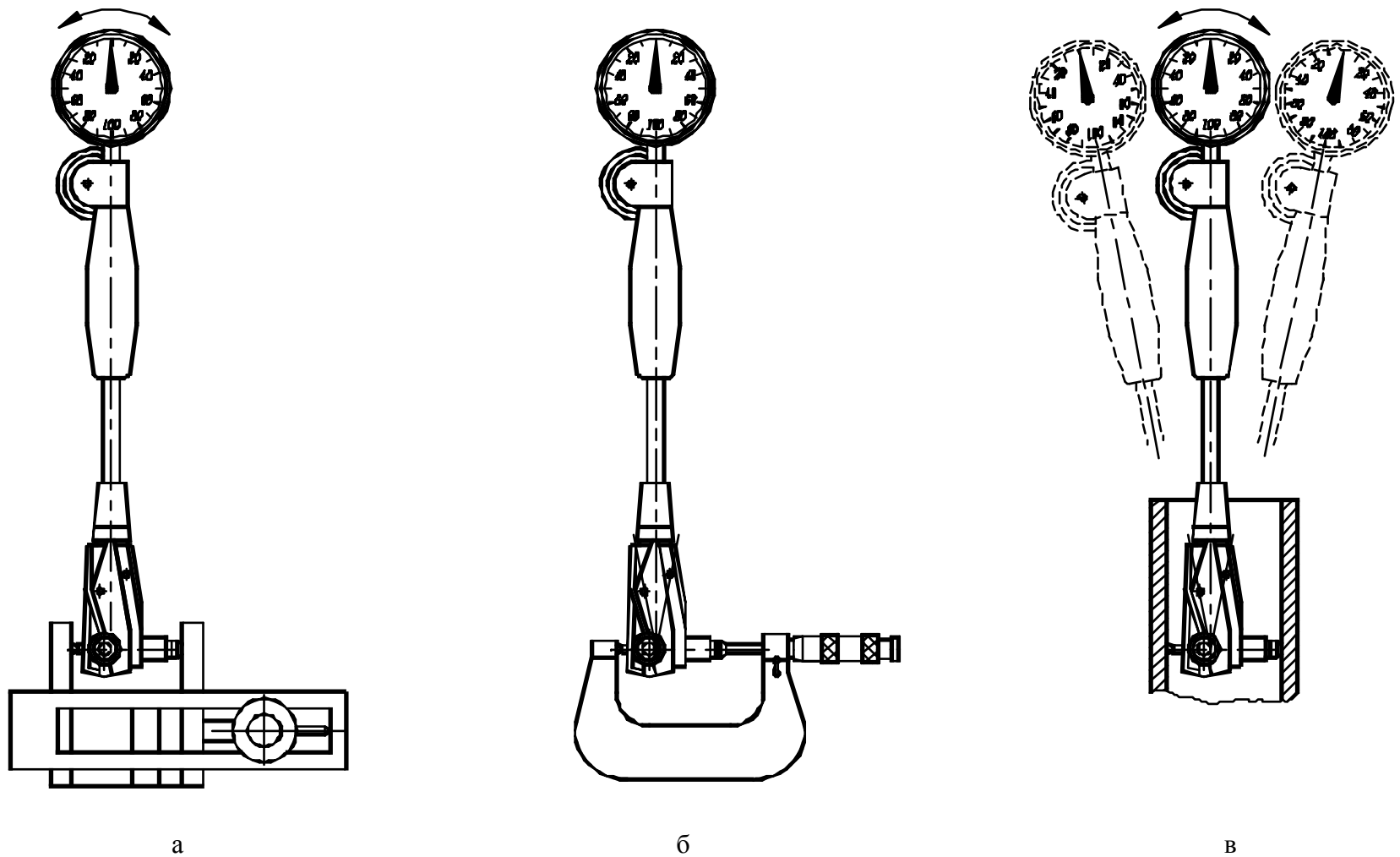


Рис. 33. Настройка нутромера на размер: а – по блоку концевых мер с боковиками;
 б – по микрометру; в – по образцовому аттестованному кольцу

- Подбирают и устанавливают на нутромер сменный наконечник необходимой длины из прилагаемого набора.
- Проверяют правильность настройки нутромера с помощью микрометра.
- Измеряют диаметр отверстия детали согласно рис. 34.
- Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 31.
- Дают заключение о годности детали.

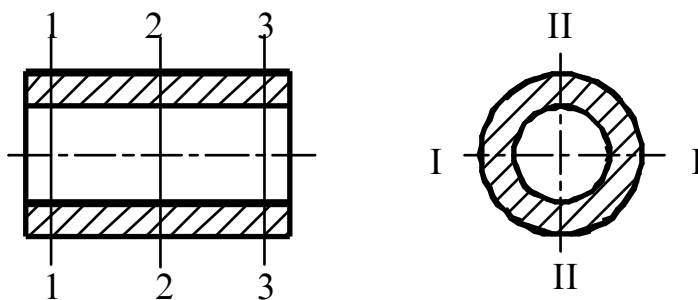


Рис. 34. Положения плоскостей (1 – 3) и направлений (I, II) измерения диаметра отверстия индикаторным нутромером

31. Результаты измерений

Номинальный размер, мм	Показания микрометра, мм	Показания нутромера при настройке, мм	Плоскость измерения	Показания нутромера при измерении отверстия, мм		Действительный размер отверстия, мм	
				Направление измерения			
				I–I	II–II	I–I	II–II
			1–1				
			2–2				
			3–3				
Заключение о годности							

4.11.3. Контрольные вопросы

1. Каково назначение индикаторного нутромера НИ ?
2. Какова метрологическая характеристика индикаторного нутромера ?
3. Назовите основные узлы и детали индикаторного нутромера НИ.
4. Дайте характеристику вида и метода измерения индикаторным нутромером НИ.
5. Как осуществляют настройку индикаторного нутромера на размер ?
6. Как производят измерения отверстий индикаторным нутромером НИ ?
7. Сколько и какие шкалы индикаторного нутромера Вы знаете ?
8. Назовите конструктивные отличия нутромеров повышенной точности.

4.11.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 181 – 184].

5. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ И КОНУСОВ

5.1. ПАРАМЕТРЫ ТОЧНОСТИ УГЛОВ И КОНУСОВ.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

УГЛОВ И КОНУСОВ

Угловые размеры широко используют при конструктивном оформлении деталей и получении конических соединений.

Конус – обобщенный термин, под которым, в зависимости от конкретных условий понимают коническую поверхность, коническую деталь или конический элемент детали. В промышленности используют **круговые конусы**, т.е. детали или элементы деталей, представляющие собой поверхность вращения, образованную прямой, вращающейся относительно оси и пересекающей ее. Используют, как правило, усеченные конусы, т.е. конусы, пересеченные плоскостью, параллельной основанию.

Конусы имеют следующие основные параметры (рис. 35): **основная плоскость** – плоскость поперечного сечения конуса, в которой задан номинальный диаметр конуса D_e или D_i ; **базовая плоскость** – плоскость, перпендикулярная оси конуса и служащая для определения осевого положения основной плоскости или осевого положения данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса; **базорасстояние конуса** z_e или z_i – расстояние между основной и базовой плоскостями конуса. При совпадении основной и базовой плоскостей базорасстояние равно нулю.

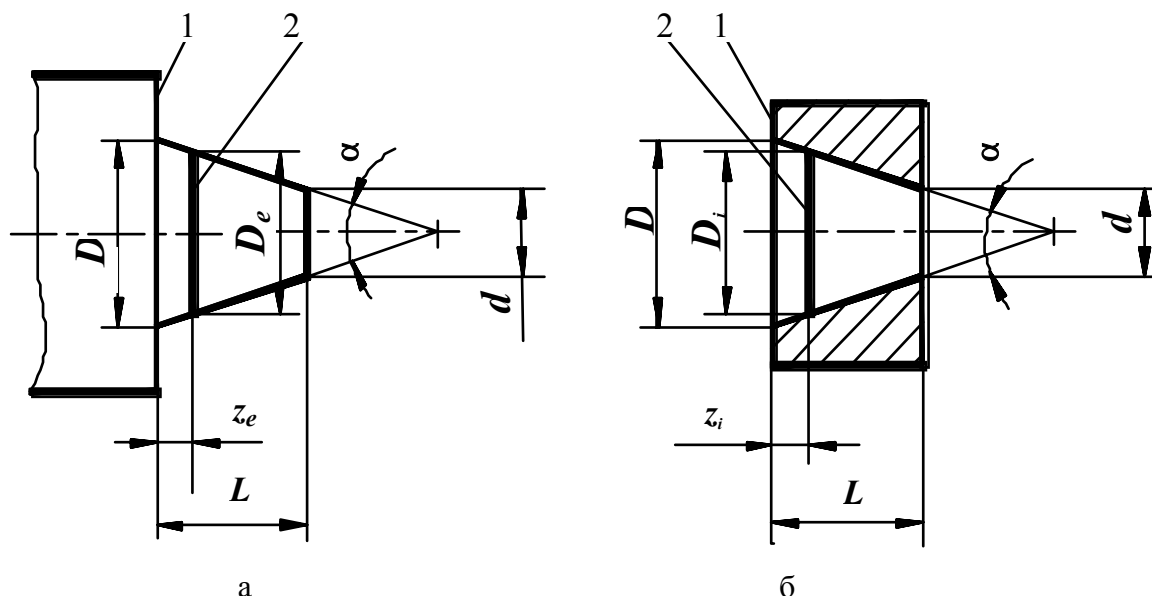


Рис. 35. Параметры конусов: а – наружного; б – внутреннего;
1 – базовая плоскость; 2 – основная плоскость

Конусность C – отношение разности диаметров двух поперечных сечений к расстоянию между ними (см. рис. 35):

$$C = (D - d) / L = 2 \operatorname{tg} \alpha/2, \quad (28)$$

где α – угол конуса.

На чертежах конусность указывают в виде отношения $1 : X$, где X – расстояние между поперечными сечениями конуса в мм, разность диаметров которых равна 1 мм, например, $C = 1 : 10$.

Уклон i определяют по формуле

$$i = C/2 = \operatorname{tg} \alpha/2. \quad (29)$$

При проектировании изделий конусности и углы конусов следует назначать из нормального ряда по ГОСТ 8593.

Международная система единиц СИ, которая применяется в нашей стране как предпочтительная, предусматривает в качестве угловых единиц **радиан и стерадиан**. Однако, в практике для измерения углов используют, как правило, внесистемные единицы, допущенные к применению наравне с единицами системы СИ: **градус ($^\circ$), минута ($'$) и секунда ($''$)** ($1 \text{ рад} = 360/2\pi \approx 57^\circ 17' 44''$; $1^\circ \approx 0,017453 \text{ рад}$).

Установлено **17 степеней точности** углов, обозначаемых $AT_1, AT_2, \dots, AT_{17}$ (ГОСТ 8908). Значения допусков по степеням точности образуют геометрическую прогрессию со знаменателем $\phi = 1,6$.

Реально высшей степенью точности, достигаемой в настоящее время в производственных условиях, является 4 для наружных конусов (конусные пробки) и 5 для внутренних конусов (конусные калибры – втулки). Степени 6 ... 8 используют для изделий высокой точности, например, инструментальных конусов; степени 9 ... 12 применяют для изделий нормальной точности, например, центров и центровых отверстий, и 16, 17 – для свободных размеров.

Для каждой степени точности установлены: **допуск угла AT_α** (рис. 36), выраженный в микро радианах; округленное значение **допуска угла AT_α'** в градусах, минутах и секундах; **допуск угла AT_h** (мкм), выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла α на расстоянии L от вершины этого угла; **допуск угла AT_D** (мкм), выраженный допуском на разность диаметров в двух перпендикулярных к оси сечениях конуса на заданном расстоянии L между ними. Допуски AT_h назначают на конусы, имеющие конусность **более $1 : 3$** . Для конусов с конусностью **не более $1 : 3$** принимают $L_1 = L$ и назначают допуски AT_D , при этом $AT_D \approx AT_h$.

При нормировании точности угловых размеров не используют понятие «основное отклонение»; предусматривается, что допуск может быть расположен по-разному относительно номинального значения угла: в плюсовую ($+AT$) или минусовую ($-AT$) сторону от номинального угла или же симметрично относительно номинального угла ($\pm AT/2$).

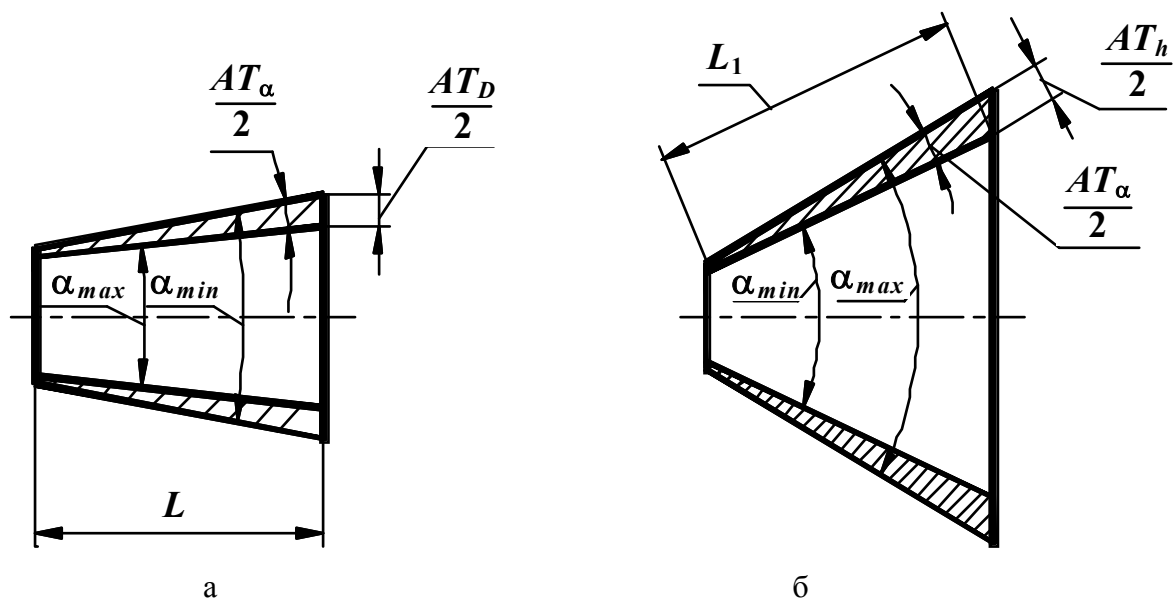


Рис. 36. Расположение полей допусков углов конусов:
а – $C < 1:3$ и; б – $C > 1:3$

Особенность изготовления и измерения угловых размеров заключается в том, что точность угла в значительной мере зависит от длины сторон, образующих этот угол. Исходя из этого, при нормировании требований к **точности угла значение допуска** задают в зависимости от **значения длины меньшей стороны**, образующей угол (табл. 32). У **конусов допуск** задают либо в зависимости от **длины образующей** (конусность более 1 : 3), либо в зависимости от **длины конуса** (при конусности не более 1 : 3).

32. Допуски углов (ГОСТ 8908)

Интервал длин, мм	Обозначение допуска	Единицы измерения	Степень точности						
			4	5	6	7	8	9	10
Св. 25 до 40	AT_α	мкрад	100	160	250	400	630	1000	1600
	$AT_{\alpha'}$	... °	21"	33"	52"	1'22"	2'10"	3'	5'
	AT_h	мкм	2,5 –	4,0 –	6,3 –	10 –	16 –	25 –	40 –
	AT_D		4,0	6,3	10	16	25	40	63
Св. 40 до 63	AT_α	мкрад	80	125	200	315	500	800	1250
	$AT_{\alpha'}$	... °	16"	26"	41"	1'5"	1'43"	2'30"	4'
	AT_h	мкм	3,2 –	5,0 –	8,0 –	12,5 –	20 –	32 –	50 –
	AT_D		5,0	8,0	12,5	20	32	50	80
Св. 63 до 100	AT_α	мкрад	63	100	160	250	400	630	1000
	$AT_{\alpha 1}$	... °	13"	21"	33"	52"	1'22"	2'	3'
	AT_h	мкм	4,0 –	6,3 –	10 –	16 –	25 –	40 –	63 –
	AT_D		6,3	10	16	25	40	63	100

Контроль углов мелких и плоских деталей возможен **комплексным методом** с помощью проекционных приборов путем **сравнения** их контуров с вычерченным в увеличенном масштабе двойным предельным контуром годного профиля. При этом контролируют допуски угла AT_α и AT_h , отклонение от прямолинейности сторон угла и другие параметры.

Комплексный контроль конических деталей осуществляют, как правило, **калибрами** с использованием краски по полноте прилегания сопрягаемых поверхностей.

Поэлементные измерения углов и конусов разделяют на три основные группы:

– измерение сравнением с жесткой образцовой мерой (угловыми мерами, шаблонами, угольниками);

– измерение прямое (гониометрическим методом) приборами, имеющими угломерную шкалу (при помощи гониометра, оптической делительной головки, универсального и инструментального микроскопов, угломеров с нониусом и др.);

– измерение косвенное (тригонометрическим методом на универсальном микроскопе, при помощи шариков, синусных и тангенсных линеек и т.п.).

Универсальные и специальные средства поэлементных измерений и контроля конических деталей приведены в табл. 33 и 34. Указанные средства могут быть использованы для измерения и контроля конусных калибров и инструментальных конусов.

33. Средства поэлементных измерений и контроля наружных конических поверхностей [3, 4]

Контролируемый параметр	Наименование средства измерения и контроля	Степень точности измеряемого конуса
1	2	3
Угол конуса	Пневматический прибор	$AT4 - AT8$
	Синусная линейка $L = 200$ мм кл. 1*, концевые меры кл. 2, головка измерительная пружинная с ценой деления 1 мкм, плита поверочная кл. 0	$AT6 - AT8$
	Синусная линейка $L = 300$ мм кл. 1, концевые меры кл. 2, головка измерительная пружинная с ценой деления 0,5 мкм, плита поверочная кл. 0	$AT4 - AT8$
	Универсальный прибор с синусным столом (при трехкратном измерении с перестановкой измеряемой детали)	$AT4 - AT8$

1	2	3
Диаметр конуса	Калибр-втулка (по отклонению базорасстояния)	<i>AT6 – AT12</i>
	Универсальное средство измерения (например, микрометр) с использованием двух аттестованных роликов	–
	Универсальное средство измерения (например, индикатор часового типа со стойкой) с использованием синусной линейки и одного аттестованного ролика	–
	Универсальный измерительный микроскоп	–
Диаметр конуса	Трехкоординатная измерительная машина	<i>AT6 – AT12</i>
Отклонение от прямолинейности образующих	Линейки поверочные лекальные с двусторонними скосами типа ЛД кл. 0	<i>AT6, AT7</i>
	Прибор для контроля прямолинейности образующих	<i>AT5 – AT7</i>
	Универсальный прибор с синусным столом	<i>AT5 – AT7</i>
Отклонение от круглости поперечных сечений	Кругломер (любая станковая модель)	<i>AT4 – AT8</i>
* - кл. 0, кл. 1, кл. 2 – соответственно нулевой, первый и второй класс точности СИ.		

34. Средства поэлементных измерений и контроля внутренних конических поверхностей [3, 4]

Контролируемый параметр	Наименование средства измерения и контроля	Степень точности измеряемого конуса
1	2	3
Угол конуса	Пневматическая пробка	<i>AT6 – AT8</i>
	Синусная линейка $L = 300$ мм кл. 1, концевые меры кл. 2, головка измерительная рычажно-пружинная, плита поверочная кл. 0	<i>AT6 – AT8</i>
	Универсальный прибор с синусным столом (при трехкратном измерении с перестановкой измеряемой детали)	<i>AT4 – AT8</i>
	Универсальное измерительное средство (например, микрометрический глубиномер) с использованием двух аттестованных шариков	–
Диаметр конуса	Калибр-пробка (по отклонению базорасстояния)	<i>AT6 – AT12</i>

1	2	3
Отклонение от прямолинейности образующих	Универсальный прибор с синусным столом	<i>AT5 – AT7</i>
Отклонение от круглости поперечных сечений	Кругломер	<i>AT4 – AT8</i>

5.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12 ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ УГЛОМЕРОВ С НОНИУСОМ

Цель работы: изучение методики и техники измерения угловых размеров угломерами с нониусом.

Задание:

- определить погрешность угломера с помощью угловых мер;
- измерить угломером угловые размеры проверяемой детали и дать заключение о ее годности по этим размерам.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: угловые меры 4 – 1; угломер транспортный или универсальный; объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

5.2.1. Угловые меры

Угловые меры служат для измерения углов шаблонов и контршаблонов, для проверки показаний угломеров и, в отдельных случаях, для проверки изделий. Призматические угловые меры изготавливают по ГОСТ 2875 из закаленной высококачественной стали. Угловые меры поставляют наборами, комплектуемыми из угловых мер типов I, II, III, соответственно с одним рабочим углом со срезанной вершиной (рис. 37, а), с одним рабочим углом остроугольные (рис. 37, б) и с четырьмя рабочими углами (рис. 37, в). Угловые меры имеют доведенные ($Ra = 0,02$ мкм) измерительные поверхности и отверстия, позволяющие осуществить с помощью набора принадлежностей соединение угловых мер в блоки.

Призматические угловые меры выпускают трех классов точности: 0, 1 и 2.

5.2.2. Угломеры с нониусом

Угломеры с нониусом выпускают трех типов: тип 1 – моделей 2УМ и 5УМ, тип 4 – модель 4УМ, тип 2 – модель 127. В зависимости от конструкции различают угломеры транспортные (модели 2УМ, 5УМ, 4УМ) и универсальные (модель 127).

Угломеры транспортные

Угломеры транспортные (табл. 35) предназначены для измерения наружных углов различных изделий. Кроме того, конструкция таких угломеров позволяет производить разметочные работы на плоскости.

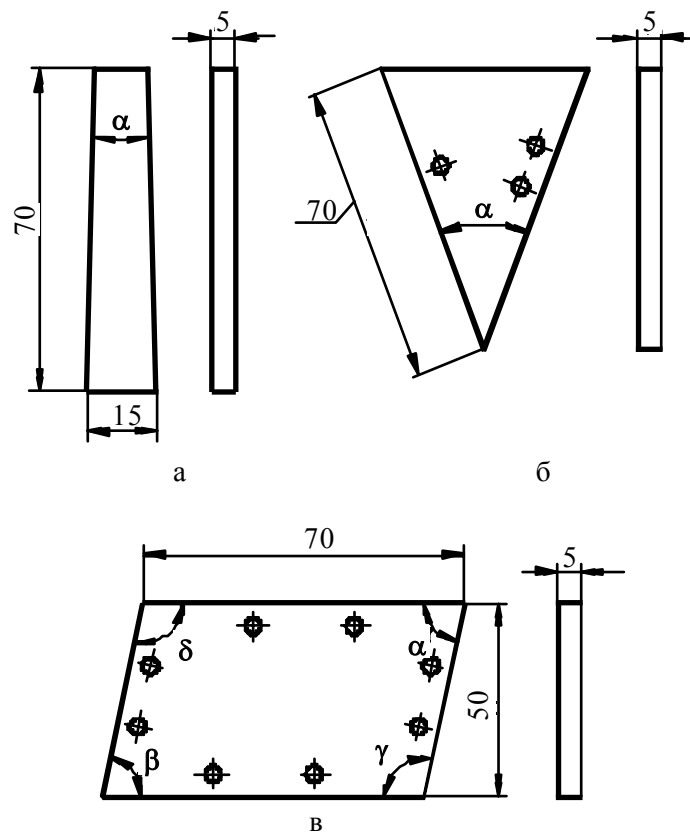


Рис. 37. Угловые меры: а, б, в – соответственно I, II и III типов

Угломер транспортный (рис. 38) состоит из основания 2, на котором нанесена основная шкала с ценой деления 1 градус, неподвижной (жестко закрепленной на основании) линейки 1 и подвижной линейки 10, поворачивающейся вокруг оси 7 совместно с нониусом 5. Для точной установки линейки 10 в определенном положении служит микрометрический винт 4, вращаемый при закрепленном стопорном винте 3. Стопорный винт 6 служит для закрепления линейки 10 в требуемом положении, а угольник 8, устанавливаемый на линейке 10 с помощью хомутика 9, – для измерения углов от 0 до 90°.

35. Технические характеристики угломеров транспортирных

Параметр	Тип 1		Тип 4
	Модель		
	2УМ	5УМ	4УМ
Диапазон измерения, град.	0 ... 180		
Диапазон показаний, град.	0 ... 90		
Цена деления основной шкалы, град.	1		
Значение отсчета по нониусу, мин.	2	5	15
Предельная погрешность, мин.	± 2	± 5	± 10

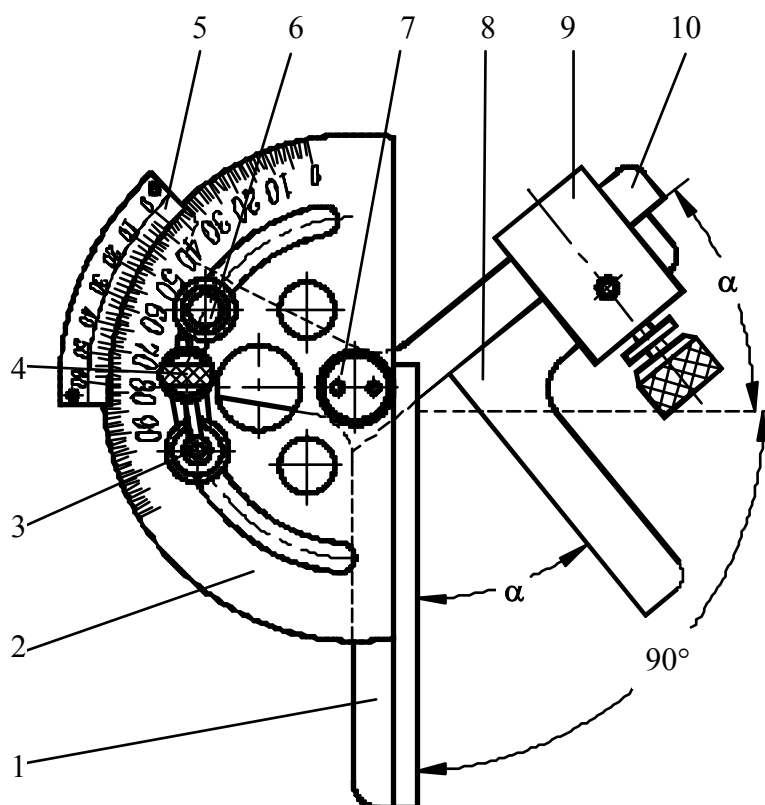


Рис. 38. Угломер транспортирный: 1 – линейка; 2 – основание; 3, 6 – стопорный винт; 4 – микрометрический винт; 5 – нониус; 7 – ось; 8 – угольник; 9 – хомутик; 10 – подвижная линейка

Угломер универсальный модели 127

Угломер универсальный предназначен для измерения наружных и внутренних углов различных изделий.

Техническая характеристика угломера универсального

- Диапазон измерения наружных углов, град. 0 ... 360
- Диапазон измерения внутренних углов, град. 40 ... 180
- Диапазон показаний, град. 0 ... 360

- Цена деления основной шкалы, град. 1
- Значение отсчета по нониусу, мин. 2
- Предельная погрешность, мин. ± 2

Угломер универсальный (рис. 39) состоит из основания 1, на котором нанесена основная шкала с ценой деления 1° , сектора 4 с закрепленным на нем нониусом 3, угольника 2, устанавливаемого на секторе 4 с помощью хомутика 6 и съемной линейки 7, соединенной с угольником 2 хомутиком 8. С основанием 1 жестко соединена измерительная линейка 5, а сектор 4 имеет возможность перемещения относительно основания 1 вместе с нониусом 3. Стопорный винт 9 служит для фиксации измерительной линейки 5.

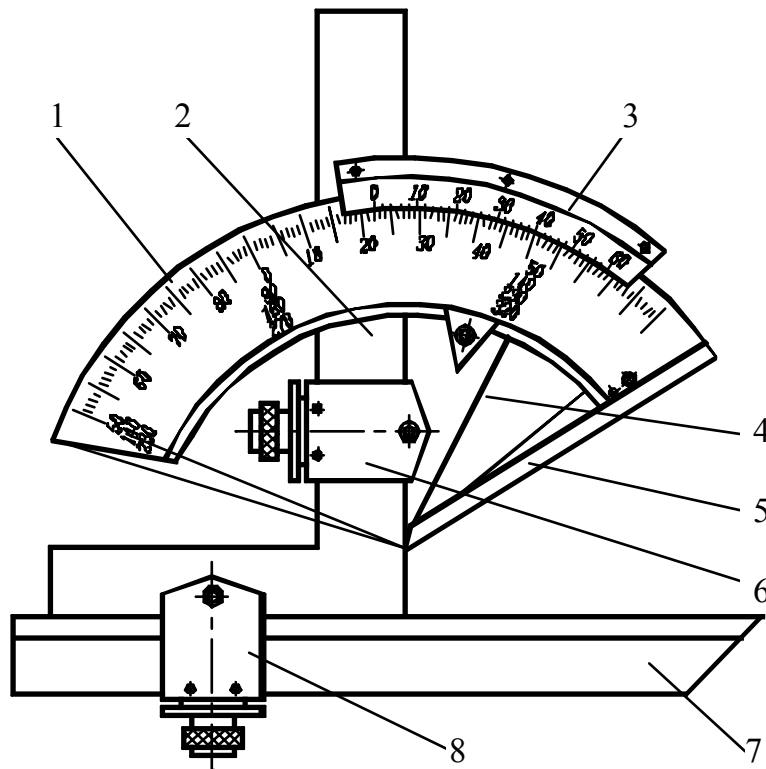


Рис. 39. Угломер универсальный: 1 – основание; 2 – угольник; 3 – нониус; 4 – сектор; 5 – измерительная линейка; 6, 8 – хомутик; 7 – съемная линейка; 9 – стопорный винт

5.2.3. Измерение углов изделий с помощью угломеров

Измерение углов транспортным угломером производят путем наложения на стороны детали, образующие измеряемый угол, линеек 1 и 10 угломера (см. рис. 38) при измерении тупых углов ($90^\circ + \alpha$) или линейки 1 и угольника 8 при измерении острых углов α . Наложение осуществляют так, чтобы между линейками угломера и сторонами детали не было видимого просвета.

Значения измеряемого угла отсчитывают по основной шкале на основании 2 и шкале нониуса 5. Первый штрих шкалы нониуса, обозначенный цифрой 0, является началом этой шкалы и одновременно указателем значения изме-

ряемого угла по основной шкале. Если штрих шкалы нониуса **0** совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы, то значение измеряемого угла отсчитывают только по основной шкале. Если этот штрих не совпадает ни с одним штрихом основной шкалы, то отсчет составляют из двух частей: значение угла, кратное 1° , определяют по ближайшему к нулевому штриху шкалы нониуса меньшему значению основной шкалы; к этому значению прибавляют значение угла в минутах, определяемое штрихом шкалы нониуса, совпадающим с штрихом основной шкалы, например, угол $39^\circ 6'$ на рис. 40.



Рис. 40. Шкалы угломера

Измерение наружных и внутренних углов универсальным угломером осуществляют по схемам, показанным на рис. 41. Наружные углы в диапазоне от 0 до 50° измеряют с помощью угольника 2 и линейки 7, совмещая стороны измеряемого угла с измерительными поверхностями линеек 5 и 7 (см. рис. 41, а).

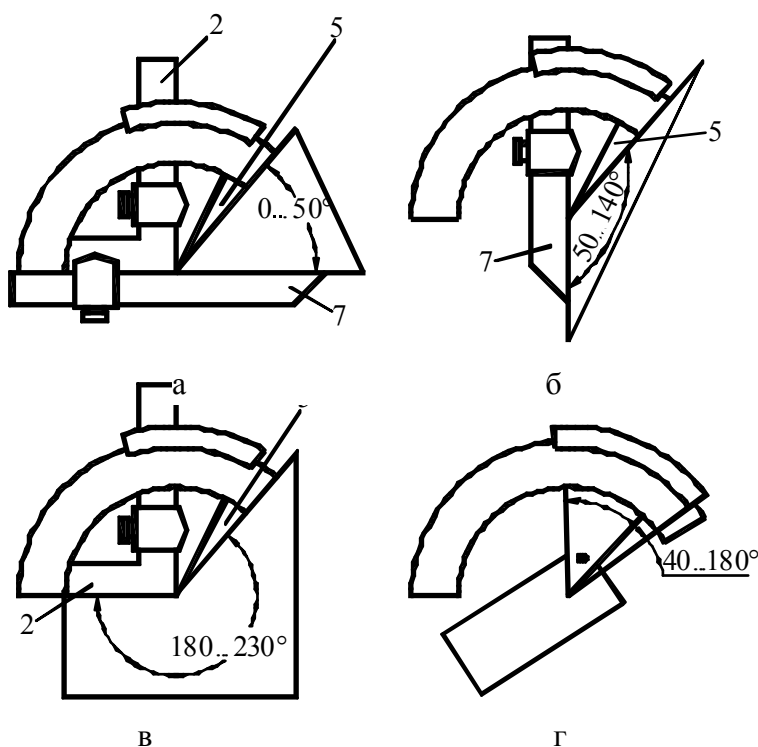


Рис. 41. Схемы измерения универсальным угломером:

а, б – наружных углов; в, г – внутренних углов

Наружные углы в диапазоне от 50° до 140° измеряют при снятом угольнике 2 и установленной на его месте линейке 7 (рис. 41, б). Измерительные поверхности короткой стороны угольника 2 и линейки 5 при снятой линейке 7 (рис. 41, в) используют для измерения наружных тупых углов от 140° до 180° и внутренних тупых углов от 180° до 230° . Внутренние углы в диапазоне от 40° до 180° измеряют при снятых угольнике 2 и линейке 7 (см. рис. 41, г).

Правила отсчета значений измеряемых универсальным угломером углов аналогичны правилам отсчета по шкале транспортирного угломера.

5.2.4. Определение погрешности показаний угломера с нониусом

Определение погрешности показаний угломеров производят по угловым мерам не менее чем в 5–7 точках, расположенных равномерно по основной шкале и шкале нониуса, при открепленном и закрепленном стопорном винте 6 транспортирного (см. рис. 38) или винте 9 универсального (см. рис. 39) угломеров. Для проверки используют угловые меры 1-го класса точности с углами $15^\circ 10'$; $30^\circ 20'$; $45^\circ 30'$; $60^\circ 40'$; $75^\circ 50'$ и $134^\circ 30'$. Показания годных угломеров при совмещении их измерительных поверхностей с измерительными поверхностями угловых мер не должны отличаться от действительных размеров угловых мер более чем на величину предельной погрешности, указанной в технической характеристике угломера.

5.2.5. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают конструкции транспортирного и универсального угломеров.
- Определяют погрешность показаний одного (по указанию преподавателя) из угломеров. Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 36. Дают заключение о годности угломера по точности.
- Вычерчивают эскиз детали с указанием заданных угловых размеров.
- Измеряют угловые размеры детали указанным угломером (см. п. 5.2.3). Многократное измерение осуществляют при закрепленных стопорных винтах 6 (см. рис. 38) или 9 (см. рис. 39) с числом единичных измерений $n \geq 5$. Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 37.
- Определяют по чертежу предельные (наибольший и наименьший) угловые размеры детали.
- Дают заключение о годности детали по каждому угловому размеру.

36. Результаты определения погрешности показаний угломера

Проверяемые углы, град.	Показания угломера, град.		Отклонение угла, мин.	
	при открепленном стопорном винте	при закрепленном стопорном винте	при открепленном стопорном винте	при закрепленном стопорном винте
Заключение о годности угломера по точности				

37. Результаты измерения угловых размеров детали

Номер наблюдения	Измеряемые углы, град. и мин.			
	α	β	γ	δ
1				
2				
3				
Предельные размеры, град. и мин.	наиб.			
	наим.			
Заключение о годности угла				

5.2.6. Контрольные вопросы

1. Назовите единицы измерения угловых размеров.
2. Сколько степеней точности угловых размеров устанавливает ГОСТ 8908 ?
3. Как обозначают стандартный допуск углового размера ?
4. Какие степени точности угловых размеров реально достижимы в производственных условиях в настоящее время ?
5. Приведите примеры использования различных степеней точности для нормирования точности угловых размеров.
6. Какой величиной можно задать допуск углового размера ?

7. Как располагается допуск углового размера относительно номинального значения этого размера ?
8. Какая сторона угла является определяющей при назначении допуска ?
9. Назовите виды и методы измерения и контроля угловых размеров изделий.
10. Каково назначение угловых мер ?
11. Сколько типов и какие классы точности угловых мер Вы знаете ?
12. Какой конструктивный элемент угловых мер позволяет собирать их в блоки?
13. Каково назначение угломеров ?
14. Какие типы угломеров Вы знаете и каковы их метрологические характеристики ?
15. Назовите основные детали транспортирного и универсального угломеров.
16. Как осуществляется отсчет по нониусу угломера ?
17. Дайте характеристику вида и метода измерения угломером с нониусом.
18. Как осуществляют определение погрешности показаний угломеров и какие угломеры считают годными ?

5.2.7. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 402 – 417].
2. [12, с. 246 – 248].

5.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13 ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ УГЛА НАРУЖНОГО КОНУСА

Цель работы: изучение тригонометрического метода и техники измерения отклонения угла наружного конуса.

Задание: с помощью синусной линейки измерить отклонение угла наружного инструментального конуса, определить степень точности конуса.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: поверочная плита, синусная линейка ЛС 100 × 60, индикатор часового типа ИЧ10, штатив Ш-ПН, концевые меры 1-Н12, объект измерения с наружным конусом Морзе (выдает преподаватель).

5.3.1. Синусная линейка

Синусная линейка предназначена для поворота на заданный угол α ($\alpha < 45^\circ$) деталей при косвенном измерении отклонений их угловых размеров тригонометрическим методом.

Основными элементами синусной линейки являются рабочий столик 3 (рис. 42) и два цилиндрических ролика 2, расположенные на расстоянии l друг от друга. Согласно ГОСТ 4046 синусные линейки выпускают с базовой длиной l 100, 200 и 300 мм 1-го и 2-го классов точности.

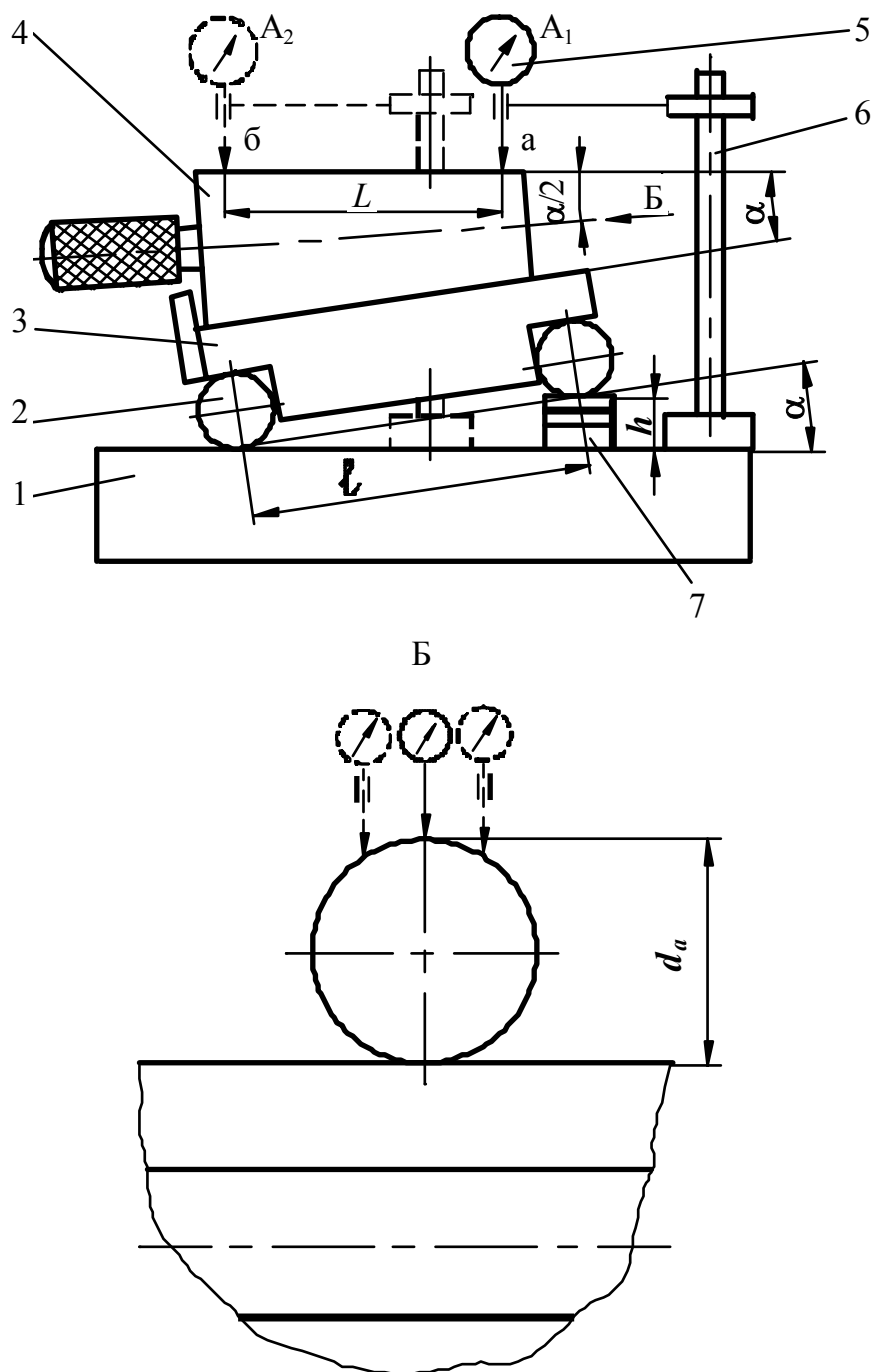


Рис. 42. Схема измерения отклонения угла наружного конуса с помощью синусной линейки: 1 – поверочная плита; 2 – ролик; 3 – рабочий столик; 4 – объект измерения; 5 – измерительный прибор; 6 – штатив; 7 – блок концевых мер; d_a – диаметр конуса в точке а

– Расстояние между осями роликов, мм	100
– Ширина линейки, мм	60
– Класс точности	2
– предельная погрешность при установке на угол, меньший 45°, сек	10

5.3.2. Измерение отклонений угловых размеров с помощью синусной линейки

Для измерения отклонения угловых размеров синусную линейку устанавливают на поверочную плиту 1 (см. рис. 42) и наклоняют рабочий столик 3 на угол α , равный номинальному значению измеряемого угла. Для этого под один из роликов 2 подкладывают блок концевых мер, размер h которого определяют по формуле

$$h = \ell \cdot \sin \alpha . \quad (30)$$

Измеряемую деталь 4 устанавливают на рабочий столик 3 и измеряют с помощью измерительного прибора 5 (например индикатора часового типа) отклонение от параллельности образующей наружного конуса детали 4 относительно поверхности поверочной плиты 1. С этой целью настроенный на размер прибор 5 перемещают из точки **а** в точку **б** (см. рис. 42), снимая соответствующие показания*. Отклонение $\Delta \alpha$ угла α в угловых единицах определяют по формуле

$$\Delta \alpha = \arctg (A_1 - A_2) / L, \quad (31)$$

где A_1, A_2 – показания прибора 5 соответственно в точках **а** и **б**; L – расстояние между точками **а** и **б**.

5.3.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают методику измерения отклонений угловых размеров тригонометрическим методом.
- Зная номер конуса Морзе, по табл. 38 определяют угол α конуса; по формуле (30) подсчитывают размер h блока концевых мер.

* Разность показаний измерительного прибора в точках **а** и **б** представляет собой отклонение угла α Δh в линейных единицах $\Delta h = A_1 - A_2$

– Подбирают блок концевых мер с размером h (правила набора концевых мер длины в блок см. п. 4.3.4) и устанавливают синусную линейку и измеряемую деталь так, чтобы образующая конуса повернулась на угол конуса α (см. рис. 42).

38. Характеристики конусов Морзе (ГОСТ 8593)

Наименование конуса		Конусность	Угол конуса α
Инструментальный конус Морзе	1	$1 : 20,047 = 0,04988$	$2^{\circ}51'26''$
	2	$1 : 20,020 = 0,04995$	$2^{\circ}51'41''$
	3	$1 : 19,922 = 0,05020$	$2^{\circ}52'32''$
	4	$1 : 19,254 = 0,05194$	$2^{\circ}58'31''$

– Устанавливают индикатор в точке **а** на образующую конуса с натягом 1 ... 2 мм; перемещая индикатор в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном оси конуса, определяют максимальное показание индикатора, соответствующее диаметру d_a (см. вид *A* на рис. 42).

- Перемещая индикатор в горизонтальной плоскости вдоль оси конуса, устанавливают его в точке **б**, определяют показание, соответствующее диаметру d_b . Показания индикатора A_1 и A_2 соответственно в точках **а** и **б** заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 39.

39. Результаты измерения отклонения угла наружного конуса

Показания прибора, мм		Разность показаний, мм	Расстояние L , мм	Отклонение угла конуса		Степень точности конуса
A_1	A_2			Δh , мкм	$\Delta \alpha$, мин	

- Измеряют расстояние L между точками **а** и **б** с помощью измерительной линейки. Результат измерения заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 39.

- Используя формулу (31), определяют отклонение угла конуса $\Delta \alpha$.

- Сравнивая значение $\Delta \alpha$ с допускаемыми для разных степеней точности отклонениями угла, выраженными величиной AT_{α} (см. табл. 32), определяют степень точности конуса (степень точности конуса можно определить и срав-

нив отклонение угла конуса Δh с допускаемыми отклонениями угла конуса, выраженными величиной AT_h).

5.3.4. Контрольные вопросы

- 1 – 9. См. контрольные вопросы 1 – 9 к лабораторной работе № 12.
10. Каково назначение синусной линейки ?
11. Назовите основные элементы синусной линейки.
12. Какие типы и классы точности синусных линеек Вы знаете?
13. Дайте характеристику вида и метода измерения отклонения угла конуса с помощью синусной линейки.
14. Какие параметры точности угла конуса можно определить с помощью синусной линейки ?
15. Какова метрологическая характеристика используемого индикатора ?

5.3.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 402 – 417].
2. [3, с. 148 – 159].
3. [12, с. 246 – 248].

5.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14 ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ НАРУЖНОГО КОНУСА

Цель работы: изучение методики и техники измерения диаметральных размеров наружных конусов с использованием синусной линейки и аттестованных роликов.

Задание: измерить диаметры малого и большого основания наружного конуса; дать заключение о годности конуса по этим размерам.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: аттестованные ролики, синусная линейка ЛС 100×60, микрометр МК 50-1 или МК 75-1, индикатор часового типа ИЧ02, штатив Ш-ПН-М-8, концевые меры 1-Н12, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

5.4.1. Измерение диаметральных размеров с помощью аттестованных роликов и синусной линейки

Поэлементный контроль диаметральных размеров конусов различных деталей, в том числе калибров, осуществляют *контактным методом*.

При измерении диаметра конуса с помощью аттестованных роликов (рис. 43, а, б) конус 1 большим или малым торцом устанавливают на поверочную плиту 3, к конусу прикладывают два аттестованных ролика одинакового диаметра 2 и измеряют (например, микрометром) размер m или M по роликам, после чего диаметры малого d или большого D основания конуса подсчитывают по формулам

$$d = m - d_p \frac{1 + \sin \alpha / 2 + \cos \alpha / 2}{\cos \alpha / 2} ; \quad (32)$$

$$D = M - d_p \frac{1 + \sin \alpha / 2 + \cos \alpha / 2}{\cos \alpha / 2} , \quad (33)$$

где m , M – измеряемый параметр, мм; d_p – диаметр аттестованных роликов, мм; α – угол конуса, град.

При измерении диаметральных размеров с помощью синусной линейки I (см. п. 5.3.1) аттестованный ролик 4 помещают (рис. 44, а) у малого торца конуса 2 так, чтобы его образующая касалась торца конуса. Диаметр ролика 4 выбирают таким, чтобы положение по высоте его верхней образующей совпадало с номинальным положением верхней образующей измеряемого конуса. Диаметр ролика определяют по формуле

$$d_p = d \frac{\cos \alpha / 2}{1 + \sin \alpha / 2} . \quad (34)$$

Если используют ролик произвольного (меньшего) размера (см. рис. 44, б), то под него помещают блок концевых мер. Размер блока

$$h_1 = d \cos \alpha - d'_p (1 + \sin \alpha / 2), \quad (35)$$

где d'_p – диаметр аттестованного ролика произвольного размера, мм.

Отклонение диаметра Δd от номинального значения d^n определяют по разности показаний A_1 и A_2 измерительного прибора б (например, индикатора часового типа).

Размер блока концевых мер, подкладываемых под один из опорных роликов синусной линейки, рассчитывают по формуле (30).

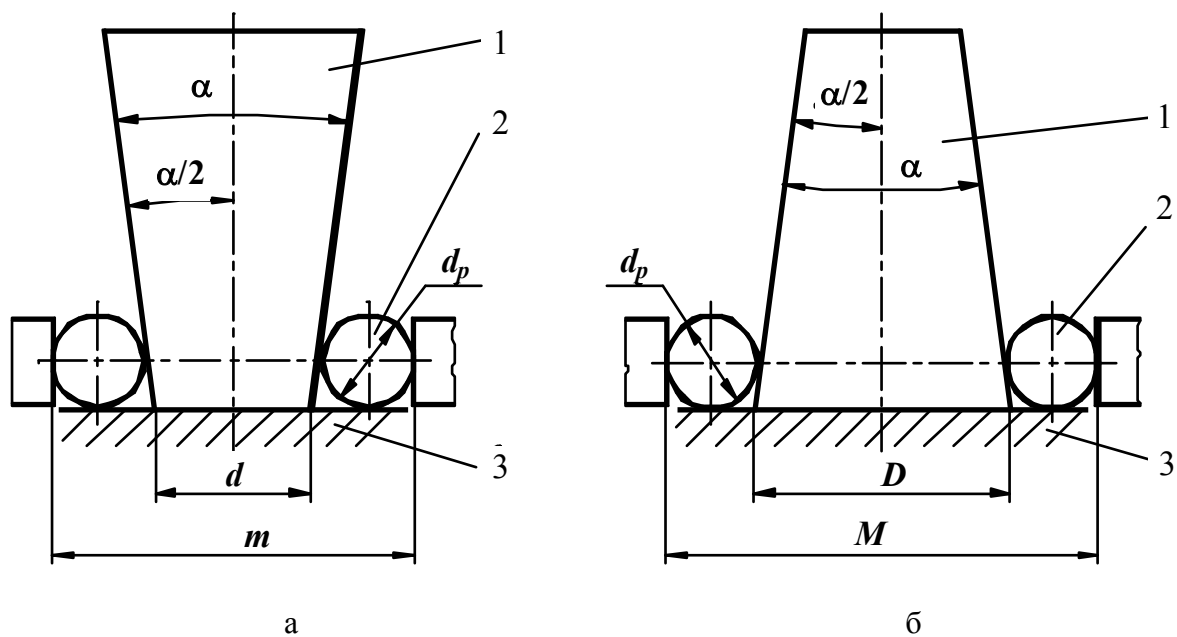


Рис. 43. Схемы измерения диаметров наружного конуса с использованием аттестованных роликов: а, б – измерение соответственно диаметра малого и большого основания; 1 – измеряемый конус; 2 – ролик; 3 – поверочная плита

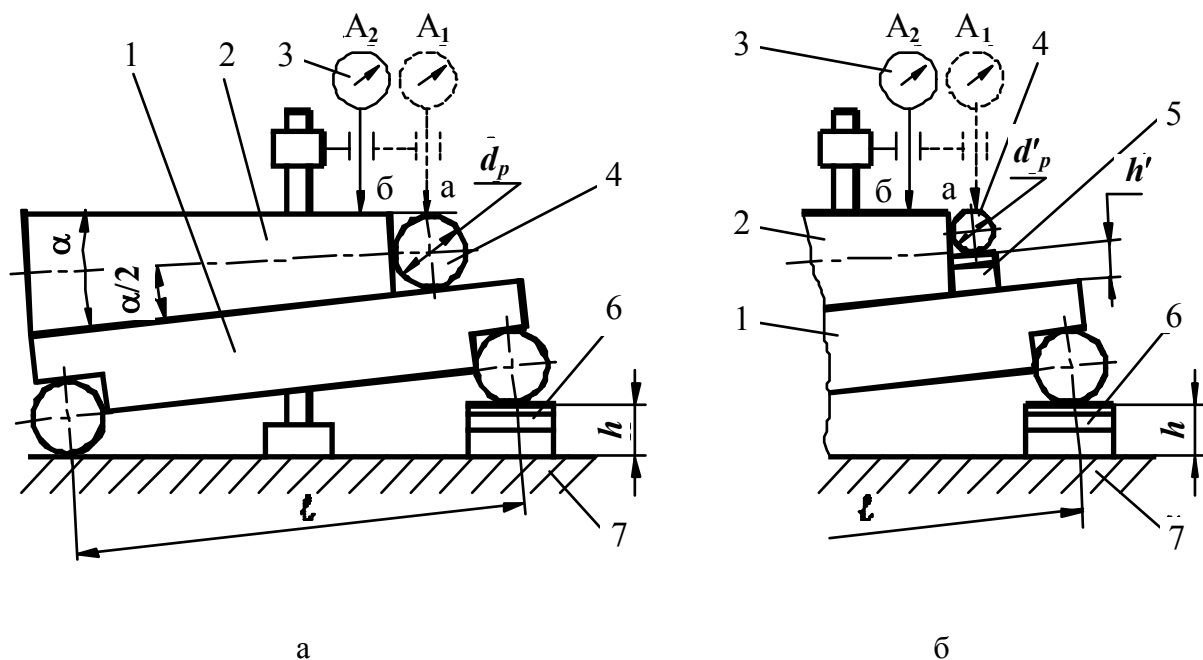


Рис. 44. Схемы измерения диаметра малого основания конуса на синусной линейке: а – с помощью ролика с расчетным диаметром; б – с помощью ролика и блока концевых мер; 1 – синусная линейка; 2 – измеряемый конус; 3 – индикатор; 4 – ролик; 5, 6 – блок концевых мер; 7 – поверочная плита

5.4.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают методику измерения диаметральных размеров с помощью аттестованных роликов и синусной линейки.

Измерение диаметров конуса с помощью аттестованных роликов

- Устанавливают конус 1 малым основанием на плиту 3 (см. рис. 43, а). Прижимают к образующим конуса аттестованные ролики 2 и измеряют расстояние m между ними с помощью микрометра.
- По формуле (32) определяют диаметр малого основания.
- Аналогично измеряют диаметр большого основания (см. рис. 43, б), используя при этом формулу (33).
- Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 40.

40. Результаты измерения диаметральных размеров, (мм) конуса с помощью двух аттестованных роликов

Измеряемый диаметр	Размеры конуса			Диаметр ролика d_p	Показания микрометра при измерении размеров m или M	Действительный диаметр	Заключение о годности конуса по диаметрам d и D
	номинальный	наибольший предельный	наименьший предельный				
Малого основания d							
Большого основания D							

- По чертежу конуса определяют предельные значения его диаметров d и D .
- Дают заключение о годности конуса по этим диаметрам.

**Измерение диаметра конуса с помощью синусной линейки
и аттестованного ролика**

– Устанавливают синусную линейку 1 на поверочную плиту 7 (рис. 44, а, б). На синусную линейку 1 устанавливают измеряемый конус 2 и закрепляют при необходимости прижимами. Зная конусность и угол конуса α , по формуле (30) подсчитывают величину h блока концевых мер.

– Набирают блок концевых мер 6 из набора и подкладывают его под один из роликов синусной линейки 1 так, чтобы измеряемый конус 2 развернулся на угол α и образующая номинального конуса заняла положение, параллельное плоскости поверочной плиты (правила набора концевых мер длины в блок см. в п. 4.3.4).

– В зависимости от размера измерительного ролика 4 по формуле (35) подсчитывают размер h' блока 5 концевых мер и устанавливают их вместе с роликом 4 около малого основания конуса 2.

– Устанавливают индикатор 3 на ролик 4 в точке **а** (точке **а** соответствует максимальное показание индикатора при его перемещении в направлении оси конуса). Снимают показание индикатора A_1 .

– Переводят индикатор 3 на малое основание конуса 2 в точку **б** и снимают показания индикатора A_2 .

– По разности показаний индикатора определяют отклонение диаметра конуса Δd от его номинального значения d^n .

– Рассчитывают действительный диаметр малого основания конуса, как алгебраическую сумму значений d^n и Δd .

– Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 41.

**41. Результаты измерения диаметра малого основания конуса
с помощью синусной линейки, мм**

Номинальный диаметр d^n конуса	Диаметр ролика		Размер блока концевых мер		Показания индикатора		Отклонение диаметра Δd	Действительный диаметр d^o конуса
	d_p	d_p'	h	h_1	в точке A_1	в точке A_2		
Предельные значения диаметра d конуса						Заключение о годности конуса по диаметру d		
d_{max}		d_{min}						

– Дают заключение о годности конуса по диаметру d .

5.4.3. Контрольные вопросы

- 1 – 9. См. контрольные вопросы 1 – 9 к лабораторной работе № 12.
10. Дайте характеристику вида и метода измерения диаметра конуса с помощью двух аттестованных роликов.
11. Каким образом измеряют диаметр конуса с помощью двух роликов ?
12. Каким образом измеряют диаметр конуса с помощью синусной линейки и ролика ?
13. Каковы метрологические характеристики используемых в работе индикатора часового типа, микрометра и синусной линейки ?
14. Для чего в выполняемой работе используется синусная линейка ?

5.4.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 402 – 417].
2. [3, с. 148 – 159].
3. [12, с. 246 – 248].

5.5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15 ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА ВНУТРЕННЕГО КОНУСА С ПОМОЩЬЮ ШАРИКОВ

Цель работы: изучение тригонометрического метода и техники измерения угла внутреннего конуса.

Задание: с помощью шариков измерить угол внутреннего конуса, определить конусность и степень точности конуса.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: набор аттестованных шариков; микрометрический глубиномер ГМ100 или штангенглубиномер ШГ-160; штангенциркуль ШЦ-I; объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

5.5.1. Измерение угла внутреннего конуса с помощью шариков

Угол внутреннего конуса можно косвенно измерить с помощью двух аттестованных шариков. При таком измерении цилиндрическую деталь 2 (рис. 45) устанавливают на поверочной плите 1. В отверстие опускают шарик 3 диаметром d_1 ($d_1 < d_2$) и измеряют размер (расстояние) h_1 от торца детали до

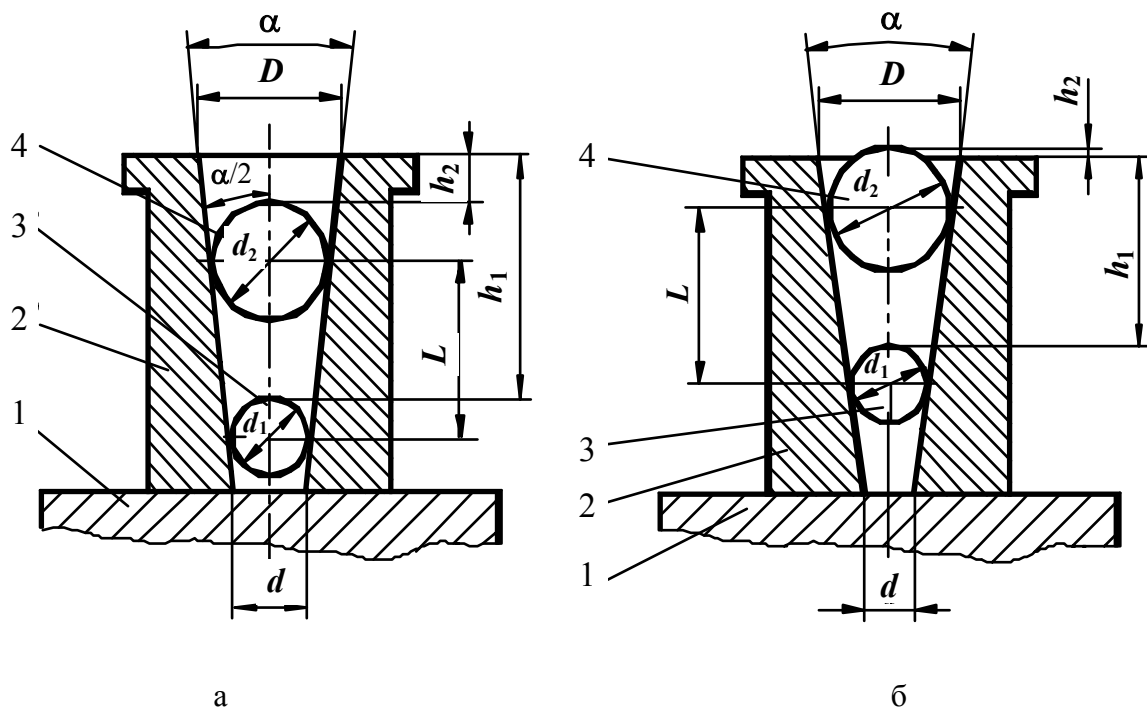


Рис. 45. Схемы измерения угла внутреннего конуса при помощи двух шариков:
 а – $L = h_1 - h_2$; б – $L = h_1 + h_2$; 1 – поверочная плита; 2 – измеряемая деталь;
 3, 4 – аттестованные шарики

верхней точки этого шарика. Затем в отверстие опускают второй шарик 4 диаметром d_2 и измеряют размер h_2 .

Угол $\alpha/2$ определяют из зависимости

$$\alpha/2 = \arcsin \frac{d_2 - d_1}{2[L - 0,5 \cdot (d_2 - d_1)]}, \quad (36)$$

где $L = h_1 - h_2$ при измерении по схеме рис. 45,а; $L = h_1 + h_2$ при измерении по схеме рис. 45,б.

5.5.2. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

– Штангенциркулем измеряют диаметры большого D и малого d оснований внутреннего конуса (см. рис. 45).

– Подбирают аттестованные шарики так, чтобы их диаметры были больше диаметра d малого и меньше диаметра D большого оснований конуса.

– Устанавливают деталь с внутренним конусом на плиту 1 (см. рис. 45) и выполняют измерения в соответствии с п. 5.5.1. Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 42.

42. Результаты измерения угла внутреннего конуса

Диаметры шариков, мм		Расстояния от торца изделия до шариков, мм		$\sin \alpha/2$	Угол конуса α , град.	Конусность $2 \operatorname{tg} \alpha/2$
d_1	d_2	h_1	h_2			
Действительное отклонение угла конуса, $\Delta \alpha$, сек.						
Степень точности конуса						
Предельные значения угла конуса				α_{max}		
				α_{min}		
Заключение о годности конуса по угловому размеру						

– По формуле (36) определяют угол конуса α .

– Определяют действительное отклонение угла конуса $\Delta \alpha$, как разность номинального и действительного значений угла конуса. Определяют степень точности конуса (см. табл. 32).

– Сравнивая действительное значение угла конуса с предельными значениями, указанными на чертеже, дают заключение о годности конуса по угловому размеру (выполняют вместо предыдущего пункта, если известны предельные размеры конуса).

5.5.3. Контрольные вопросы

1 – 9. См. контрольные вопросы 1 – 9 к лабораторной работе № 12.

10. Назовите методы и средства измерения и контроля угловых размеров конусов.

12. Дайте характеристику вида и метода измерения угла конуса с помощью двух шариков.

13. От чего зависят диаметры шариков, используемых для измерения угла внутреннего конуса?

14. С помощью каких инструментов можно измерить расстояния h_1 и h_2 (см. рис. 45)?

15. Какова метрологическая характеристика инструмента, использованного для измерения расстояний h_1 и h_2 ?

5.5.4. Рекомендуемая литература

- [1, с. 402 – 417].
- [3, с. 148 – 259].
- [12, с. 246 – 248].

5.6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16 ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЧАСОВОГО ПРОЕКТОРА

Цель работы: изучение методики и техники измерения на часовом проекторе.

Задание: измерить на часовом проекторе линейные и угловые размеры детали и дать заключение о ее годности по этим размерам.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: часовой проектор ЧП, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

5.6.1. Устройство часового проектора

Часовой проектор ЧП предназначен для измерения и контроля линейных и угловых размеров мелкогабаритных деталей сложной формы в проходящем и (или) отраженном свете в зависимости от конфигурации измеряемой детали.

Техническая характеристика часового проектора

– Увеличение	×10; ×20; ×50; ×100
– Диапазон измерений в продольном направлении, мм	0 ... 40
– Диапазон измерений в поперечном направлении, мм	0 ... 25
– Диапазон перемещений измерительного стола в вертикальном направлении, мм	0 ... 80
– Цена деления основных шкал, мм	1
– Цена деления барабанов микровинтов, мм	0,01
– Цена деления нониусов, мм	0,001

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В через понижающий трансформатор.

Часовой проектор ЧП состоит из следующих основных частей (рис. 46): основания 1 с экраном 2 и ползушкой 3 со сменными объективами 4; колонки 11 с измерительным столом 6, осветителем 9 и конденсаторами 10. Измерительный стол 6 перемещается в поперечном направлении при помощи микрометрического винта 5, а в продольном – при помощи микрометрического винта 13. Маховик 8 служит для вертикального перемещения измерительного стола 6. Измеряемую деталь 7 устанавливают на столе 6 и освещают проходящим све-

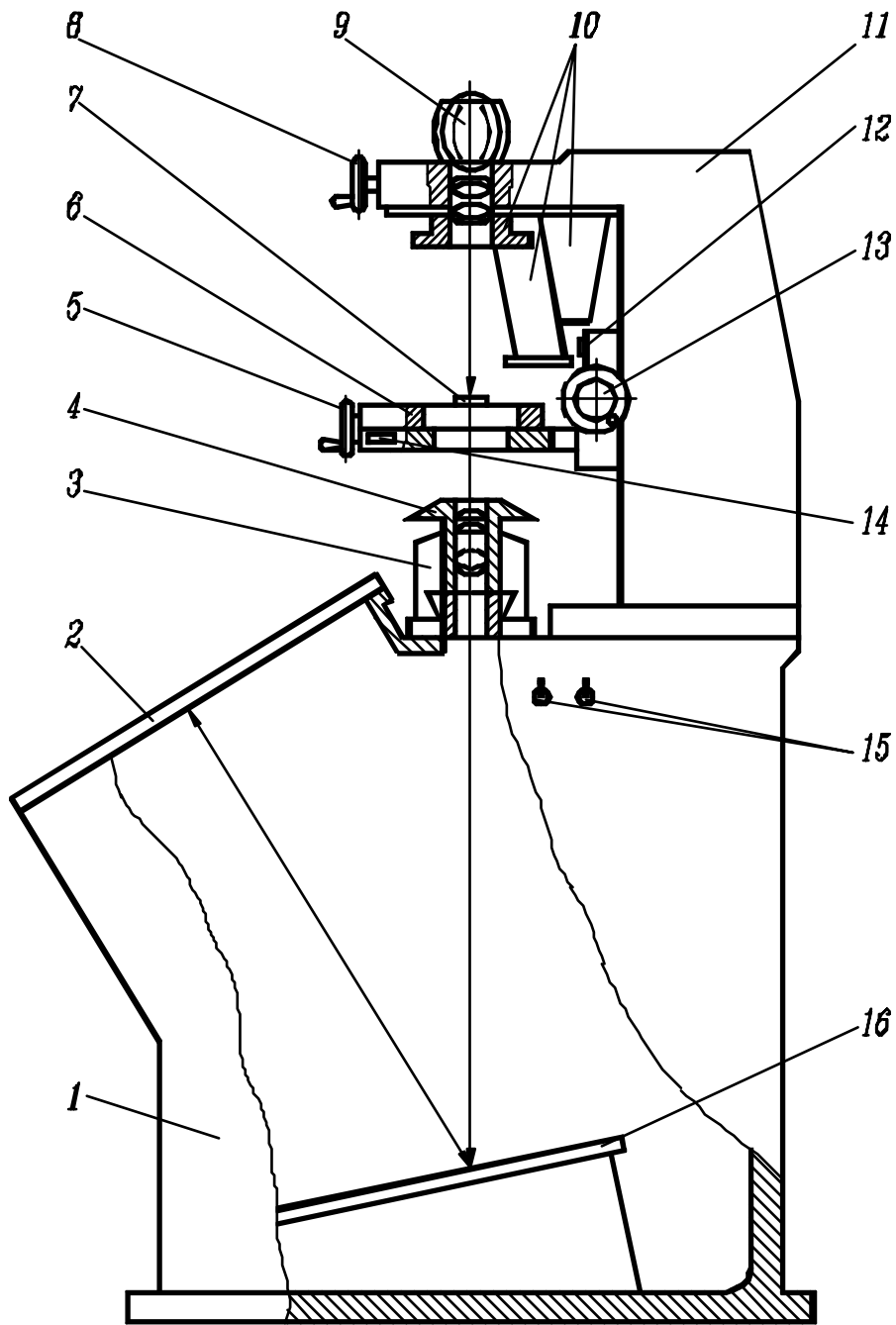


Рис. 46. Часовой проектор: 1 – основание; 2 – экран; 3 – ползушка; 4 – сменный объектив; 5 – микрометрический винт поперечного перемещения; 6 – измерительный стол; 7 – объект измерения; 8 – маховик вертикального перемещения; 9 – осветитель; 10 – сменный конденсор; 11 – колонка; 12, 14 – миллиметровые шкалы; 13 – микрометрический винт продольного перемещения; 15 – тумблеры осветительной системы; 16 – главное зеркало

том от осветителя 9 через сменный конденсор 10. Контур измеряемой детали 7 через сменный объектив 4 отображается зеркалом 16 на экран 2, имеющий две взаимно перпендикулярные визирные линии. Кратность увеличения изображения контура измеряемой детали на экране 2 изменяют подбором соответствующего объектива 4, перемещая ползушку 3. Положение объектива 4 относительно оптической оси проектора фиксируется с помощью зажимов, установленных на ползушке 3 сзади. В соответствии с выбранным объективом, поворотом револьверной головки устанавливают сменный конденсор 10, служащий для направления пучка света в объектив.

Переключением тумблеров 15 настраивают проектор на работу в проходящем или в отраженном свете.

Отсчет линейных перемещений измерительного стола 6 в продольном направлении производят по миллиметровой шкале 12 и шкале десятых и сотых долей миллиметра на барабане микровинта 13, в поперечном направлении – по миллиметровой шкале 14 и шкале десятых и сотых долей миллиметра на барабане микровинта 5. Для отсчета тысячных долей миллиметра барабаны микровинтов 5 и 13 снабжены нониусными устройствами (рис. 47).

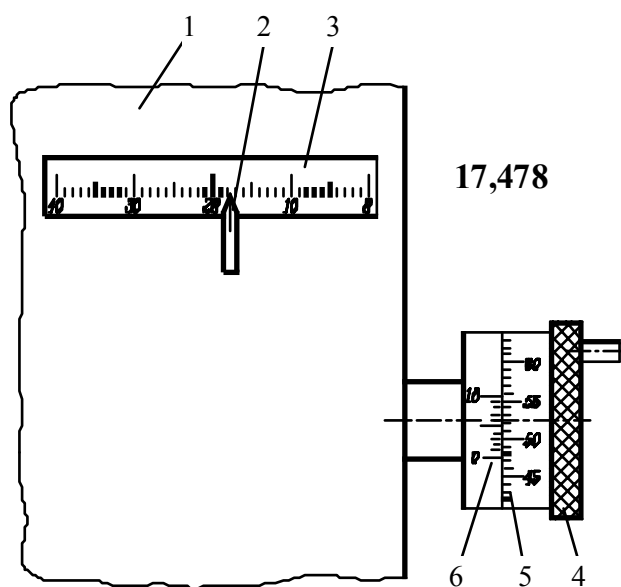


Рис. 47. Отсчетное устройство проектора: 1 – колонка; 2 – указатель миллиметровой шкалы; 3 – миллиметровая шкала; 4 – барабан микрометрического винта; 5 – шкала десятых и сотых долей миллиметра; 6 – нониус

5.6.2. Измерение и контроль линейных и угловых размеров деталей с помощью часового проектора

Измерение или контроль на проекторах производят в проходящем или в отраженном свете. В отраженном свете измеряют или контролируют размеры

непрозрачных элементов деталей, например «глухих» (несквозных) пазов, отверстий и т.п.

Различают следующие основные способы измерения и контроля размеров деталей на проекторах:

– контроль путем сравнения увеличенного изображения детали, полученного на экране, с двойным предельным контуром, вычерченным в соответствии с наибольшим и наименьшим предельными размерами детали;

– измерение линейных и угловых размеров с помощью отсчетных устройств, которыми снабжен проектор;

– измерение изображения детали, полученного на экране с помощью масштабной стеклянной линейки.

Первый способ наиболее распространен в промышленности и менее трудоемок, он позволяет одновременно оценить годность деталей по нескольким параметрам, т.е. осуществить комплексный контроль детали.

Второй и третий способы более сложны и трудоемки и применяются для поэлементного измерения размеров деталей.

Измеряемую деталь 7 устанавливают на предметном стекле измерительного стола 6 (см. рис. 46). Затем вертикальным перемещением стола 6 при помощи маховика 8 добиваются наиболее резкого изображения детали на экране 2 при выбранном увеличении. Поворачивая предметное стекло измерительного стола 6 вокруг вертикальной оси, располагают деталь так, чтобы измеряемые размеры были параллельны одному из направлений перемещения стола (продольному или поперечному).

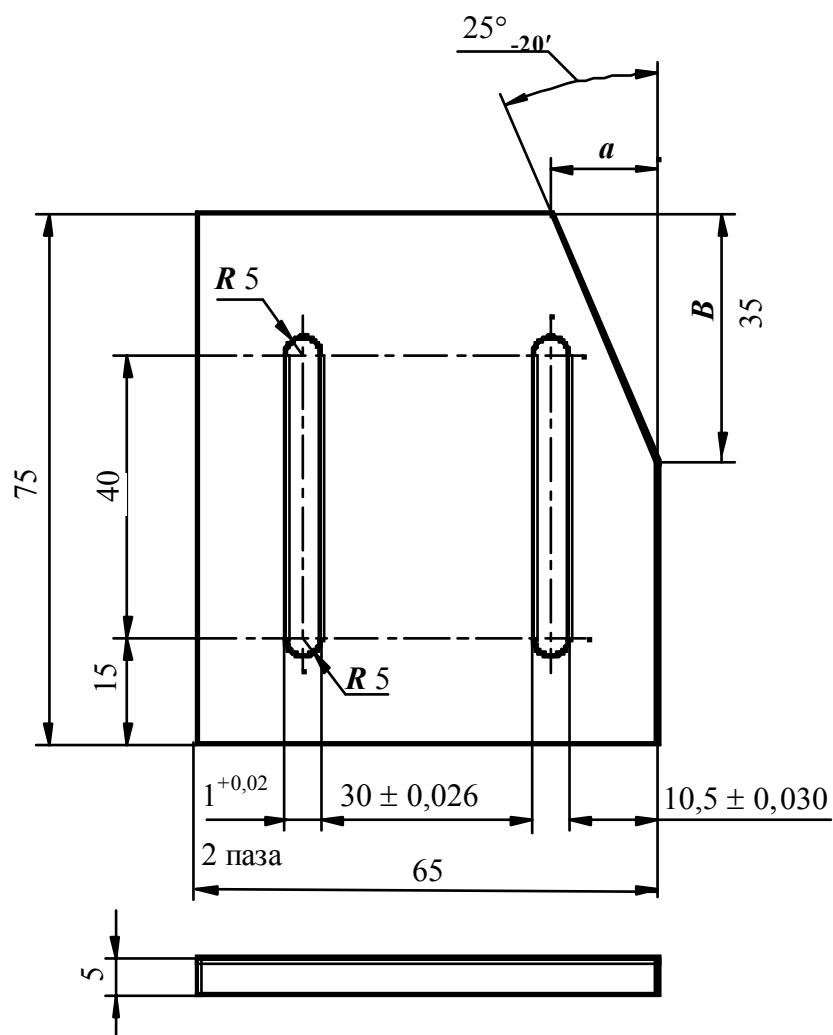
При использовании поэлементного метода измерений, вращением микровинтов 5 или 13 совмещают проекцию одной из поверхностей измеряемой детали, от которой задан измеряемый размер, с визирной линией на экране 2. Совмещение производят таким образом, чтобы визирная линия лежала без просвета на границе теневого контура измеряемой детали. В этом положении производят первый отсчет по миллиметровой шкале, шкалам десятых, сотых и тысячных долей миллиметра. Затем, перемещая измерительный стол 6 с помощью этого же микровинта в направлении измеряемого размера до совпадения визирной линии с проекцией другой поверхности, производят второй отсчет по тем же самым шкалам. Например, при продольном перемещении стола 6 с деталью 7 (см. рис. 46) при помощи микровинта 4 (см. рис. 47) первый отсчет по миллиметровой шкале составил 17 мм, по шкале десятых и сотых долей миллиметра на барабане микровинта 4–0,47 мм, а по нониусу того же микровинта – 0,008 мм. Таким образом, первый отсчет равен 17,478 мм. Второй отсчет при продольном перемещении стола 6 микровинтом 13 (см. рис. 46) по тем же самым шкалам равен 13,852 мм.

Действительный размер составляет $17,478 - 13,852 = 3,625$ мм.

Угловые размеры деталей (например, угол $\alpha = 25^\circ_{-20'}$ детали на рис. 48) можно измерить на часовом проекторе косвенно. Для этого прямым измерением определяют линейные размеры (например, размеры a и b на рис. 48) и расчетом определяют действительное значение требуемого угла.

Например, действительное значение угла α равно

$$\alpha^d = \arctg \frac{a}{b}.$$



ГОСТ 30893.1-m

Рис. 48. Чертеж пластины

При комплексном контроле вращением микровинтов 5 и 13 (см. рис. 46) совмещают действительный контур контролируемой детали 7 с двойным предельным контуром, вычерченным в соответствии с наибольшими и наименьшими предельными размерами контролируемой детали. Двойной предельный контур выполняют на полупрозрачной кальке, которую фиксируют на стеклян-

ном экране 2 прижимами. Если действительный контур детали находится внутри двойного предельного контура (поля допуска), то делают вывод о годности контролируемой детали.

5.6.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают конструкцию часового проектора.
- Устанавливают измеряемую деталь на столе проектора и выверяют его положение (см. п. 5.6.2).
- Настраивают проектор на необходимое увеличение подбором сменного объектива и соответствующего ему конденсора (см. п. 5.6.2).
- Регулируют резкость изображения измеряемой детали на экране (см. п. 5.6.2).
- Измеряют заданные на чертеже размеры. Каждое многократное измерение выполняют с числом единичных измерений $n \geq 3$. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 43.
- Дают заключение о годности детали по каждому размеру.

43. Результаты измерений

	Размер, мм												
	А			Б			В			α			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1-й отсчет													
2-й отсчет													
Действительный размер													
Предельные размеры	наибольший												
	наименьший												
Заключение о годности детали по размерам													

5.6.4. Контрольные вопросы

1. Назовите способы измерения и контроля деталей со сложным профилем.
2. Каково назначение часового проектора ?
3. Как оценивают годность детали при контроле комплексным методом на часовом проекторе ?
4. Дайте характеристику вида и метода измерения линейных размеров на часовом проекторе.

5. Какой метод измерения на часовом проекторе менее трудоемкий – комплексный или поэлементный ?
6. Можно ли измерить угловые размеры на часовом проекторе ?
7. Какова метрологическая характеристика часового проектора.
8. Назовите основные узлы и детали часового проектора.
9. Назовите кратность увеличения часового проектора.
10. В каком свете можно выполнять измерения на часовом проекторе – проходящем, отраженном ?
11. С помощью каких устройств производят перемещение измерительного стола ?
12. Для чего служит экран часового проектора ?

5.6.5. Рекомендуемая литература

1. [12, с. 129 – 130].

5.7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ КУЛАЧКА ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Цель работы: изучение методики и техники измерения размеров кулачка с помощью оптической делительной головки.

Задание: измерить радиусы кулачка при помощи оптической делительной головки и индикатора часового типа, вычертить действительный профиль кулачка.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: оптическая делительная головка ОДГ, индикатор часового типа ИЧ10, стойка С-IV, контрольный валик, объект измерения (выдает преподаватель).

5.7.1. Устройство оптической делительной головки

Оптическая делительная головка ОДГ предназначена для деления или поворота изделия на заданные углы, а также для измерения центральных углов.

Техническая характеристика оптической делительной головки

– Диапазон измерений, град.	0 ... 360
– Цена деления основной шкалы, град.	1
– Цена деления нониуса, мин.	1
– Предельная погрешность, сек.	20

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В через понижающий трансформатор.

Оптическая делительная головка состоит из следующих основных сборочных единиц (рис. 49): станины 1, корпуса 6 и задней бабки 13. Внутри корпуса 6 расположен шпиндель 11, который можно поворачивать на любой заданный угол через червячную передачу маховиком 3. Микровинт 4 служит для микрометрического поворота шпинделя 11. Положение шпинделя после поворота можно зафиксировать рукояткой зажима 2. Наружная шкала лимба 9 с ценой деления 1° предназначена для грубой установки шпинделя 11. Точный отсчет углового положения шпинделя производят с помощью окуляра 8, в поле зрения которого находится неподвижный нониус с ценой деления $1'$ и отдельные большие штрихи круговой шкалы (рис. 50) с ценой деления 1° . Для освещения шкал окуляра 8 служит осветитель 7 (см. рис. 49). При необходимости быстрого поворота шпинделя 11 на большой угол переключатель 5 опускают вниз и шпиндель проворачивают вручную. Кулачок устанавливают между соосными центрами шпинделя 11 и пиноли 12 задней бабки 13. Кулачок, установленный в центрах делительной головки, поворачивают с помощью поводка 10, закрепленного на шпинделе 11, и хомутика 6 (рис. 51), закрепленного на оправке, несущей кулачок.

5.7.2. Измерение размеров кулачка с помощью оптической делительной головки

В центрах шпинделя 11 и пиноли 12 (см. рис. 49) устанавливают оправку с контрольным валиком (рис. 51, а), радиус которого равен наибольшему радиусу измеряемого кулачка. Индикатор 3 закрепляют в стойке 4 и устанавливают так, чтобы линия измерения проходила через ось центров ОДГ, а предварительный натяг между измерительным стержнем индикатора и поверхностью валика 2 был равен 6 мм. В этом положении стойку 4 закрепляют на станине 1, стрелку большой шкалы индикатора устанавливают на ноль. Затем контрольный валик 2 снимают.

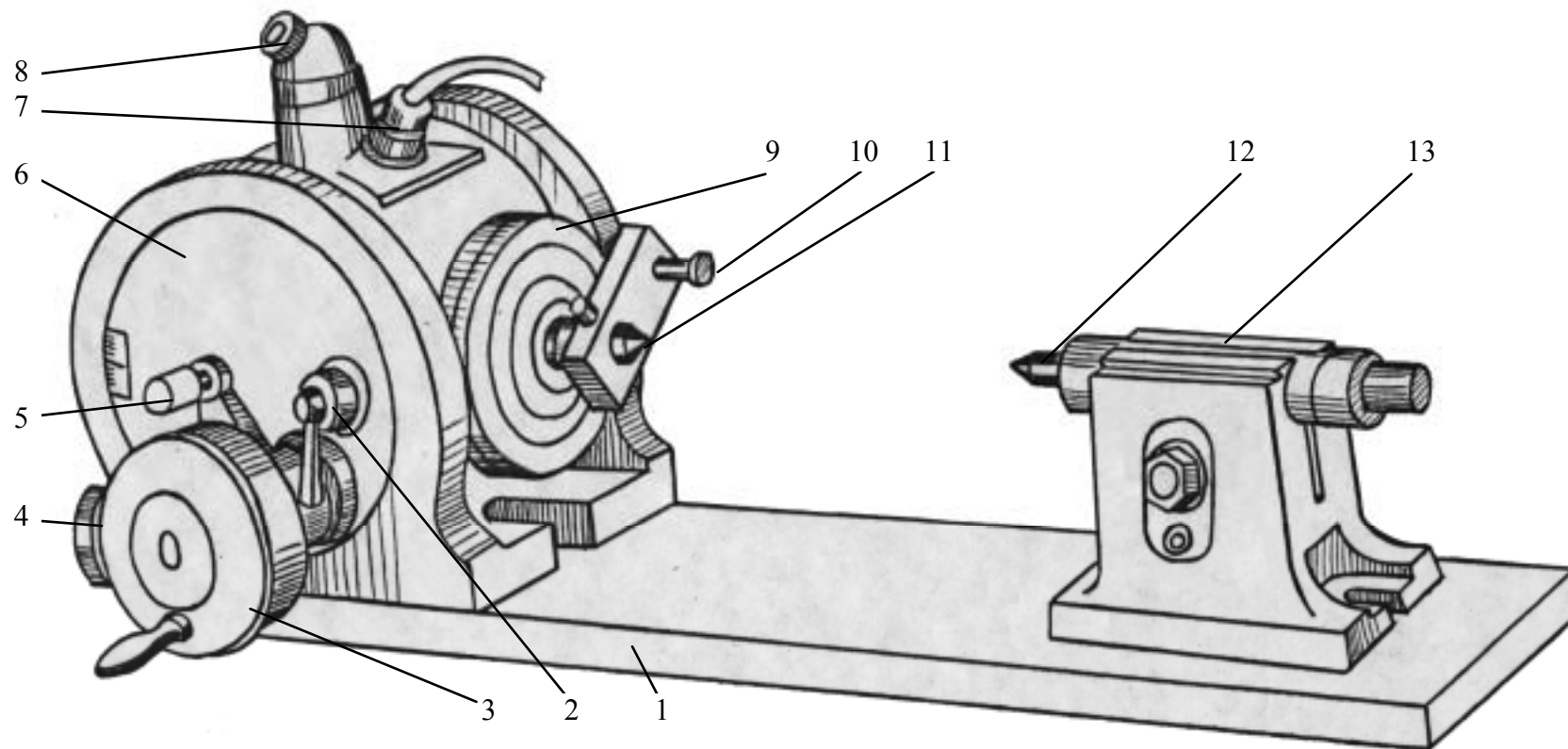


Рис. 49. Общий вид делительной головки: 1 – станина; 2 – рукоятка зажима; 3 – маховик; 4 – микровинт; 5 – переключатель; 6 – корпус; 7 – осветитель; 8 – окуляр; 9 – наружная шкала; 10 – поводок; 11 – шпиндель; 12 – пиноль; 13 – задняя бабка

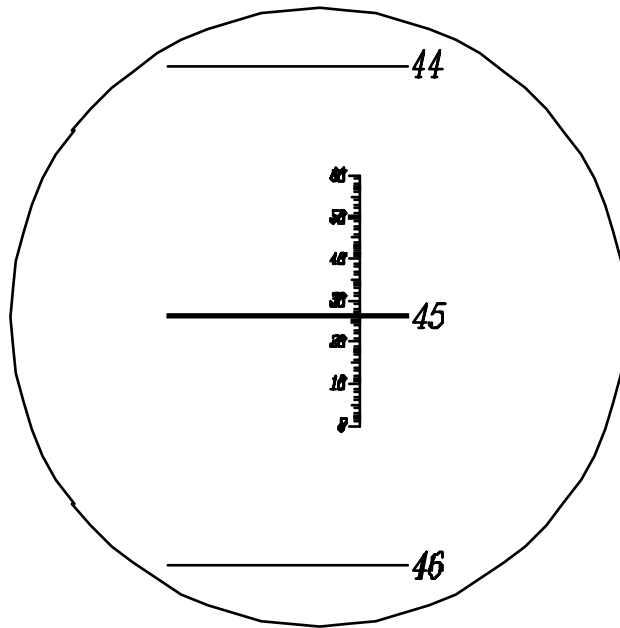


Рис. 50. Угловые шкалы оптической делительной головки

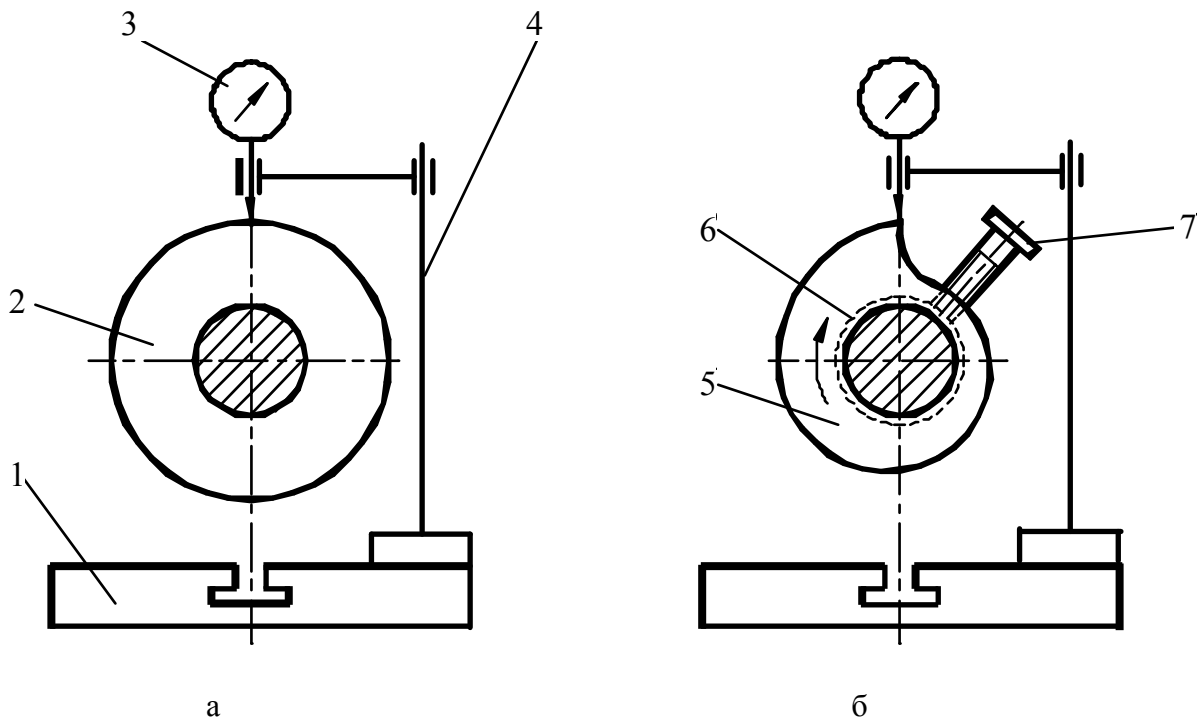


Рис. 51. Схемы установки индикатора на ось центров при помощи валика (а) и измерения радиусов кулачка (б): 1 – станина; 2 – контрольный валик; 3 – индикатор; 4 – стойка; 5 – объект измерения; 6 – хомут; 7 – винт

Устанавливают в центрах головки оправку, несущую кулачок 5 (см. рис. 51, б). Включают освещение головки. Вращением окуляра 8 (см. рис. 49) устанавливают четкую видимость шкал. Маховиком 3 поворачивают шпиндель 11 до совпадения нулевых значений градусной и нониусной шкал. Поворачивая от руки оправку, несущую кулачок, устанавливают кулачок в положение, показанное на рис. 51, б. Приводят в соприкосновение поводок 10 (см. рис. 49) и винт 7 хомутика 6 (см. рис. 51, б), который затем фиксируют на оправке. Нулевую установку (ноль на угловой шкале и 6 мм на шкале индикатора) проверяют несколько раз путем небольших поворотов маховика 3 (см. рис. 49).

При измерении размеров кулачка вращением маховика 3 приводят в движение шпиндель 11 делительной головки и вместе с ним оправку, несущую кулачок. Направление вращения кулачка показано на рис. 51, б. Наблюдая в окуляр 8 (см. рис. 49), поворачивают кулачок на требуемый угол. При отсчете целое число градусов определяют по большому штриху, пересекающему нониусную шкалу. На нониусной шкале отсчитывают число минут, указываемое большим градусным штрихом. Например, полный отсчет на рис. 50 составляет $45^{\circ} 26'$.

Радиус кулачка при его повороте на угол α определяют по следующей формуле

$$R_{\alpha} = \frac{D}{2} - (H - A_{\alpha}), \quad (37)$$

где D – диаметр контрольного валика, мм; H – предварительный натяг индикатора, $H = 6,0$ мм; A_{α} – показание индикатора при повороте кулачка на угол α , мм.

При $\alpha = 0^{\circ}$ $R_0 = D/2$, т.е. наибольший радиус кулачка равен радиусу контрольного валика.

5.7.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают конструкцию оптической делительной головки.
- Устанавливают контрольный валик в центрах. Настраивают и закрепляют индикатор. Проверяют точность настройки оптической головки. Снимают контрольный валик и устанавливают кулачок, фиксируют хомутик (см. п. 5.7.2).
- Измеряют отклонения радиусов кулачка от его наибольшего радиуса. Действительные размеры вычисляют по формуле (37). Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 44.

44. Результаты измерений радиусов кулачка

Угол поворота α , град.	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	340	350
Показания индикатора A_α , мм														
Радиус кулачка R_α , мм														

– Вычерчивают действительный профиль кулачка.

5.7.4. Контрольные вопросы

1. Каково назначение оптической делительной головки ?
2. Дайте характеристику вида и метода измерения углов на оптической делительной головке.
3. Дайте характеристику вида и метода измерения радиусов кулачка на оптической делительной головке.
4. Какова метрологическая характеристика оптической делительной головки ?
5. Сколько и какие шкалы оптической делительной головки Вы знаете ?
6. С помощью какого прибора измеряют радиусы кулачка на оптической делительной головке ?
7. Какова метрологическая характеристика индикатора ИЧ-10 ?
8. Для чего предназначена задняя бабка ОДГ ?
9. Как производят настройку индикатора для измерения радиусов кулачка ?
10. При помощи каких устройств производят поворот и стопорение шпинделя ?

5.7.5. Рекомендуемая литература

1. [9, с. 395 – 396].
2. [12, с. 243].

6. ИЗМЕРЕНИЕ РЕЗЬБЫ

6.1. ПАРАМЕТРЫ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

Основными параметрами цилиндрической резьбы, подлежащими измерению, являются (рис. 52):

– **угол профиля α** – угол между боковыми сторонами профиля в плоскости осевого сечения;

– **половина угла профиля $\alpha/2$** для резьбы с симметричным профилем – угол между боковой стороной профиля и перпендикуляром, опущенным из вершины исходного профиля симметричной резьбы на ось резьбы;

– **наружный диаметр резьбы d (D)*** – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы;

– **средний диаметр резьбы d_2 (D_2)** – диаметр воображаемого, соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы;

– **внутренний диаметр резьбы d_1 (D_1)** – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы;

– **шаг резьбы P** – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

Кроме перечисленных, резьбу характеризуют следующие параметры:

– **ход резьбы P_x** – расстояние между ближайшими одноименными сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы, причем в однозаходной резьбе $P_x = P$, а в многозаходной – $P_x = P \cdot n_s$, где n_s – число заходов;

– **высота исходного профиля H** – высота остроугольного профиля, полученного путем продолжения боковых сторон профиля до их пересечения;

– **высота профиля h** – расстояние между вершиной и впадиной профиля в направлении, перпендикулярном к оси резьбы;

– **длина свинчивания l** – длина участка взаимного перекрытия наружной и внутренней резьб в осевом направлении.

При изготовлении резьбовых деталей неизбежны погрешности профиля резьбы и ее размеров, которые могут нарушить свинчиваемость и ухудшить качество соединений.

У всех цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля отклонения шага и угла профиля для обеспечения свинчивания могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы.

* d, d_1, d_2 – диаметры наружной резьбы; D, D_1, D_2 – диаметры внутренней резьбы.

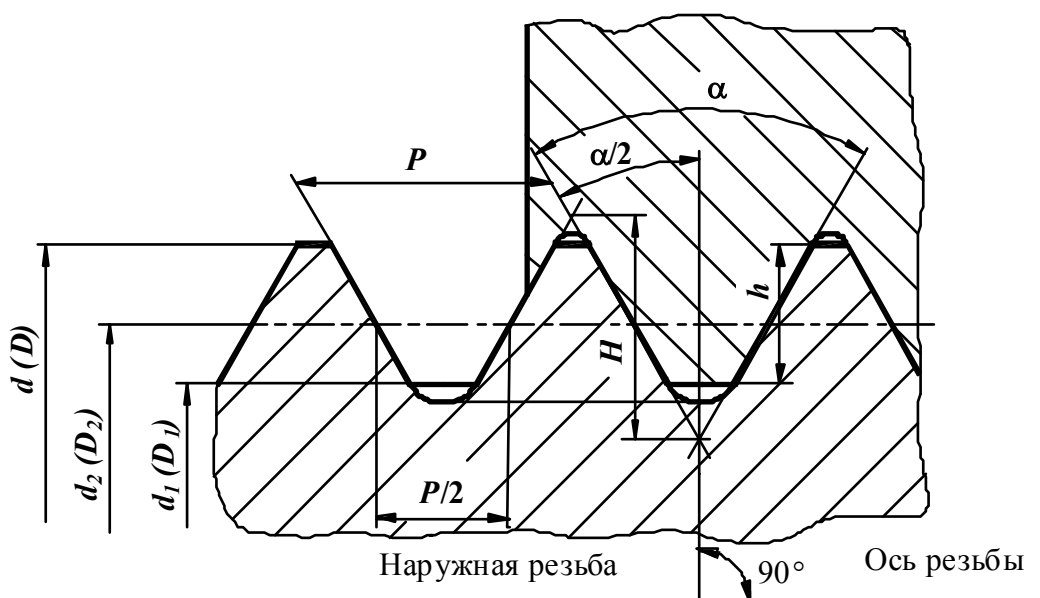


Рис. 52. Основные параметры резьбы

Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной или уменьшенное для внутренней резьбы на величину суммарной диаметральной компенсации отклонений шага и угла профиля, называют *приведенным средним диаметром* резьбы.

Приведенный средний диаметр наружной резьбы

$$d_{2\text{ пр}} = d_{2\text{ изм}} + f_p + f_\alpha, \quad (38)$$

внутренней резьбы –

$$D_{2\text{ пр}} = D_{2\text{ изм}} - (f_p + f_\alpha), \quad (39)$$

где $d_{2\text{ изм}}$ и $D_{2\text{ изм}}$ – измеренные (действительные) значения среднего диаметра соответственно наружной и внутренней резьбы, мм; f_p – *диаметральная компенсация отклонения шага*, мм; f_α – *диаметральная компенсация отклонения угла профиля*, мм.

6.2. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Внутренние и наружные резьбы общего назначения контактируют по боковым сторонам профиля. Возможность контакта по вершинам и впадинам резьбы исключается соответствующим расположением полей допусков по $d (D)$ и $d_1 (D_1)$. В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (т.е. по среднему диаметру) различают резьбовые соединения с зазором (ГОСТ 16093), натягом (ГОСТ 4608) и переходные (ГОСТ 24834).

Система допусков и посадок для метрических резьб диаметром от 1 до 600 мм, основанная на международном стандарте ИСО МС 965/1 – 1973, преду-

смаатривает основные отклонения и степени точности резьбы, определяющие поля допусков диаметров резьбы и резьбы в целом.

Сочетание основного отклонения, обозначаемое буквой, с допуском по принятой степени точности, образует *поле допуска диаметра* резьбы. *Поле допуска резьбы* образуют сочетанием поля допуска среднего диаметра с полем допуска диаметра выступов (d или D_1). Поля допусков, а следовательно, и допуски диаметра впадин (d_1 – для наружной резьбы и D – для внутренней резьбы) стандарт не устанавливает.

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например **6h**, **6g**, **6G**. Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов (d – для наружной резьбы, D_1 – для внутренней). Например **7g6g**; **5H6H**. В обозначении полей допусков переходных резьб и резьб с натягом поле допуска наружного диаметра d болта (**6g**, **6e** или **6c**) условно не указывают. Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, его в обозначении поля допуска резьбы с зазором не повторяют, например **6g**, **6H**. Поле допуска резьбы указывают через тире после размера, например болт **M12–6g**, болт **M12 × 1–6g**, гайка **M12–6H**.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью, в числителе которой указывают поле допуска гайки (внутренней резьбы), а в знаменателе – поле допуска болта (наружной резьбы). Например **M12-6H/6g**; **M12 × 1-2H5D/2r**.

6.3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕЗЬБЫ

Точность резьбы оценивают поэлементным (дифференцированным) и комплексным методами (рис. 53).

Поэлементный метод измерения применяют в том случае, когда допуски даны отдельно на каждый параметр (три диаметра, шаг и угол профиля) резьбы. При этом применяемые средства измерения должны обеспечивать независимость измерения каждого из параметров. Заключение о годности дают по каждому параметру отдельно. Этот метод сложен и трудоемок, поэтому используется главным образом для измерения точных резьб: резьбовых калибров, резьбообразующего инструмента и деталей специального назначения (ходовые винты и т.п.).

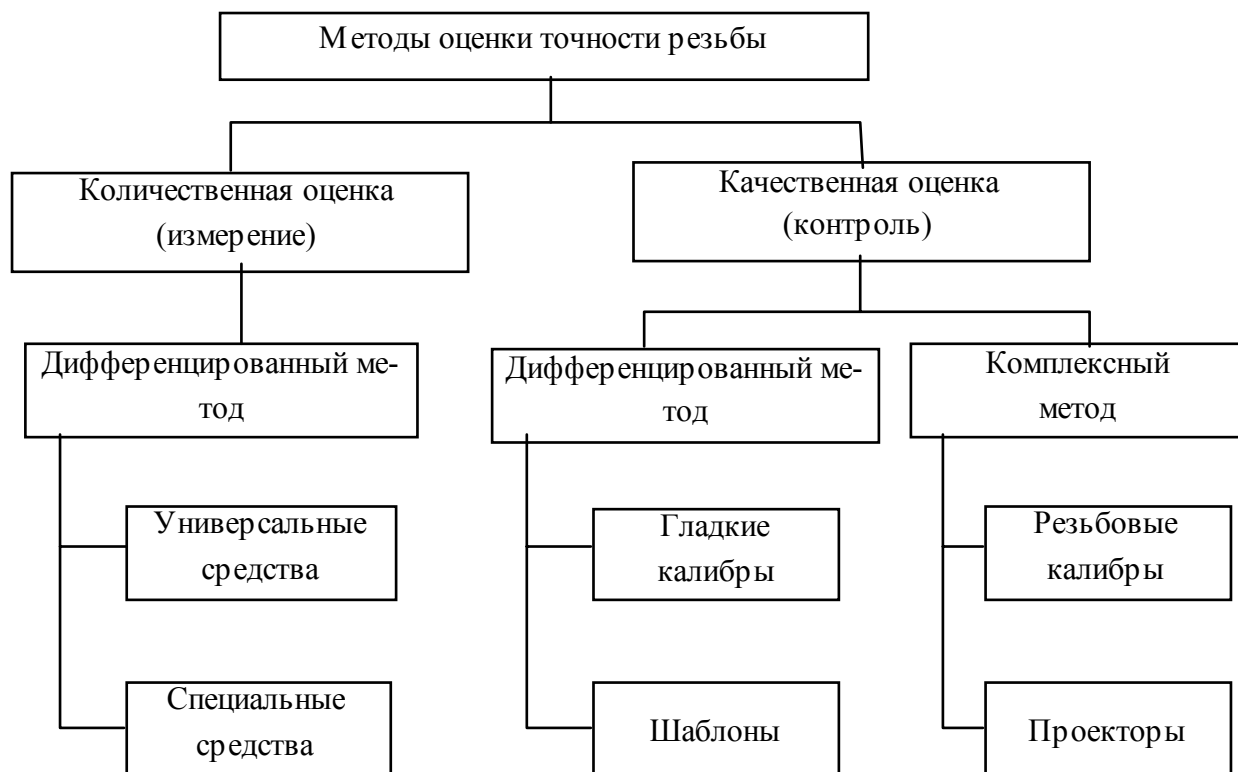


Рис. 53. Классификация методов оценки точности резьбы

Измерение наружного диаметра d и внутреннего диаметра d_1 наружной резьбы осуществляют с помощью микроскопов или универсальных измерительных средств для контактных измерений (микрометров, оптиметров и др.) с использованием плоских наконечников или вставок для измерения диаметра d и остроконечных вставок для измерения диаметра d_1 .

Средний диаметр d_2 наружной резьбы измеряют универсальными измерительными средствами с использованием резьбовых вставок (рис. 54), ножей, одной, двух или трех проволочек (рис. 55). Наиболее широко распространено измерение среднего диаметра d_2 с помощью трех проволочек (см. лабораторную работу № 18).

Измерение наружного D и внутреннего D_1 диаметров внутренней резьбы может быть выполнено также как и измерение наружной резьбы с помощью универсальных измерительных средств.

Средний диаметр внутренней резьбы D_2 измеряют с помощью микрометрических нутромеров (штихмассов) с резьбовыми вставками (рис. 56) индика-

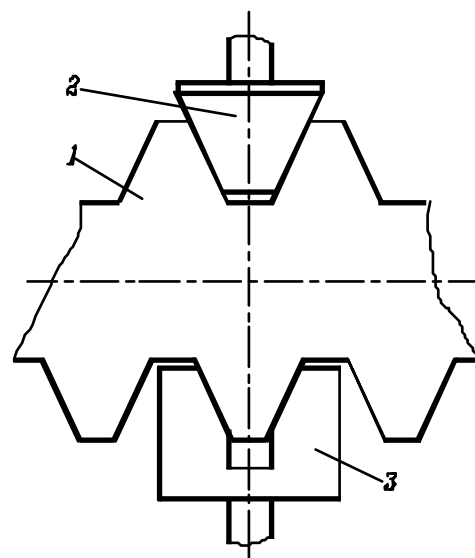


Рис. 54. Измерение среднего диаметра наружной резьбы универсальными средствами с резьбовыми вставками:
1 – объект измерения; 2 – конусная вставка; 3 – призматическая вставка

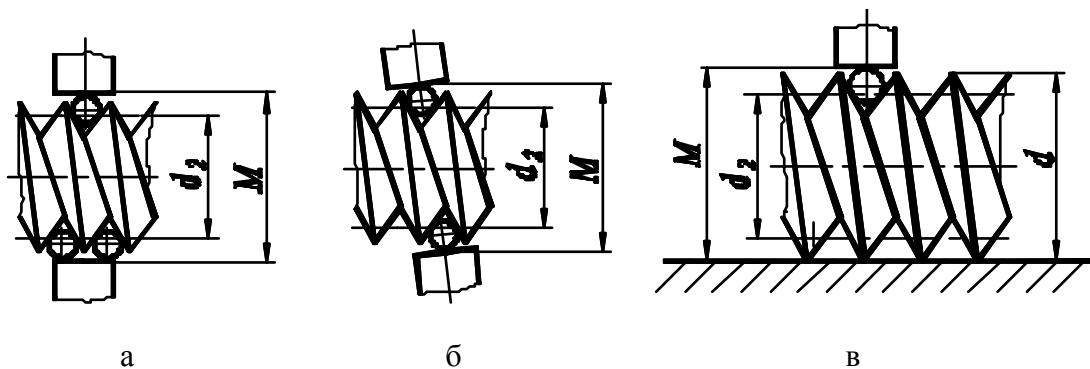


Рис. 55. Измерение среднего диаметра наружной резьбы с помощью:
 а – одной, б – двух, в – трех проволочек; 1 – проволочка,
 2 – объект измерения, M – измеряемый размер

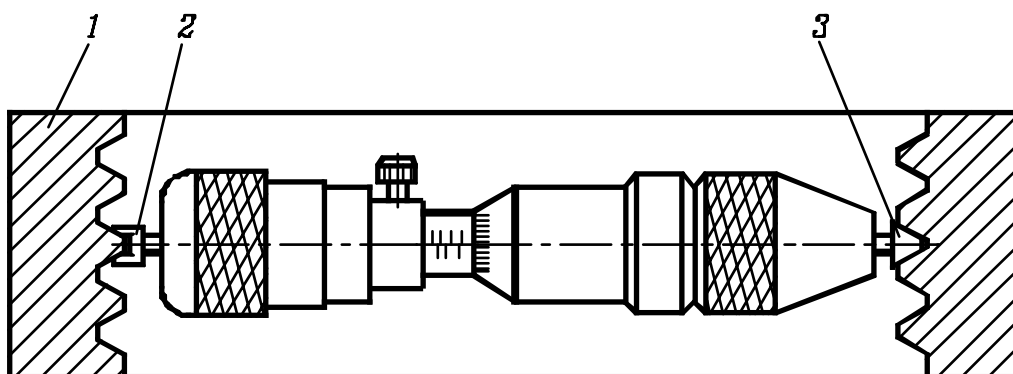


Рис. 56. Схема измерения среднего диаметра внутренней резьбы микрометрическим нутромером с резьбовыми вставками:
 1 – объект измерения; 2 – призматическая вставка; 3 – конусная вставка

торных приборов с шариковыми наконечниками (рис. 57), специальных приспособлений на горизонтальном оппиметре (см. лабораторную работу № 19).

Иногда измерение параметров внутренних резьб заменяют измерением параметров наружных резьб слитков или отливок, выполненных с внутренних резьб.

Шаг резьбы P измеряют с помощью универсальных или специальных средств. Из универсальных средств главным образом используют микроскопы. С помощью специальных приборов шаг измеряют путем сравнения с образцовой деталью.

Номинальный шаг резьбы и (с невысокой точностью) ее профиль можно определить с помощью резьбовых шаблонов (рис. 58).

Угол профиля α (половину угла профиля $\alpha/2$) измеряют бесконтактным методом с помощью микроскопов или проекторов.

Измерение элементов резьбы деталей больших размеров и ходовых винтов производят накладными устройствами с измерительными головками и специальными приборами, которые выдают информацию о результатах измерения на пишущее устройство.

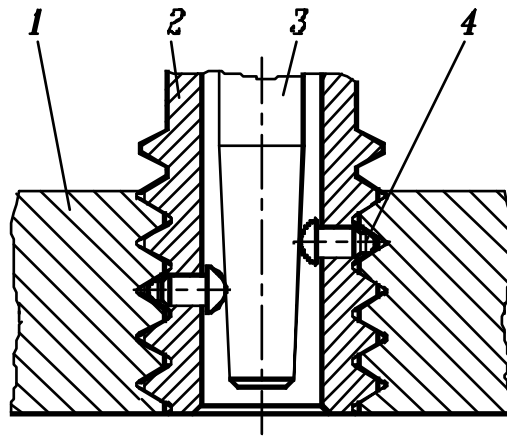


Рис. 57. Схема измерения среднего диаметра внутренней резьбы специальным индикаторным прибором с резьбовой пробкой: 1 – объект измерения, 2 – сменная резьбовая пробка, 3 – конический стержень, 4 – шариковый наконечник

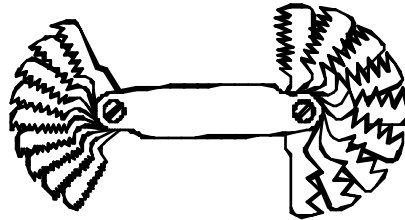


Рис. 58. Комплект резьбовых шаблонов

Из-за трудностей поэлементного измерения (особенно внутренних резьб) резьбы контролируют калибрами как в массовом и серийном, так и в мелкосерийном и единичном производствах.

При поэлементном контроле резьбовых деталей 3 – 5 степеней точности гладкими калибрами проверяют диаметр выступов: d – для наружной резьбы; D_1 – для внутренней.

При комплексном контроле одновременно проверяют средний диаметр, шаг, половину угла профиля, внутренний и наружный диаметры путем сравнения действительного контура резьбовой детали с предельным. Это достигается при помощи предельных калибров, а для резьб малых размеров – при помощи проекторов, когда действительный контур проверяемой резьбы сравнивают с предельными (минимальным и максимальным).

6.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 18 ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ

МЕТОДОМ ТРЕХ ПРОВОЛОЧЕК

Цель работы: изучение методики и техники измерения среднего диаметра наружной резьбы с помощью трех проволочек.

Задание: измерить средний диаметр резьбы с помощью трех проволочек и дать заключение о годности резьбовой детали по этому параметру.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: комплект резьбовых шаблонов М60°; комплект проволочек ПА; микрометр гладкий МК50-1 или МК75-1; стойка универсальная 15СТ; объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

6.4.1. Измерение среднего диаметра наружной резьбы методом трех проволочек

Для измерения среднего диаметра наружной резьбы методом трех проволочек во впадины резьбы детали 1 (рис. 59, а) закладывают три калиброванные проволочки 2 диаметром $d_{пр}$, закрепленные на державках 5 и 6 (рис. 59, б). При изменении диаметра проволочек изменяется их положение во впадине, при этом на точности измерения среднего диаметра в значительной мере сказываются погрешности угла профиля. Для уменьшения влияния этих погрешностей выбирают проволочки наименьшего диаметра $d_{пр.н}$, обеспечивающего их касание с впадиной резьбы по линии среднего диаметра d_2 (см. рис. 59, в). В этом случае диаметр проволочек должен быть равен

$$d_{пр.н} = \frac{P}{2 \cos \alpha / 2}, \quad (40)$$

а для метрической резьбы с углом профиля $\alpha = 60^\circ$

$$d_{пр.н} = 0,577p \quad (\text{табл. 45}). \quad (41)$$

При помощи измерительного устройства (микрометра, оптиметра, длиномера, микроскопа) измеряют размер M между образующими проволочек.

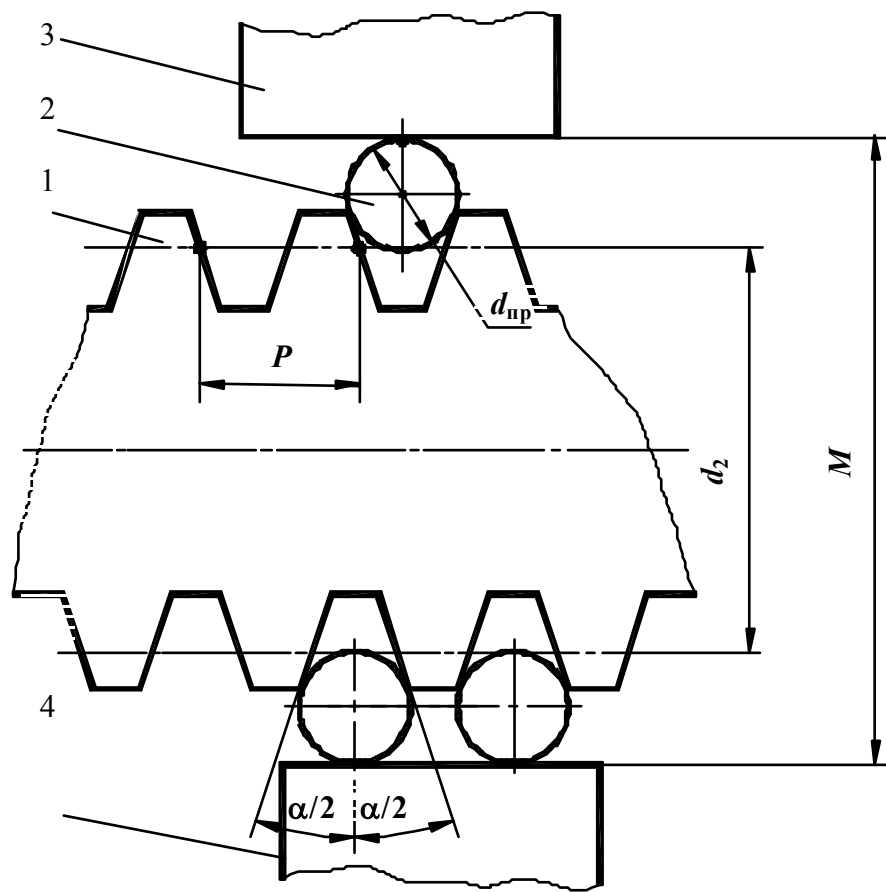
Величину среднего диаметра d_2 определяют расчетом.

Из рис. 59, в следует:

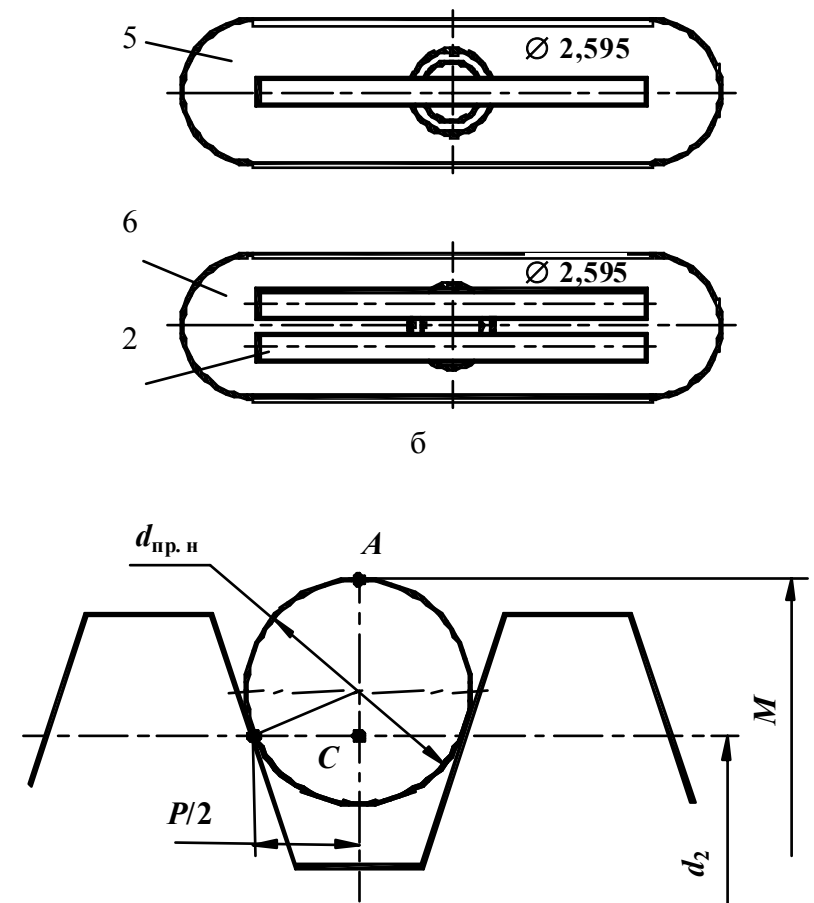
$$d_2 = M - 2AC = M - \frac{d_{пр.н} \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right)}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{P \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{2}. \quad (42)$$

Для метрической резьбы ($\alpha = 60^\circ$)

$$d_2 = M - 3d_{пр} + 0,866P. \quad (43)$$



а



б

Рис. 59. Схема измерения среднего диаметра наружной резьбы: а – установка проволочек во впадины; б – комплект проволочек; в – установка диаметра проволочки наилучшего диаметра $d_{пр.н}$; 1 – резьбовая деталь; 2 – проволочка; 3, 4 – пятка и микровинт микрометра; 5, 6 – державки

45. Наивыгоднейшие диаметры проволочек $d_{пр.н}$, мм

P	$d_{пр.н}$	P	$d_{пр.н}$	P	$d_{пр.н}$	P	$d_{пр.н}$
0,2	0,118	0,5	0,291	1,25	0,724	3,5	2,020
0,25	0,142	0,6	0,343	1,5	0,866	4,0	2,311
0,3	0,170	0,7	0,402	1,75	1,008	4,5	2,595
0,35	0,201	0,75	0,433	2,0	1,575	5,0	2,886
0,4	0,232	0,8	0,461	2,5	1,441	5,5	3,177
0,45	0,200	1,0	0,572	3,0	1,732	6,0	3,468

6.4.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Определяют шаг резьбы с помощью резьбовых шаблонов.
- Подсчитывают по формуле (41) или выбирают из табл. 45 наивыгоднейший диаметр проволочек $d_{пр.н}$ и подбирают близкие по размеру проволочки из комплекта ПА.
- Закрепляют микрометр в стойке и устанавливают на пятку и микрометрический винт микрометра державки с проволочками.
- Измеряют размер M (см. п. 6.4.1). Для этого измеряемую резьбовую деталь располагают между пяткой и микрометрическим винтом микрометра и вводят проволочки во впадины резьбы, добиваясь установки объекта измерения и державок с проволочками без относительного перекоса. Измерение производят с числом единичных измерений $n \geq 5$.
- Подсчитывают действительный средний диаметр d_2^0 по формуле (43). Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 46.

46. Результаты измерений и расчетов, мм

Шаг резьбы	Наивыгоднейший диаметр проволочек $d_{пр.н}$	Размер M_i	$M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n}$	Действительный средний диаметр резьбы d_2^0
Условное обозначение резьбы	Номинальный средний диаметр резьбы d_2^H , мм	Предельные значения среднего диаметра, мм		Заключение о годности резьбы по среднему диаметру
		наибольший $d_{2\ max}$	наименьший $d_{2\ min}$	

– Определяют по одной из формул, приведенных в табл. 47, номинальный средний диаметр резьбы d_2^H .

47. Формулы для определения номинального среднего диаметра резьбы

$$d_2^H(D_2^H), \text{ мм (ГОСТ 24705)}$$

Шаг резьбы P	$d_2^H(D_2^H)$
1,5	$d - 1 + 0,026$
1,75	$d - 1 + 0,863$
2,0	$d - 2 + 0,701$
2,5	$d - 2 + 0,376$
3	$d - 2 + 0,051$
3,5	$d - 3 + 0,727$
4	$d - 3 + 0,402$
4,5	$d - 3 + 0,077$
5	$d - 4 + 0,752$
5,5	$d - 4 + 0,428$

– Определяют предельные значения среднего диаметра резьбы по формулам

$$d_{2 \max} = d_2^H + es; \tag{44}$$

$$d_{2 \min} = d_2^H + ei,$$

где es и ei – соответственно верхнее и нижнее отклонение среднего диаметра наружной резьбы (табл. 48).

48. Отклонения среднего диаметра d_2 наружной метрической резьбы с зазором (ГОСТ 16093)

Номинальный диаметр резьбы d , мм	Шаг P , мм	Поля допусков среднего диаметра d_2															
		6h		6g		7h		7g		7e		8h		8g		9g	
		Отклонения, мкм															
		es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei
Св. 22,4 до 45	2,0	0	-170	-38	-208	0	-212	-38	-250	-71	-283	0	-265	-38	-303	-38	-373
"-	3,0	0	-200	-48	-248	0	-250	-48	-298	-85	-335	0	-315	-48	-363	-48	-448
"-	3,5	0	-212	-53	-265	0	-265	-53	-318	-90	-355	0	-335	-53	-388	-53	-478
"-	4,0	0	-224	-60	-284	0	-280	-60	-340	-95	-375	0	-355	-60	-415	-60	-510
Св. 45 до 90	3,0	0	-212	-48	-260	0	-265	-48	-313	-85	-350	0	-335	-48	-383	-48	-473
"-	4,0	0	-236	-60	-296	0	-300	-60	-360	-95	-395	0	-375	-60	-435	-60	-535
"-	5,5	0	-265	-75	-340	0	-335	-75	-410	-112	-447	0	-425	-75	-500	-75	-605

– Результаты расчетов d_2^H , $d_{2 \max}$ и $d_{2 \min}$ заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 46. Дают заключение о годности резьбы по среднему диаметру.

6.4.3. Контрольные вопросы

1. Назовите основные параметры резьбы.
2. Какой диаметр резьбы называют средним ?
3. Какой диаметр резьбы называют приведенным средним диаметром ?
4. Назовите диаметры наружной резьбы, для которых по ГОСТ установлены (или не установлены) допуски.
5. Какие степени точности установлены ГОСТ для среднего диаметра наружной резьбы ?
6. От чего зависит величина допуска среднего диаметра резьбы ?
7. Какие методы оценки точности резьбы Вы знаете ? В чем они заключаются ?
8. Какой диаметр проволок считается наивыгоднейшим ?
9. От какого параметра резьбы зависит диаметр проволок ?
10. Дайте характеристику вида и метода измерения среднего диаметра наружной резьбы с помощью трех проволок.
11. Назовите основные части микрометра.
12. Какова метрологическая характеристика использованного Вами микрометра ?

6.4.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 400 – 401].
2. [12, с. 297, 301].

6.5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 19 ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБЫ КАЛИБРА-КОЛЬЦА С ПОМОЩЬЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОПТИМЕТРА

Цель работы: изучение методики и техники измерения среднего диаметра внутренней резьбы с помощью горизонтального оптиметра ИКГ.

Задание: рассчитать предельные размеры среднего диаметра внутренней резьбы, измерить его действительный размер и дать заключение о годности детали.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: горизонтальный оптиметр ИКГ; приспособление для измерения резьбовых колец ИП-4; концевые меры 1-Н12; набор измерительный полный

ПК-1; набор резьбовых шаблонов; объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

6.5.1. Описание приспособления к горизонтальному оптиметру ИКГ для измерения внутренней резьбы

Горизонтальный оптиметр ИКГ относится к группе оптико-механических измерительных приборов и предназначен для измерения линейных размеров наружных и внутренних элементов деталей. Измерение на оптиметре является **прямым относительным контактным**. Характеристика прибора и описание его работы изложены в лабораторной работе № 7 (см. п. 4.7.2).

Средний диаметр внутренней резьбы от 17 до 50 мм измеряют с использованием специального приспособления ИП-4. В связи с тем, что диапазон показаний оптиметра равен $\pm 0,1$ мм, с его помощью можно измерить только средний диаметр высокоточной резьбы с допуском менее 200 мкм (внутренние резьбы общего назначения 2 и 4 степеней точности и резьбовые калибры-кольца).

Приспособление ИП-4 состоит из двух держателей – левого 2 и правого 7 (рис. 60), двух измерительных дуг 5 с шариковыми наконечниками 4 и круглого плавающего столика 9.

Дуги 5 подвешивают в держателях 2 и 7, обеспечивая их качание в плоскости измерения. При работе они находятся в постоянном контакте с измерительными наконечниками 10 оптиметра. Левый держатель 2 надевают на пиноль 1, а правый держатель 7 – на трубку 11 оптиметра.

Круглый плавающий столик 9 устанавливают на столик 8 оптиметра и закрепляют на нем винтами 12. На поверхности столика имеется несколько отверстий с резьбой, а также Т-образный паз для крепления планок и прихвата 3, с помощью которых закрепляют на столике измеряемую деталь.

6.5.2. Измерение на оптиметре

Держатели 2 и 7 с дугами 5 устанавливают на оптиметре таким образом, чтобы при их сближении выступ дуги пиноли 1 вошел в паз дуги трубки 11 оптиметра. Шкала оптиметра должна в это время находиться в правой стороне поля зрения окуляра 13.

На поверхность плавающего столика 9 приспособления ИП-4 (см. рис. 60) устанавливают калибр. Калибр составляют из концевых мер длины 5

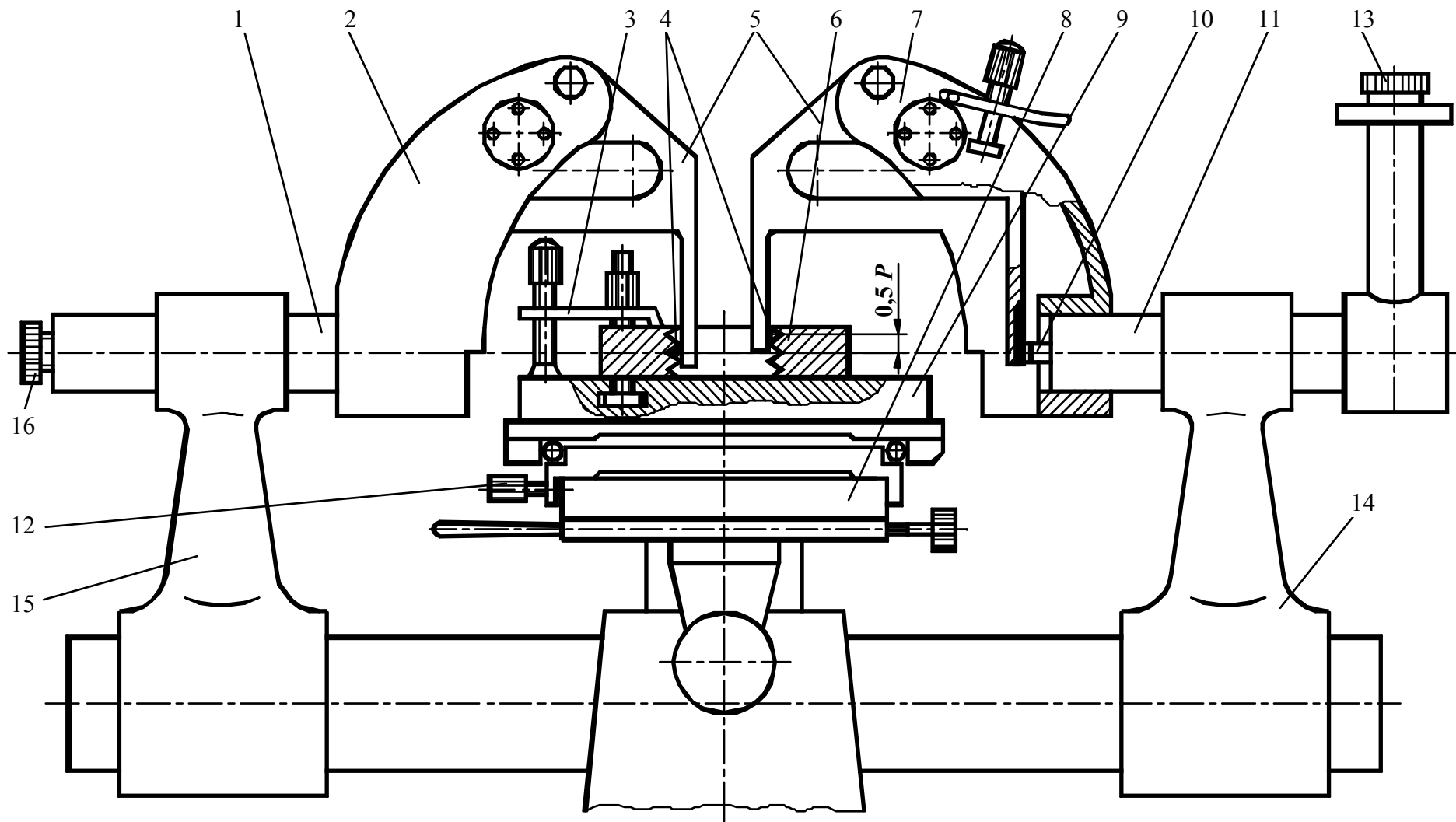


Рис. 60. Общий вид приспособления ИП-4 для измерения внутренних размеров на оптиметре ИКГ: 1 – пиноль; 2, 7 – держатели; 3 – прихват; 4 – шариковые наконечники; 5 – измерительные дуги; 6 – объект измерения; 8 – столик; 9 – круглый качающийся стол; 10 – измерительный наконечник; 11 – трубка оптиметра; 12 – стопорный винт; 13 – окуляр; 14, 15 – кронштейны; 16 – микрометрический винт

(рис. 61, а) и боковиков левого 6 и правого 7, собранных по заданному номинальному среднему диаметру резьбы D_2^H . Концевые меры длины и боковики притирают в блок и вставляют в державку 1. Затем под один из боковиков подкладывают концевую меру 8 с размером, равным половине шага измеряемой резьбы. Это обеспечивает взаимное смещение боковиков, соответствующее двум диаметрально противоположным точкам витка резьбы. Зажимной узел подводят к блоку так, чтобы планка прижимная 4 касалась левого боковика 6. Закрепляют зажимной узел гайкой 3, а затем, пользуясь отверткой, блок стопорят винтом 2.

Размер блока концевых мер длины рассчитывают по формуле

$$E = D_2^H + H - (l + n), \quad (45)$$

где D_2^H – номинальный средний диаметр резьбы, мм; $(l + n)$ – постоянная боковиков (гравирована на одном из боковиков 5 или 6 (рис. 61, б), мм; H – высота исходного профиля измеряемой резьбы (рис. 61, в), мм:

$$H = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (46)$$

где P , α – соответственно шаг, мм, и угол, град, проверяемой резьбы.

Для метрической резьбы с углом профиля $\alpha = 60^\circ$

$$H = 0,866 P. \quad (47)$$

Перемещением столика оптиметра 8 (см. рис. 60) в вертикальном и горизонтальном направлениях вводят калибр на линию наконечников 4 так, чтобы концы их находились между боковиками 5 и 6 (см. рис. 61, а) калибра, а плавающий столик 9 (см. рис. 60) – в среднем положении. Затем раздвигают пиньоль 1 и трубку 11 оптиметра и закрепляют в положении, при котором наконечники 4 касаются боковиков, а изображение шкалы оптиметра переместится в левую сторону поля зрения окуляра. Вращением микрометрического винта 16 устанавливают изображение шкалы на нулевой отсчет, а затем закрепляют пиньоль 1.

Для точной установки калибра качанием столика оптиметра 8 относительно горизонтальной оси находят минимальное расстояние между боковиками 6 и 7 (см. рис. 61, а) (определяют поворотный пункт при наблюдении шкалы оптиметра и стопорят столик в этом положении). Затем микрометрическим винтом 16 (см. рис. 60) пиньоль 1 производят установку на нуль. Трех – пятикратным арретированием проверяют постоянство установки в пределах 0,5 мкм. Арретируя наконечник 10 оптиметра, опускают столик 8, на место калибра устанавливают измеряемую деталь, как показано на рис. 60, и закрепляют ее прихватом 3. Затем поднимают столик 8 и концы обеих дуг 5 вводят внутрь

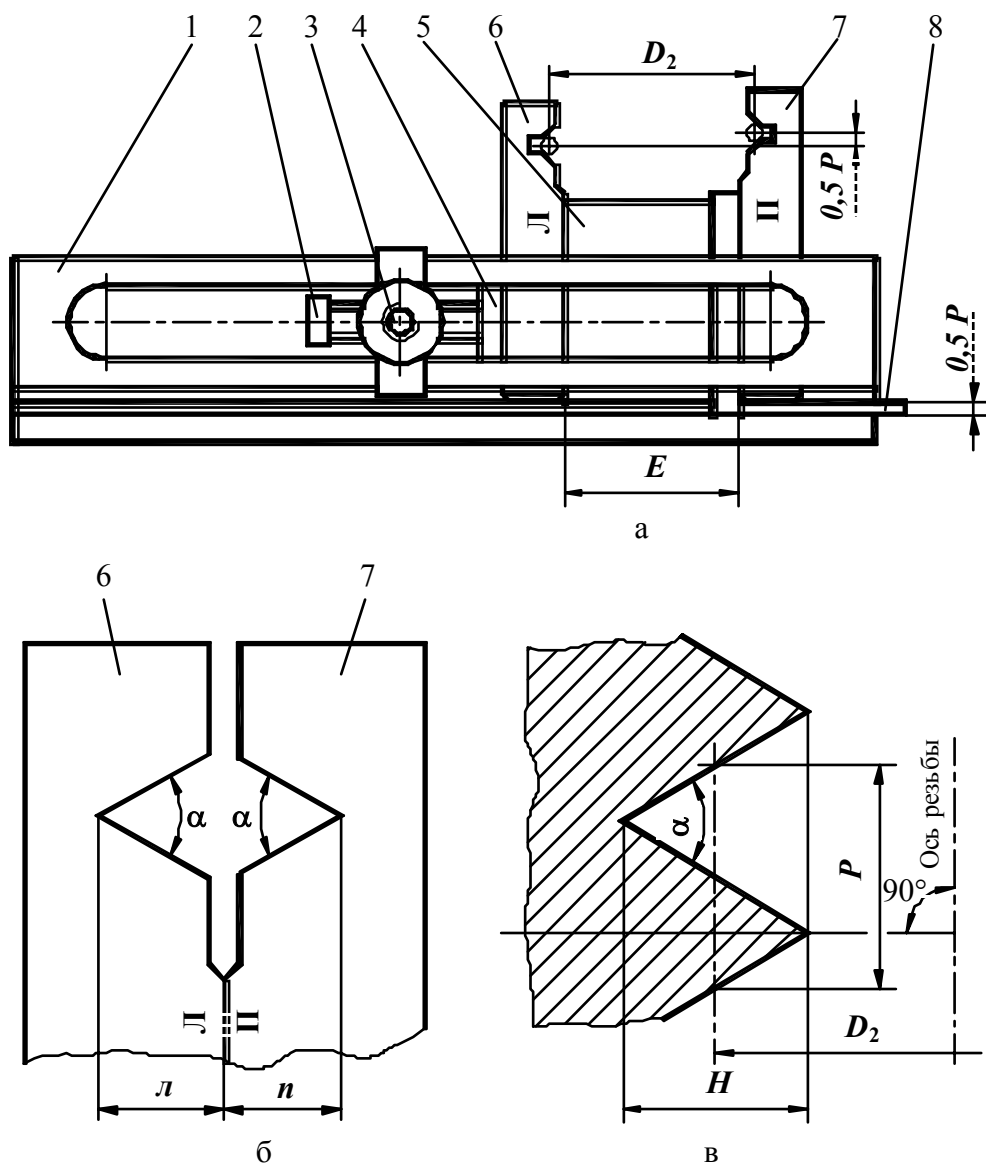


Рис. 61. Схема наладки калибра для измерения среднего диаметра внутренней резьбы: а, б – калибр; в – номинальный профиль резьбы; 1 – державка; 2 – стопорный винт; 3 – зажимная гайка; 4 – планка прижимная; 5 – блок концевых мер; 6, 7 – левый и правый боковики; 8 – концевая мера

детали так, чтобы оба шариковых наконечника вошли в один виток резьбы. Перемещением столиков 8 и 9 в вертикальном и горизонтальном направлениях устанавливают измеряемую деталь так, чтобы ее ось пересекала ось наконечников 10 оптиметра (такому положению соответствует минимальное отклонение по шкале оптиметра).

Затем снимают отсчет по шкале, который представляет собой отклонение среднего диаметра резьбы от его номинального значения.

6.5.3. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

– С помощью резьбового шаблона определяют шаг резьбы. По табл. 49 в зависимости от шага резьбы выбирают наиболее выгодный диаметр шариковых наконечников $d_{ш.н}$ (шариковые наконечники наиболее выгодного диаметра касаются боковых сторон профиля резьбы в точках, соответствующих среднему диаметру D_2 (см. п. 6.4.1)). Устанавливают шариковые наконечники 4 (см. рис. 60) на измерительные дуги 5.

49. Значения наиболее выгодных диаметров шариковых наконечников $d_{ш.н}$

Шаг измеряемой резьбы P , мм	1,5	1,75	2,5	3,0	3,5
$d_{ш.н}$, мм	0,86	1,00	1,42	1,72	2,00

- Рассчитывают номинальный средний диаметр резьбы D_2 (см. табл. 47).
- Рассчитывают по формуле (47) высоту исходного профиля резьбы H .
- Рассчитывают по формуле (45) размер блока концевых мер длины E .
- Собирают калибр (см. п. 6.5.2) из блока концевых мер и боковиков и устанавливают его на столике 9 (см. рис. 60).
- Настраивают прибор на нулевой отсчет.
- Вместо калибра устанавливают и закрепляют измеряемую деталь. Измеряют действительный средний диаметр внутренней резьбы D_2^0 . Измерение проводят с числом единичных измерений $n \geq 5$. Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 50.

– Рассчитывают предельные значения среднего диаметра резьбы:

$$\begin{aligned} D_{2\max} &= D_2^H + ES; \\ D_{2\min} &= D_2^H + EI, \end{aligned} \tag{48}$$

где ES и EI – соответственно верхнее и нижнее отклонение среднего диаметра внутренней резьбы (табл. 51). Результаты расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 50.

– Дают заключение о годности резьбы по среднему диаметру.

50. Результаты измерений и расчетов

Шаг резьбы P , мм	Диаметр шариковых наконечников $d_{ш.п.}$, мм	Размер блока концевых мер E , мм	Показания оптиметра при установке по калибру, мкм	Показания оптиметра при измерении детали, мкм	Действительный средний диаметр резьбы D_{2i}^0 , мм	$D_2^0 = \frac{\sum_{i=1}^n D_{2i}^0}{n}$ мм
Условное обозначение резьбы	Номинальный средний диаметр резьбы D_2^H , мм	Пределные значения среднего диаметра, мм		Заключение о годности резьбы по среднему диаметру		
		наибольший D_{2max}	наименьший D_{2min}			

51. Отклонения среднего диаметра D_2 внутренних метрических резьб с зазором (ГОСТ 16093)

Номинальный диаметр резьбы D , мм	Шаг P , мм	Поля допусков среднего диаметра D_2 внутренней резьбы											
		6H		6G		7H		7G		8H		8G	
		Отклонения, мкм											
		ES	EJ	ES	E	ES	EJ	ES	EJ	ES	EJ	ES	EJ
Св. 11,2 до 22,4	1,5	0	+190	+32	+2 22	0	+236	+32	+268	0	+300	+32	+332
	1,75	0	+200	+34	+2 34	0	+250	+34	+244	0	+315	+34	+349
	2,0	0	+212	+38	+2 50	0	+265	+38	+303	0	+335	+38	+373
	2,5	0	+224	+42	+2 66	0	+280	+42	+322	0	+355	+42	+397
Св. 22,4 до 45	1,5	0	+200	+32	+2 32	0	+250	+32	+282	0	+315	+32	+347
	2,0	0	+224	+38	+2 62	0	+280	+38	+318	0	+355	+38	+393
	3,0	0	+265	+48	+3 13	0	+335	+48	+383	0	+425	+48	+473
	3,5	0	+280	+53	+3 33	0	+355	+53	+408	0	+450	+53	+503

6.5.4. Контрольные вопросы

- 1 – 6. См. контрольные вопросы 1–6 к лабораторной работе № 12.
7. От какого параметра резьбы зависит диаметр шариковых наконечников ?
8. Какой диаметр шариковых наконечников считают наивыгоднейшим ?
9. От чего зависит размер блока концевых мер, используемого для настройки оптиметра на ноль ?
10. Назовите основные узлы и детали оптиметра.
11. Назовите основные детали приспособления для измерения внутренних размеров на оптиметре.
12. Дайте характеристику вида и метода измерения среднего диаметра внутренней резьбы на горизонтальном оптиметре.
13. Для измерения каких резьб можно использовать горизонтальный оптиметр?
14. Какова метрологическая характеристика горизонтального оптиметра ?

6.5.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 400 – 401].
2. [3, с. 57 – 59, 62 – 63].
3. [12, с. 295 – 297].

6.6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 20 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ РЕЗЬБОВОГО КАЛИБРА-ПРОБКИ С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МИКРОСКОПА

Цель работы: изучение методики и техники измерения наружной резьбы на большом инструментальном микроскопе БМИ.

Задание: с помощью инструментального микроскопа БМИ измерить линейные и угловые размеры резьбы резьбового калибра-пробки и дать заключение о годности пробки по этим размерам.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: большой инструментальный микроскоп БМИ; контрольный валик; объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

6.6.1. Устройство большого инструментального микроскопа БМИ

Большой инструментальный микроскоп БМИ предназначен для измерения линейных и угловых размеров различных резьбовых изделий, режущего инструмента, профильных шаблонов и других аналогичных деталей в проходящем и отраженном свете в прямоугольной и полярной системах координат.

Техническая характеристика инструментального микроскопа БМИ

– Диапазон измерений линейных размеров:	
в продольном направлении, мм	0 ... 150
в поперечном направлении, мм	0 ... 75
– Диапазон показаний микровинтов, мм	0 ... 25
– Цена деления микровинтов, мм	0,005
– Диапазон измерений угловых размеров, град.	0 ... 360
– Цена деления угломерной шкалы, мин.	1
– Предельная погрешность, мм	± 0,003

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В. Осветитель угловой шкалы напряжением 6,3 В включается в сеть через понижающий трансформатор.

Установку микроскопа БМИ в горизонтальной плоскости производят при помощи трех опорных винтов по уровню.

Круглый поворотный стол 4 (рис. 62) микроскопа, установленный на основании, вращается в горизонтальной плоскости маховиком 15 и стопорится рукояткой 3 в требуемом положении. Стол 4 перемещается в поперечном направлении при помощи микрометрического винта 2, а в продольном – при помощи микрометрического винта 14. Измеряемую деталь устанавливают на предметном столе 4 при помощи двух центровых бабок 5 и освещают проходящим светом от осветителя 12. Для работы в отраженном свете устанавливают дополнительный осветитель на кронштейн 7. Колонку 11 совместно с кронштейном 7 можно наклонить в вертикальной плоскости маховиком наклона 13. Кронштейн 7 перемещается по колонке 11 при вращении маховика 9 и стопорится винтом 10. Кольцо 6 служит для фокусировки тубуса микроскопа, а окулярная головка 8 – для отсчета линейных и угловых размеров.

Внутри окулярной головки 8 имеются стеклянная пластина со штриховой сеткой (рис. 63) и лимб, разделенный по окружности на 360° (рис. 64).

Пластина со штриховой сеткой и лимб угломерной шкалы жестко связаны между собой и имеют общий центр вращения, который находится на оптической оси микроскопа. Штриховую сетку наблюдают в центральный окуляр микроскопа 16, а градусную и минутную шкалы – в окуляр отсчетного микроскопа 17 на головке 8 (см. рис. 62).

6.6.2. Измерение резьбы с помощью инструментального микроскопа

Перед началом измерений штриховую сетку устанавливают поворотом маховика 18 (см. рис. 62) в положение, соответствующее нулевому отсчету по

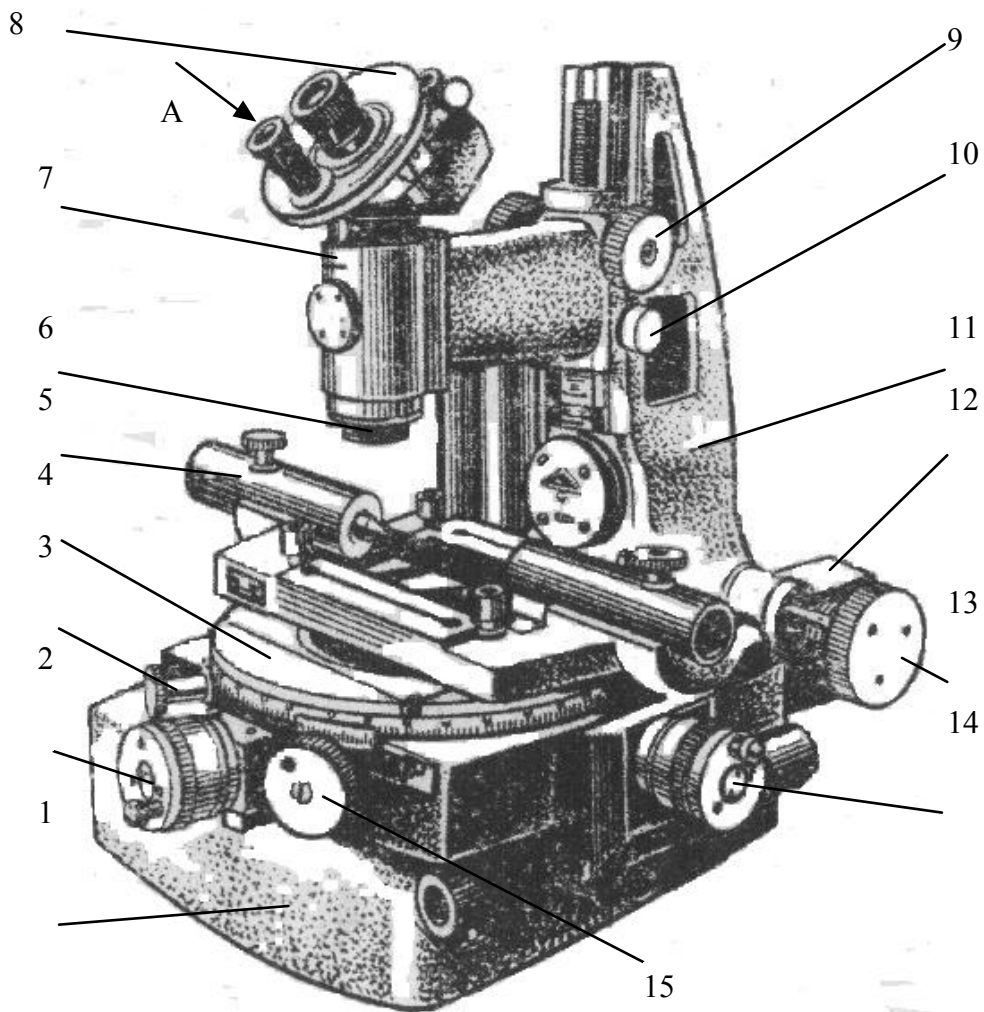


Рис. 62. Большой инструментальный микроскоп:
 1 – основание; 2 – микрометрический винт поперечной подачи; 3 – рукоятка крепления стола; 4 – круглый предметный стол; 5 – центровая бабка; 6 – кольцо фокусировки тубуса; 7 – кронштейн с тубусом; 8 – штриховая окулярная головка отсчета с отсчетным микроскопом угломерной шкалы; 9 – маховик перемещения кронштейна; 10 – стопорный винт; 11 – колонка; осветитель; 13 – маховик наклона колонки; 14 – микрометрический винт продольной подачи; 15 – маховик поворота стола; 16 – центральный окуляр; 17 – окуляр угломерного микроскопа; 18 – маховик угломерной шкалы

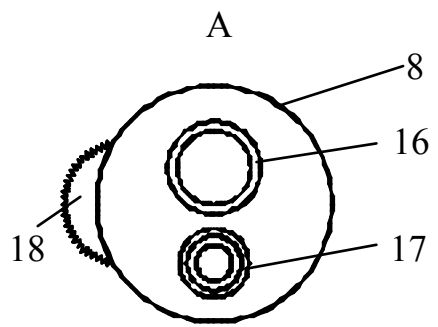


Рис. 63. Штриховая сетка

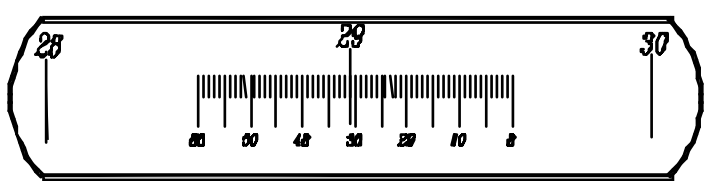


Рис. 64. Градусная и минутная шкалы

угловой шкале (ноль минутной шкалы совпадает с нулем градусной шкалы). В таком положении горизонтальная линия штриховой сетки параллельна направлению продольного перемещения стола, а вертикальная – направлению поперечного перемещения стола.

Далее проверяют и регулируют настройку микроскопа по контрольному валику. Этот валик (рис. 65) предназначен для фокусировки микроскопа на горизонтальную плоскость, совпадающую с линией центров бабок 5 (см. рис. 62), для установки линии центров параллельно продольному ходу стола 4, а также для проверки совпадения линии центров с осью вращения колонки 11.

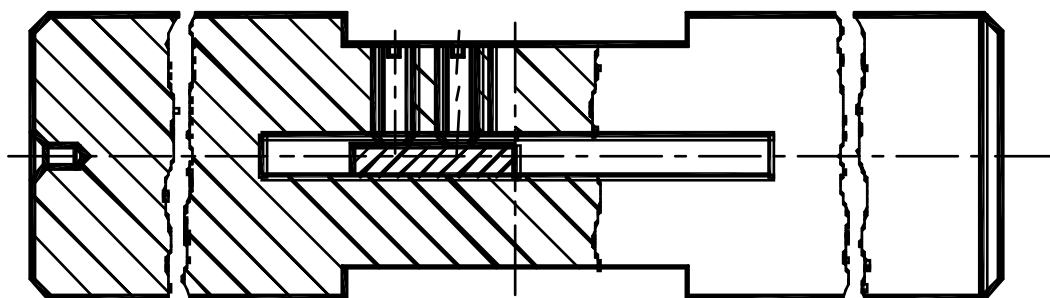


Рис. 65. Контрольный валик

После установки и закрепления контрольного валика в центровых бабках 5, маховиком 9 устанавливают прибор на резкость и застопоривают кронштейн 7 винтом 10. Производят точную установку положения контрольного валика относительно оптической оси микроскопа одновременно микровинтами 2 и 14 и проверяют параллельность линии центров бабок 5 направлению продольного перемещения продольного стола 4. Для этого вращением микровинта 2 поперечной подачи устанавливают центральную горизонтальную линию штриховой сетки без просвета по образующей контрольного валика. Затем перемещают стол 4 микровинтом 14 продольной подачи, наблюдая через окуляр 16 за относительным положением горизонтальной линии и образующей контрольного валика. При правильной настройке микроскопа оно остается неизменным. В противном случае доворачивают стол 4 маховичком 15, добиваясь совпадения горизонтальной линии сетки и образующей валика.

При измерении линейных размеров устанавливают и закрепляют измеряемую деталь (резьбовой калибр) в центровых бабках 5. Вращением маховика 9 наводят изображение на резкость. Совмещают с помощью микровинта 2 поперечной подачи горизонтальную линию штриховой сетки с линией выступов (при измерении наружного диаметра d) или линией впадин (при измерении внутреннего диаметра d_1) (рис. 66). В этом положении производят первый отсчет по барабану микровинта 2 поперечной подачи (см. рис. 62). Затем, вращая микровинт 2, переводят изображение измеряемой детали таким образом, чтобы горизонтальная линия штриховой сетки совместилась с противоположной сто-

роной (образующей) резьбы (см. рис. 66). Производят второй отсчет по барабану микроинта 2 поперечной подачи.

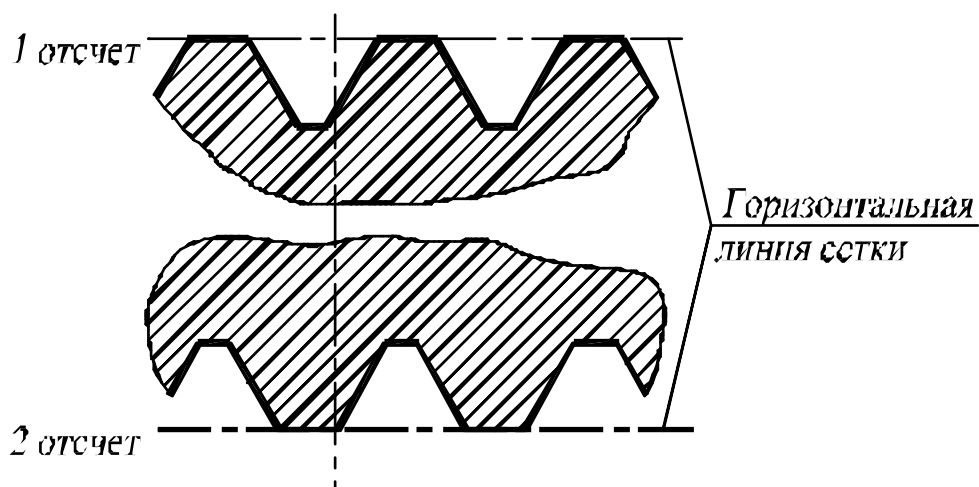


Рис. 66. Схема измерения диаметральных размеров

Пример 10: первый отсчет – 23,895 мм; второй отсчет – 8,040 мм; действительный размер $d^0 = 23,895 - 8,040 = 15,855$ мм.

Шаг резьбы P измеряют поочередно между одноименными профилями. Производят измерения или одного шага резьбы, если шаг достаточно велик, или определенного количества шагов k . В этом случае измеряемую величину обозначают P_k . Для получения резкого изображения контура резьбы колонку 11 микроскопа наклоняют маховиком 13 на угол подъема резьбы ψ , который определяют по формуле

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi d_2^n}, \quad (49)$$

где P – номинальный шаг резьбы, мм; d_2^n – номинальный средний диаметр резьбы, мм (см. табл. 47).

Для компенсации ошибок перекоса оси резьбы относительно горизонтальной и вертикальной плоскостей измерение шага производят по правым и левым сторонам профиля резьбы на двух противоположных (верхней и нижней в поле зрения окуляра) сторонах профиля (рис. 67, а). Среднее арифметическое из четырех полученных результатов измерений принимают за действительный размер шага P_∂ на данном участке резьбы:

$$P_\partial = \frac{P_{1k} + P_{2k} + P_{3k} + P_{4k}}{4 \cdot k}. \quad (50)$$

Для измерения половины угла профиля $\alpha/2$ резьбы резьбовой калибр-пробку устанавливают так (рис. 67, б), чтобы центр штриховой сетки совпадал с

вершиной измеряемого угла (угловое положение штриховой сетки соответствует нулевому отсчету по градусной и минутной шкалам). Затем с помощью маховика 18 (см. рис. 62) совмещают центральную вертикальную линию сетки с боковой стороной профиля резьбы, образующей измеряемый угол. Снимают отсчет по градусной и минутной шкалам отчетного микроскопа (например, $29^{\circ}31'$ на рис. 64).

Измерением половины угла профиля резьбы $\alpha/2$ устанавливают не только значение α , но и перекос резьбы (наклон профиля к оси резьбы) (рис. 68), который может образоваться при нарезании резьбы из-за неправильной установки резьбообразующего инструмента (например резца).

Для измерения угла $\alpha/2$ колонку 11 микроскопа (см. рис. 62) наклоняют на угол подъема резьбы ψ , как и при измерении шага.

Для компенсации ошибок измерения углов, вызванных несовпадением оси резьбы с направлением продольного перемещения стола, как правый $\alpha_{\text{пр}}/2$, так и левый $\alpha_{\text{лев}}/2$ углы измеряют с обеих сторон (верхней и нижней в поле зрения окуляра) резьбы (рис. 67, б). Далее подсчитывают средние значения:

$$\frac{\alpha_{\text{лев}}}{2} = \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}; \quad \frac{\alpha_{\text{пр}}}{2} = \frac{\alpha_3}{2} + \frac{\alpha_4}{2}; \quad \alpha = \frac{\alpha_{\text{пр}}}{2} + \frac{\alpha_{\text{лев}}}{2} \quad (51)$$

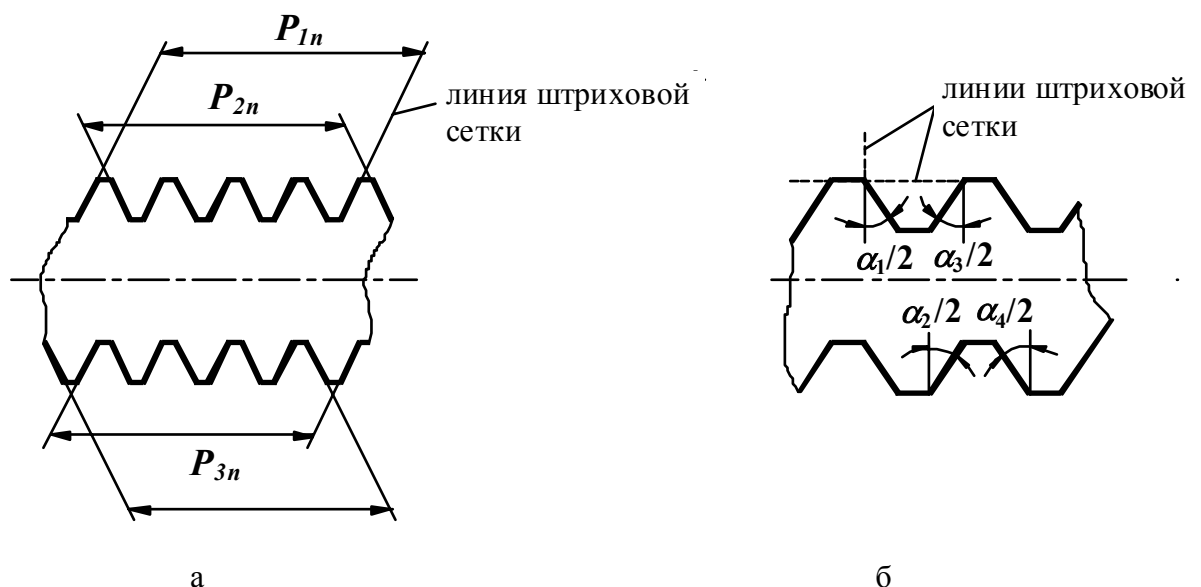


Рис. 67. Схема измерения шага (а) и половины угла профиля (б)

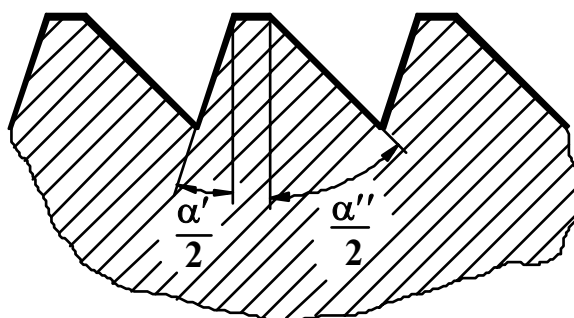


Рис. 68. Перекос резьбы

6.6.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают конструкцию инструментального микроскопа.
- Выполняют настройку инструментального микроскопа.
- Устанавливают резьбовую пробку в центрах предметного стола.
- Измеряют наружный d и внутренний d_1 диаметры резьбы. Многократное измерение осуществляют с числом единичных измерений $n \geq 5$. Подсчитывают среднее арифметическое из полученных значений d и d_1 . Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 52.

52. Результаты измерений диаметров, мм

№ п/п	Первый отсчет	Второй отсчет	d_i	Первый отсчет	Второй отсчет	d_i
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее значение	$d = \frac{\sum_{i=1}^5 d_i}{5} = \dots$			$d_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 d_{1i}}{5} = \dots$		
Предельные значения	d_{max}	d_{min}		$d_{1 max}$	$d_{1 min}$	
Заключение о годности калибра – пробки по диаметрам d и d_1						

- Вычисляют угол подъема резьбы ψ по формуле (49). Наклоняют колонку микроскопа на угол ψ .

– Измеряют размеры $P_{k1} \dots P_{k4}$ при $k = (3 - 5)$ (см. п. 6.6.2). Вычисляют действительный шаг резьбы P_δ по формуле (50). Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 53.

– Измеряют размеры $\alpha_1/2 \dots \alpha_4/2$ (см. п. 6.6.2). Подсчитывают действительное значение угла $\alpha/2$ по формулам (51). Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 54.

53. Результаты измерений шагов, мм

Первый отсчет		Первый отсчет		Первый отсчет		Первый отсчет	
Второй отсчет		Второй отсчет		Второй отсчет		Второй отсчет	
P_{1k}		P_{2k}		P_{3k}		P_{4k}	
$P_k =$				$P_\delta =$			
Предельные значения	P_{max}		P_{min}		Заключение о годности калибра – пробки по шагу профиля P		

54. Результаты измерений углов, град

$\alpha_1/2$		$\alpha_2/2$		$\alpha_3/2$		$\alpha_4/2$	
$\alpha_{лев}/2 =$		$\alpha_{пр}/2 =$			$\alpha/2 =$		
Предельные значения	$\alpha/2_{max}$		$\alpha/2_{min}$		Заключение о годности калибра – пробки по углу профиля $\alpha/2$		

– Определяют предельные значения d , d_1 , P и $\alpha/2$ по чертежу резьбовой пробки и заносят их в таблицы.

– Дают заключение о годности калибра – пробки по измеренным параметрам d , d_1 , P и $\alpha/2$.

6.6.4. Контрольные вопросы

1. Дайте определение шага резьбы.
2. Что понимают под наружным, средним и внутренним диаметрами резьбы ?
3. Чему равен угол профиля метрической резьбы ?
4. В каких случаях используют поэлементный метод измерения параметров резьбы ?
5. Каково назначение резьбовой пробки ?
6. Что понимают под перекосом резьбы ?

7. Назовите метод измерения параметров резьбовой детали на инструментальном микроскопе.
8. Какова метрологическая характеристика БМИ ?
9. Для чего служит контрольный валик ?
10. На какой угол и для чего наклоняют колонку микроскопа при измерении шага резьбы ?
11. Почему измеряют половину угла профиля резьбы, а не весь угол ?
12. В каком свете – проходящем или отраженном – проводят измерения на БМИ ?
13. Назовите основные узлы и детали микроскопа БМИ.

6.6.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 400 – 401].
2. [12, с. 295 – 301].

7. ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

7.1. Основные определения и требования к измерению отклонений формы и расположения поверхностей

Основные термины и определения, относящиеся к отклонениям формы и расположения поверхностей деталей, установлены ГОСТ 24642 и приведены в [1, 7, 9, 12]. В этом стандарте для обозначения действительных отклонений принята буква Δ , для обозначения соответствующих допусков – T , длина нормируемого участка обозначается буквой L .

Отклонение формы – отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или профиля.

Отклонение расположения Δ – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

Элемент – обобщенный термин, под которым в зависимости от соответствующих условий понимают поверхность, линию или точку.

Суммарное отклонение формы и расположения – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемого профиля или рассматриваемой поверхности относительно заданных баз.

Допуски формы и расположения – пределы, ограничивающие допускаемые значения соответствующих отклонений.

Классификация отклонений (допусков) формы, расположения и суммарных отклонений (допусков) формы и расположения приведена также в [1, 7, 9, 12].

Измерения и оценку (обработку результатов измерения) отклонений формы и расположения производят на длине (или площади) нормируемого участка L , заданной при указании допуска, или, если нормируемый участок не задан, – на всей длине нормируемой поверхности.

При оценке отклонений формы и расположения измеряемого элемента не учитывают отклонения формы этого элемента и (или) базовой поверхности вглубь материала (в виде завалов) в так называемой краевой зоне на расстоянии $a = 0,01 \cdot L$ (рис. 69) от края элемента, если в чертеже не указаны другие размеры краевой зоны или не предписано учитывать отклонения формы в пределах краевой зоны.

При измерении отклонений от параллельности, перпендикулярности и наклона значение отклонения Δ_1 , измеренное на длине L_1 (рис. 70), приводят к длине нормируемого участка путем перерасчета по формуле

$$\Delta = \Delta_n \cdot \frac{L}{L_n} . \quad (52)$$

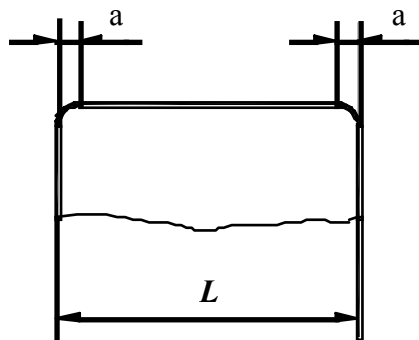


Рис. 69. Краевая зона: L – длина поверхности в направлении измерения; a – ширина краевой зоны

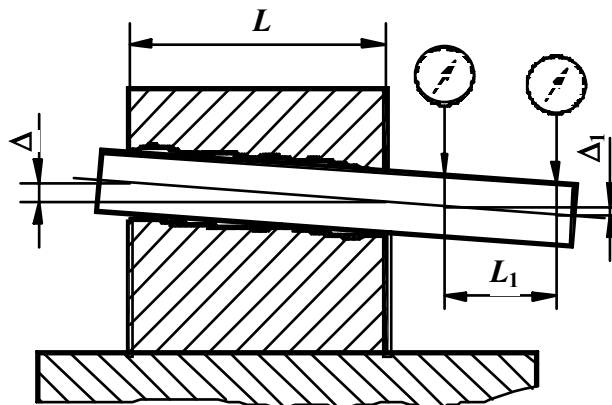


Рис. 70. Схема измерения отклонения от параллельности на длине L_1 , отличающейся от длины L поверхности

Если задано расположение измеряемого сечения (плоскости измерения) на поверхности, то измерение отклонения формы или расположения производят в заданном сечении. Если расположение сечения не задано, то допуск формы или расположения относят к любому сечению в пределах длины нормируемого участка. Практически ограничиваются измерением отклонений в нескольких сечениях. За отклонение формы или расположения, сопоставляемое с допуском, принимают наибольшее из значений, измеренных в разных сечениях.

Направление плоскости измерения относительно измеряемой поверхности должно соответствовать заданному. Как правило, плоскость измерения перпендикулярна к измеряемой поверхности или профилю.

Направление линии измерения должно соответствовать указанному в условном обозначении допуска формы и расположения, т.е. направлению, заканчивающемуся стрелкой отрезка соединительной линии от рамки с допуском или оговоренному в тексте технических требований. Как правило, направление линии измерения принимают перпендикулярным к измеряемой поверхности или профилю.

Согласно ГОСТ 28187, **общей базой** для отсчета отклонений формы является **прилегающая поверхность** или **прилегающий профиль**. Прилегающие элементы либо материализуются измерительными поверхностями, выверенными относительно реальной поверхности (или профиля) в соответствии с определением прилегающего элемента, либо определяются расчетом или графическим построением по результатам измерения отклонений от вспомогательных баз.

В соответствии с ГОСТ 28187, оценка отклонений формы возможна и относительно средней поверхности или среднего профиля, удовлетворяющих условию наименьшей суммы квадратов отклонений.

Допускается также оценка отклонений формы относительно базовых элементов, которые должны иметь номинальную форму измеряемой поверхности или профиля, но по расположению относительно реального профиля могут отличаться от прилегающего профиля. Примером такой базы является прямая, проходящая через две крайние точки реального профиля. В этих случаях за величину отклонения формы принимают сумму отклонений Δ_1 и Δ_2 двух наиболее удаленных точек, расположенных по обе стороны от базы.

Применение базовых элементов, отличающихся от прилегающих, если оно не оговорено в технических условиях, указывают в протоколе измерения.

Оценку отклонений расположения и суммарных отклонений формы и расположения поверхностей производят в системе координат, заданной в чертеже указанием соответствующих баз.

Измеряемую деталь располагают относительно этой системы координат при измерении либо путем совмещения баз детали с базирующими элементами

средства измерения, либо расчетом или графическим построением по результатам измерения расположения поверхностей от вспомогательных баз.

При оценке отклонений расположения исключают влияние погрешностей формы базовых элементов детали путем замены их прилегающими элементами. Это условие обеспечивается, если базирующие элементы средств измерения имеют форму прилегающих элементов (например, плиты, цилиндрические пробки, кольца и т.п.) и соответствующее расположение.

Если допуск расположения задан относительно комплекта баз измеряемой детали (как показано на рис. 71), при измерении руководствуются следующими правилами: если базами являются плоские поверхности (рис. 71, а), то база, указанная первой (база А), является установочной измерительной базой и совмещается с базирующим элементом средства измерений по трем точкам (точки 1, 2, 3 на рис. 71,б). База, указанная второй (база Б), является направляющей измерительной базой; она совмещается с соответствующим базирующим элементом по двум точкам (точки 4, 5 на рис. 71, б). База, указанная третьей (база В) (опорная измерительная база), совмещается с соответствующим базирующим элементом по одной точке (точка 6 на рис. 71,б). Если в качестве первой базы указана цилиндрическая поверхность, у которой длина L больше диаметра D , то она является двойной направляющей измерительной базой и совмещается с базирующими элементами средства измерения по четырем точкам; две остальные опорные измерительные базы совмещаются с базирующими элементами по одной точке. Все перечисленные выше базы являются явными базами. В качестве баз при измерении отклонений расположения поверхностей могут быть использованы и скрытые базы: оси поверхностей вращения и плоскости симметрии.

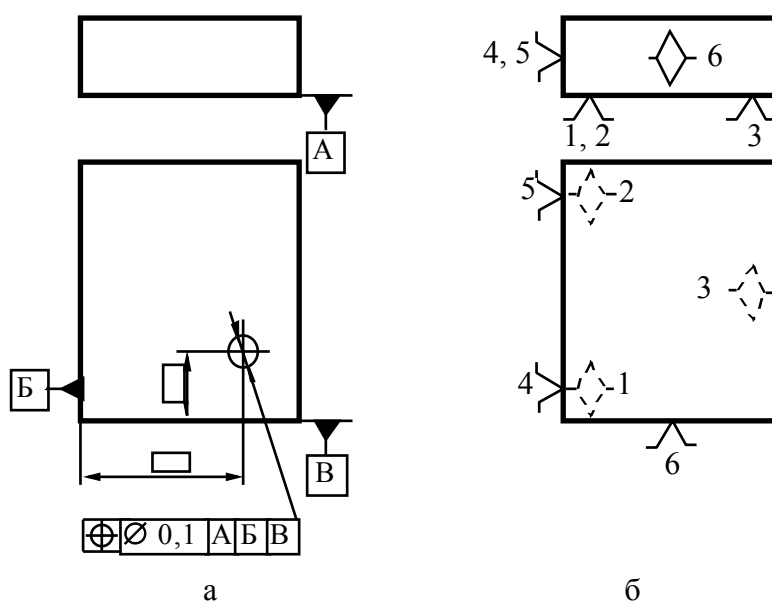


Рис. 71. Базирование детали при измерении относительно комплекта баз:

а – обозначение измерительных баз на чертеже детали или заготовки по ГОСТ 2.308; б – схема базирования детали или заготовки при измерении

При измерении в качестве установочной базы принимают прилегающую плоскость, в качестве двойной направляющей – прилегающий цилиндр, в качестве направляющей базы – прилегающую прямую, в качестве опорной базы – точку реальной поверхности. В качестве измерительной базы используют иногда и короткие ($L/D < 1$) цилиндрические поверхности, называемые двойными опорными измерительными базами, в качестве которых принимают прилегающую окружность.

Применение в качестве баз элементов, отличающихся от прилегающих, если оно не оговорено в технической документации, указывают в протоколе измерения.

При измерении отклонений формы и расположения поверхностей исключают неровности, относящиеся к шероховатости [3]. Это осуществляется путем выбора радиуса измерительного наконечника и (или) применения частотных фильтров в цепи преобразования и регистрации измерительного сигнала.

Влияние шероховатости считается практически исключенным, если для контроля формы и расположения поверхностей применяют измерительные или базирующие элементы, воспроизводящие номинальную форму измеряемой поверхности, например, калибры, оправки, поверочные плиты, призмы и др.

Шероховатость, не исключенную тем или иным способом, рассматривают как составляющую погрешность измерения отклонений формы и расположения поверхностей.

Если в конструкторской документации отклонения формы нормируют, включая шероховатость поверхности, то радиус измерительного наконечника средства измерения и характеристики частотных фильтров должны соответствовать принятым при измерении шероховатости поверхности, а длина измерения – нормируемому участку, установленному для допуска формы.

При измерении и оценке отклонений расположения поверхностей отклонения формы измеряемой поверхности исключают путем оценки отклонений расположения по прилегающим поверхностям или профилям. Расположение прилегающих элементов воспроизводят либо с помощью измерительных элементов, материализующих прилегающие поверхности (плиты, линейки, пробки, оправки, кольца и т.п.), и соответствующей их выверки, либо по результатам измерения положения точек реальной поверхности расчетным или графическим путем [3].

Если измерение отклонений расположения производят по точкам реальной поверхности, то не исключенные из рассмотрения отклонения формы рассматривают как погрешность измерения.

При измерении суммарных отклонений формы и расположения отклонения формы измеряемой поверхности не исключают и рассматривают их как составную часть измеряемого суммарного отклонения.

Рекомендации по выбору методов и средств измерений отклонений формы и расположения приведены в [7].

7.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 21 ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ КРУГЛОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Цель работы: изучение методов измерения отклонения от круглости наружных цилиндрических поверхностей с помощью универсальных СИ.

Задание: измерить отклонение от круглости детали (вала), дать заключение о годности детали.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: индикатор многооборотный 1МИГ, штатив Ш-1-8, призма, поверочная плита, неподвижная и боковая опоры, объект измерения и чертеж объекта измерения (выдает преподаватель).

7.2.1. Методы измерений отклонения от круглости

Отклонением от круглости называется наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 72). **Допуском круглости T** называется наибольшее допустимое значение отклонений от круглости.

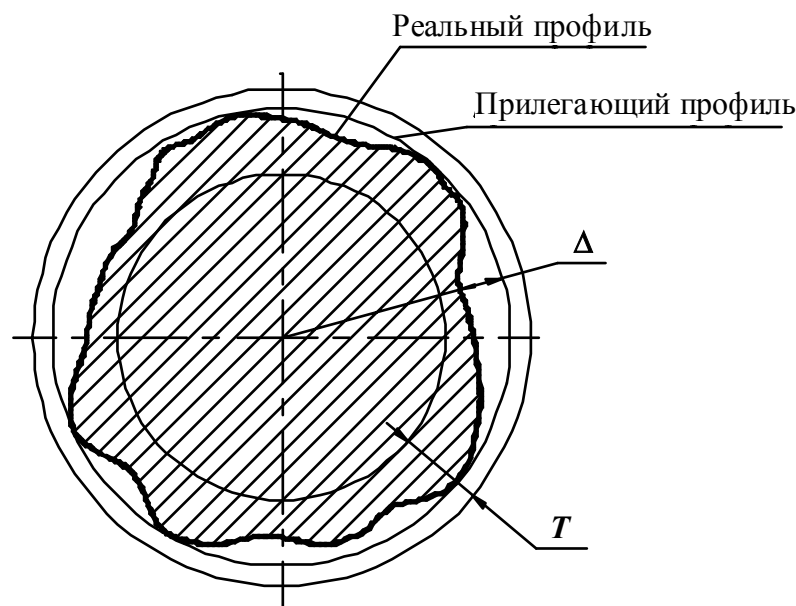


Рис. 72. Отклонение от круглости Δ и допуск круглости T

Нормирование требований к круглости очень часто используют для оценки правильности формы элементов деталей, когда эта форма оказывает существенное влияние на эксплуатационные показатели деталей, например, посадочных поверхностей под подшипники валов и шпинделей, поверхностей калибров

и т.п. Этот параметр является комплексным показателем, частными видами которого являются овальность и огранка (рис. 73). Выделение частных видов отклонения от круглости вызвано тем, что эти отклонения проще измерять, кроме того измерения этих параметров дают возможность увязать отклонение формы с погрешностями технологического процесса.

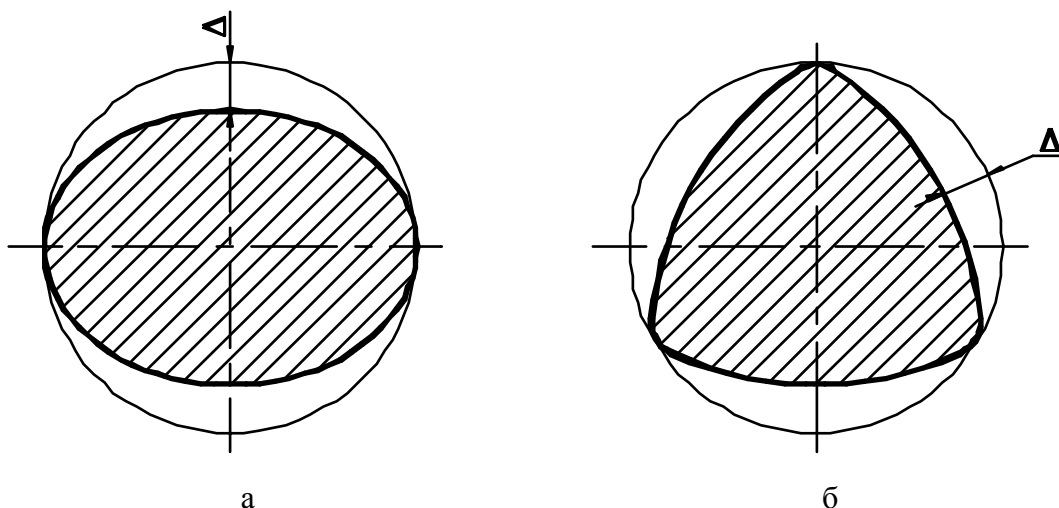


Рис. 73. Частные виды отклонений от круглости:
а – овальность; б – огранка (с тремя гранями)

Причинами появления овальности цилиндрических деталей являются овальность заготовки, овальность опорных поверхностей шпинделя металлорежущего станка, упругие деформации заготовок (особенно тонкостенных) при закреплении и др. Огранка наиболее часто возникает при обработке цилиндрических поверхностей заготовок на бесцентровошлифовальных станках (результат проскальзывания заготовки на опорах). Распространенной причиной появления огранки при обработке является деформация при закреплении заготовки в патроне станка. Например, при закреплении втулки в трех- или четырехкулачковом патроне часто появляется огранка с числом граней, равным числу кулачков.

Измерение и оценку отклонений от круглости производят на длине нормируемого участка L , заданной при указании допуска, или, если нормируемый участок не задан, на всей длине поверхности.

Если задано расположение измеряемого сечения (плоскости измерения) на поверхности, то измерения отклонения от круглости производят в заданном сечении.

Если плоскости измерения отклонений от круглости не заданы, то их количество N определяют в соответствии с табл. 55. Расстояние между плоскостями измерения принимают равным l/N , а расстояние от края до первой плоскости измерения – $l/2N$, где l – длина измеряемой цилиндрической поверхно-

сти. За отклонение от круглости принимают наибольшую из величин, измеренных в различных сечениях.

55. Рекомендуемое количество плоскостей измерения отклонений от круглости [3]

Длина измеряемой цилиндрической поверхности l , мм	Соотношение длины и диаметра l/d измеряемой поверхности	Количество плоскостей измерения N
До 50	До 1	1
	Св. 1 до 3	2
	Св. 3	3
Св. 50 до 200	До 1	2
	Св. 1 до 3	3
	Св. 3	4
Св. 200	До 1	3
	Св. 1 до 3	4
	Св. 3	5

Измерение отклонения от круглости универсальными средствами возможно двумя методами [3]:

- измерение средствами, предназначенными для измерения диаметра (двухточечное измерение);
- измерение с применением призмы (трехточечное измерение).

Двухточечное измерение осуществляют в двух вариантах: путем непрерывного измерения при вращении измеряемой детали или измерением диаметров по отдельным направлениям. В процессе измерения деталь (рис. 74) поворачивают не менее чем на 180° и фиксируют разность Δ_n между наибольшим d_{max} и наименьшим d_{min} диаметрами сечения:

$$\Delta_n = d_{max} - d_{min} . \quad (53)$$

Отклонение от круглости в заданном сечении равно

$$\Delta = \Delta_n / 2. \quad (54)$$

При методе измерения диаметров их измеряют в направлениях, равномерно расположенных по периметру (рис. 75). Если отклонения от круглости имеет вид овальности, оптимальным является измерение в трех или четырех направлениях. Определяют разность между наибольшим и наименьшим из измеренных диаметров Δ_n . Отклонение от круглости в заданном сечении

$$\Delta = \Delta_n / k \quad (55)$$

где $k = 1,6; 1,7; 2$ – соответственно при измерении в трех, четырех, шести и более направлениях.

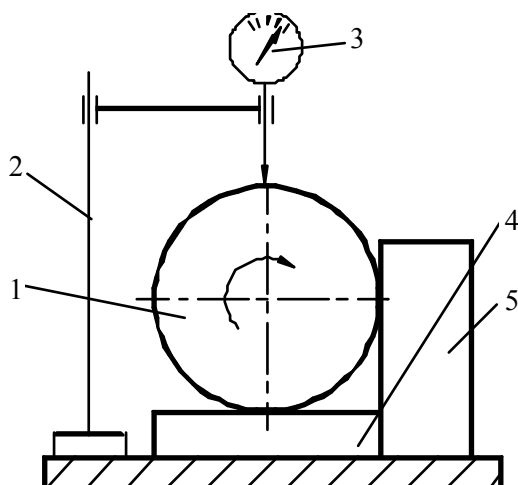


Рис. 74. Схема двухточечного измерения отклонения от круглости с непрерывным вращением детали: 1 – измеряемая деталь; 2 – штатив; 3 – измерительная головка; 4 – неподвижная опора; 5 – боковой упор

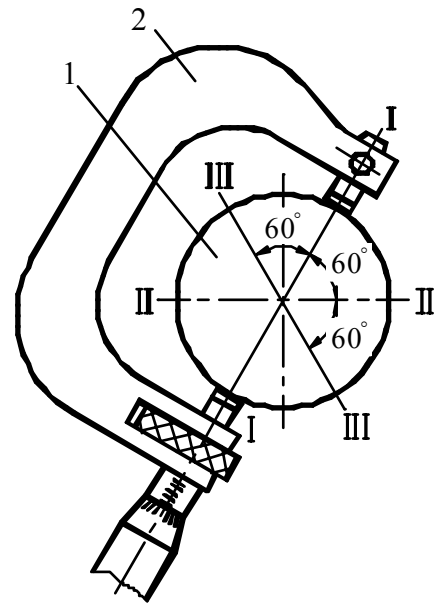


Рис. 75. Схема двухточечного измерения овальности в трех направлениях: 1 – измеряемая деталь; 2 – микрометр; I-I, II-II, III-III – направления измерения

Двухточечные измерения можно использовать только в случаях, когда отклонение от круглости имеет характер овальности или огранки с четным числом граней. Метод измерения диаметров по отдельным направлениям следует применять в основном для измерения овальности.

Измерение огранки с нечетным числом граней при двухточечном контакте невозможно. Если отклонение от круглости содержит составляющие с нечетным числом неровностей на периметре, то двухточечное измерение должно дополняться трехточечным. При этом за отклонение от круглости принимают большее из значений Δ , получаемых двух- и трехточечным измерением.

Трехточечное измерение в призме применяют для деталей небольших размеров, имеющих определенный характер отклонения от круглости, чаще всего при огранке с нечетным числом граней.

При измерении в призме используют симметричную схему, когда измерительный наконечник располагается по биссектрисе угла призмы α (рис. 76, а), и несимметричную схему, когда измерительный наконечник располагается под углом β к биссектрисе (рис. 76, б). Измеряемый вал устанавливают в призме и вращают. Определяют наибольшее изменение показаний Δ_n измерительной головки за один оборот. Отклонение от круглости

$$\Delta = \Delta_n / k_n, \quad (56)$$

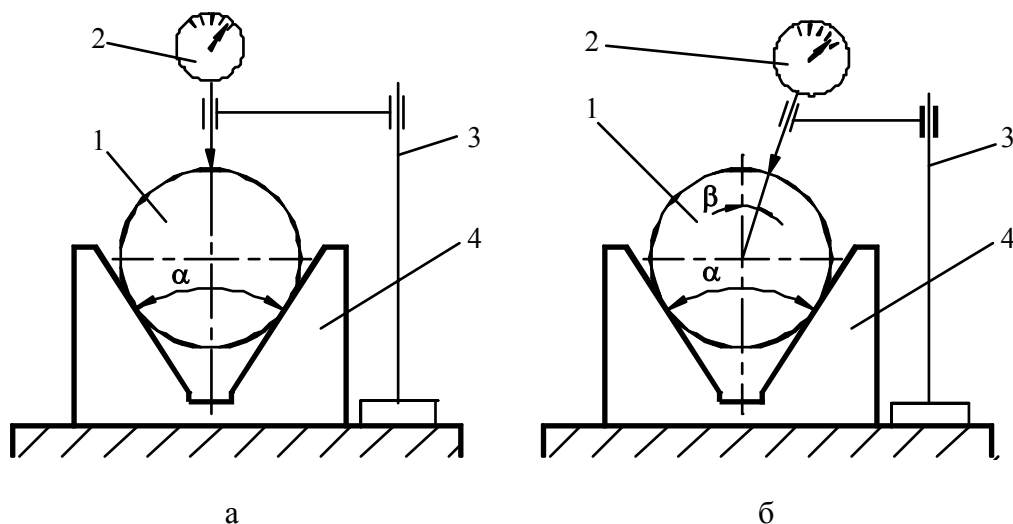


Рис. 76. Схемы трехточечного измерения отклонения от круглости: а – с симметричным расположением измерительного наконечника, б – с несимметричным расположением измерительного наконечника; 1 – измеряемая деталь; 2 – измерительная головка; 3 – штатив; 4 – призма

где k_n – поправочный коэффициент, который зависит от количества неровностей на периметре детали, угла призмы α от комбинации углов α и β (табл. 56, 57).

Отклонение от круглости средних и крупных деталей измеряют с применением седлообразной накладной призмы («наездника») [3]. При этом измеряемую деталь устанавливают в центрах или патроне.

7.2.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

- Изучают методы измерения отклонений от круглости наружных цилиндрических поверхностей.

- Изучают технические требования к детали по чертежу. По табл. 55, исходя из соотношения длины измеряемой поверхности и диаметра детали, устанавливают количество плоскостей измерения и их положение (рис. 77).

- На поверочную плиту устанавливают неподвижную опору 4 (см. рис. 77), боковой упор 5 и штатив 2 с индикатором многооборотным 3. На неподвижную опору 4 устанавливают деталь 1, а многооборотный индикатор 3 устанавливают в соответствующую плоскость измерения. Большую стрелку индикатора устанавливают на нулевую отметку, создав натяг измерительного стержня 1 мм. Поворачивая деталь 1 на 180° , фиксируют наибольшее показание Δ_n . Отклонение от круглости (овальность) рассчитывают по формуле (54). При перемещении индикатора со штативом из одного положения плоскости измере-

ния в другое измерительный наконечник отводят от детали с помощью арретира.

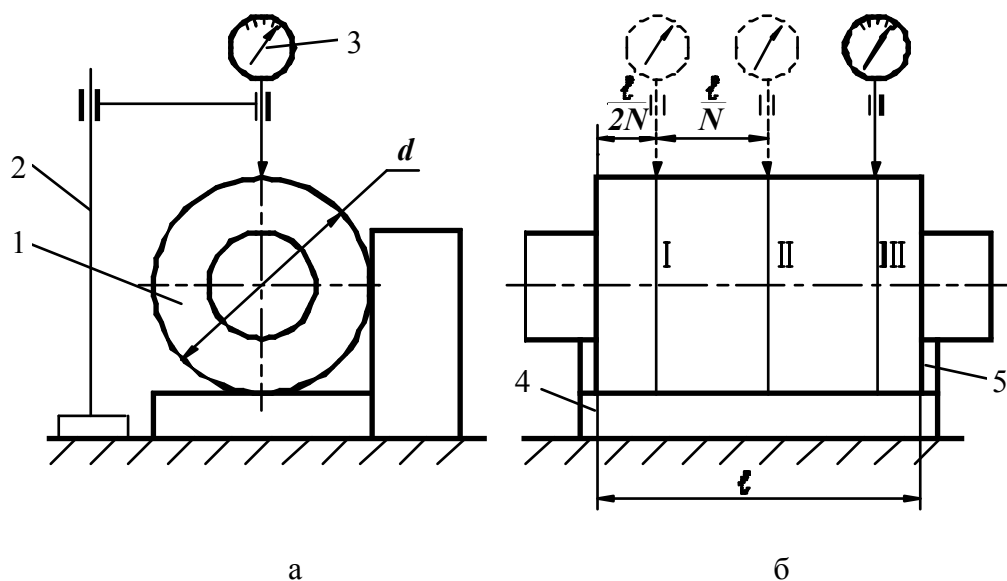


Рис. 77. Схема измерения отклонения от круглости:
1 – 5 – см. рис. 74; I, II, III – плоскости измерения

56. Поправочные коэффициенты k_n при измерении отклонений от круглости в призмах по симметричной схеме [3]

Количество неровностей на периметре n	Угол α , град.			
	60	90	108	120
2	–	1,00	1,38	1,58
3	3,00	2,00	1,38	1,00
4	–	0,41	–	0,42
5	–	2,00	2,24	2,00
6	3,00	1,00	–	–
7	–	–	1,38	2,00
8	–	0,41	1,38	0,42
9	3,00	–	–	1,00
10	–	1,00	2,24	1,58
11	–	2,00	–	–
12	3,00	0,41	1,38	2,00
13	–	2,00	1,38	–
14	–	1,00	–	1,58
15	3,00	–	2,24	1,00

57. Поправочные коэффициенты k_n при измерении отклонений от круглости в призмах по несимметричной схеме [3]

Количество неровностей на периметре n	Углы α и β , град		
	$\alpha = 60$ $\beta = 30$	$\alpha = 120$ $\beta = 10$	$\alpha = 120$ $\beta = 60$
2	1,41	1,64	2,38
3	2,00	0,88	2,00
4	1,41	0,96	1,01
5	2,00	1,73	2,00
6	0,73	1,08	0,42
7	2,00	1,73	2,00
8	1,41	0,79	1,01
9	2,00	1,35	2,00
10	1,41	0,79	2,38
11	–	1,73	–
12	0,73	1,08	1,01
13	–	1,73	–
14	1,41	0,96	0,42
15	2,00	0,88	2,00

– На поверочную плиту устанавливают призму 4 (см. рис. 76, б), штатив 3 с индикатором многооборотным 2. В призму устанавливают деталь 1, а многооборотный индикатор 2 устанавливают на нулевую отметку, как было указано выше. Поворачивая деталь на 360° , фиксируют наибольшую разность показаний Δ_n . Отклонение от круглости (огранку) рассчитывают по формуле (56).

– Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 58.

– Дают заключение о годности детали.

58. Результаты измерений отклонения от круглости

Схема измерения	Положение плоскости измерения	Показания прибора, мм		Разность показаний Δ_n , мм	Отклонение от круглости Δ , мм	Допустимое значение, мм	Заключение о годности
		A_1	A_2				
Двухточечное измерение	I						
	II						
	III						
Трехточечное измерение	I						
	II						
	III						

7.2.3. Контрольные вопросы

1. Что понимают под отклонением формы поверхности детали ?
2. Что такое «прилегающая поверхность» и «прилегающий профиль» ?
3. Какие отклонения формы цилиндрических поверхностей деталей Вы знаете ?
4. Что понимают под отклонением от круглости ?
5. Назовите частные виды отклонения от круглости.
6. Каковы причины появления отклонений от круглости ?
7. На какой длине производят оценку отклонений от круглости ?
8. В каких сечениях производят измерение отклонений от круглости ?
9. Какие методы измерения отклонений от круглости Вы знаете ?
10. В чем сущность двухточечного и трехточечного методов измерения отклонений от круглости ?
11. В каком случае двухточечное измерение отклонения от круглости является недостаточным и чем его дополняют ?
12. В каких случаях для измерения отклонений от круглости применяют седлообразную накладную призму ? Как при этом устанавливают деталь ?
13. Что такое симметричная и несимметричная схемы трехточечного измерения отклонений от круглости ?
14. Какова метрологическая характеристика используемой в работе измерительной головки ?

7.2.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 192-206, 251-253].
2. [3, с. 160-162, 174-176].
3. [7, с. 4 – 18, 76 – 84].
4. [9, с. 407 – 412, 438 – 443].
5. [10, с. 371 – 376].
6. [12, с. 171 – 177, 196 – 198].

7.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 22

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРНОЙ И РЫЧАЖНОЙ СКОБ

Цель работы: изучение методики и техники измерения размеров и отклонений формы цилиндрических деталей индикаторной и рычажной скобами.

Задание: с помощью индикаторной или рычажной скобы измерить диаметры детали, оценить отклонения от круглости и цилиндричности и дать заключение о годности детали.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: индикаторная скоба СИ-50 (рычажная скоба СР-25), штангенциркуль ШЦ-I или ШЦ-II, набор плоскопараллельных концевых мер длины, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

7.3.1. Измерение отклонений от круглости и цилиндричности средствами измерения диаметра (двухточечное измерение)

Схема и методика двухточечного измерения отклонения от круглости цилиндрических поверхностей приведены в лабораторной работе № 21 (п. 7.2.1).

Схема двухточечного измерения отклонения от цилиндричности показана на рис. 78. В зависимости от расположения и числа измеряемых сечений, линий и точек различают следующие методы измерения отклонения от цилиндричности [3]:

- метод поперечных сечений;
- метод образующих;
- метод экстремальных значений;
- метод винтовой линии.

Двухточечным измерением отклонения от цилиндричности наиболее просто реализуются первые два метода. При методе поперечных сечений (рис. 79, а) измеряют диаметры поверхности в нескольких поперечных сечениях, в том числе в начале и конце нормируемого участка. Минимальное количество поперечных сечений N_{min} , как и минимальное количество направлений измерения n_{min} , в каждом поперечном сече-

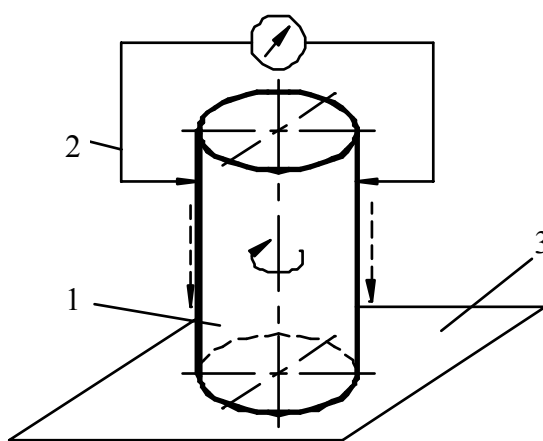


Рис. 78. Схемы двухточечного измерения отклонения от цилиндричности: 1 – измеряемая деталь; 2 – двухточечный измерительный прибор;

3 – поверочная плита

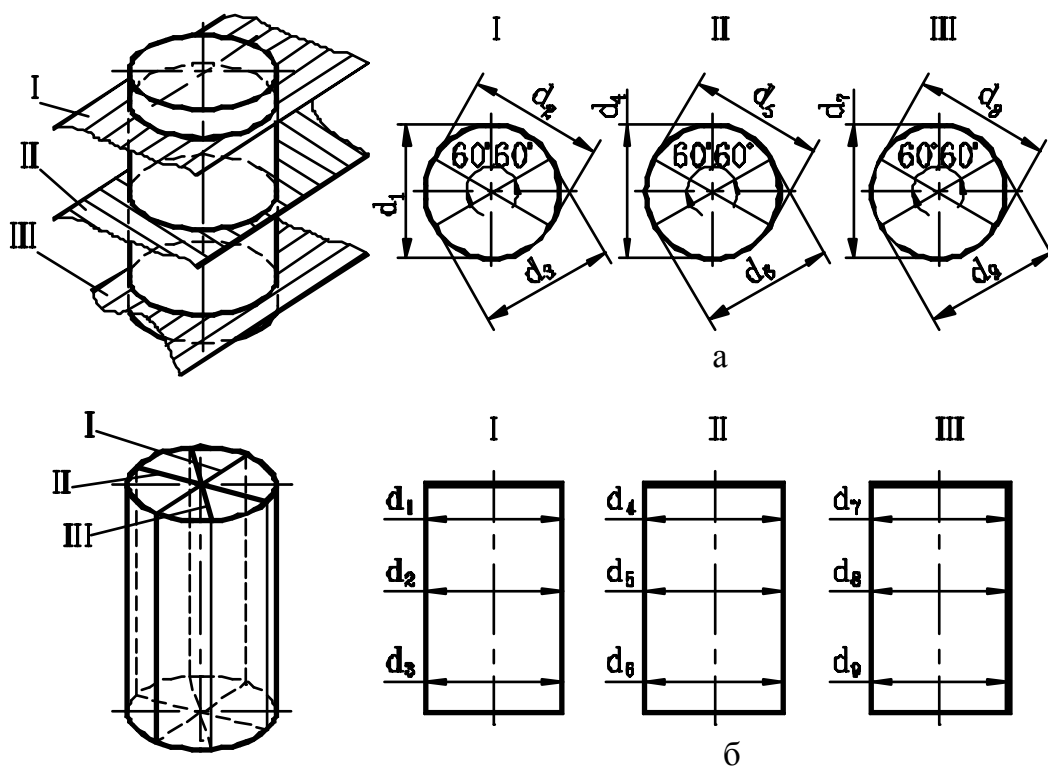


Рис. 79. Последовательность измерения диаметров цилиндрической поверхности при оценке отклонения от цилиндричности:
 а – методом сечений, б – методом образующих

нии равно 3 [3]. При методе образующих (рис. 79, б) измеряют диаметры поверхности в нескольких ($K_{min} = 3$) продольных сечениях. Минимальное количество точек измерения на каждой образующей k_{min} также равно 3.

С увеличением диаметра и длины измеряемой поверхности количество сечений и линий измерения увеличивают в соответствии с табл. 55 и 59.

59. Минимальное количество точек на образующей при дискретном измерении отклонения профиля продольного сечения и отклонения от цилиндричности

Длина нормируемого участка L , мм	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 630	Св. 630
Количество точек измерения на каждой образующей K_{min}	3	5	6	7	9	11

Таким образом, в соответствии с выбранным методом диаметры цилиндрической поверхности измеряют в последовательности от d_1 до d_9 (если $N = n = K = k = 3$), как показано на рис. 79.

Отклонение от цилиндричности определяют по формуле:

$$\Delta = \frac{\Delta_n}{2} = \frac{d_{max} - d_{min}}{2}, \quad (57)$$

где d_{max} , d_{min} – соответственно наибольший и наименьший из всех (например, девяти) измеренных диаметров.

Следует помнить, что двухточечный метод измерения отклонения от цилиндричности является недостаточным, если отклонение содержит составляющие в виде нечетной огранки или отклонение от прямолинейности оси. В этом случае двухточечное измерение должно дополняться трехточечным.

Для двухточечного измерения отклонения от цилиндричности применяют любые подходящие по метрологическим характеристикам приборы для измерения диаметра, в том числе индикаторные и рычажные скобы.

7.3.2. Устройство рычажной и индикаторной скоб. Методика их настройки и использования для измерения линейных размеров

Индикаторные и рычажные скобы относятся к рычажно-зубчатым приборам. По ГОСТ 11098 выпускают [11] скобы с отсчетными устройствами типа СИ, оснащенные измерительными головками, и типа СР со встроенными в корпус отсчетными устройствами. Индикаторные скобы выпускают 10 наименований с пределами измерения от 0 ... 50 мм (СИ-50) и до 850 ... 1000 мм (СИ 1000). Рычажные скобы выпускают 6 наименований с пределами измерения от 0 ... 25 мм (СР-25) и до 125 ... 150 мм (СР-150).

Рычажно-зубчатые измерительные приборы основаны на преобразовании малых перемещений измерительного стержня в большие перемещения указателя. Указанные приборы предназначены, как правило, для относительного измерения контактным методом.

Индикаторная скоба

Скоба индикаторная представляет собой сочетание индикатора часового типа со скобой, содержащей вторую измерительную поверхность в виде торца переставного цилиндрического стержня.

Техническая характеристика индикаторной скобы СИ-50 (ГОСТ 11098) в сочетании с индикатором часового типа ИЧ 10 МН кл. 0 (ГОСТ 577)

– Диапазон измерений, мм	0 ... 50
– Диапазон показаний отсчетного устройства, мм	0 ... 10
– Цена деления, мм	0,01

- Предельная погрешность, мм $\pm 0,008$
- Наибольшее измерительное усилие, Н 600 ± 100

Корпус измерительного устройства представляет собой жесткую скобу 1 (рис. 80) с перемычкой и двумя цилиндрическими обоймами с соосными отверстиями, в которых перемещаются цилиндрические стержни 2 и 3 с плоскими или сферическими измерительными поверхностями на концах. В левый торец стержня 3 упирается измерительный стержень индикатора 4. Парной измерительной поверхностью для индикатора 4 является торец стержня 2.

Для удобства и быстроты установки скобы на размер в корпусе предусмотрен передвижной упор 5, установленный предварительно по образцовой детали или по блоку плоскопараллельных концевых мер так, чтобы измерительная ось прибора совпала с осью детали. Для отвода подвижного стержня 3 при установке на измерительную позицию предусмотрена ручка 6. Пластмассовая ручка 7 предохраняет инструмент от нагрева рукой.

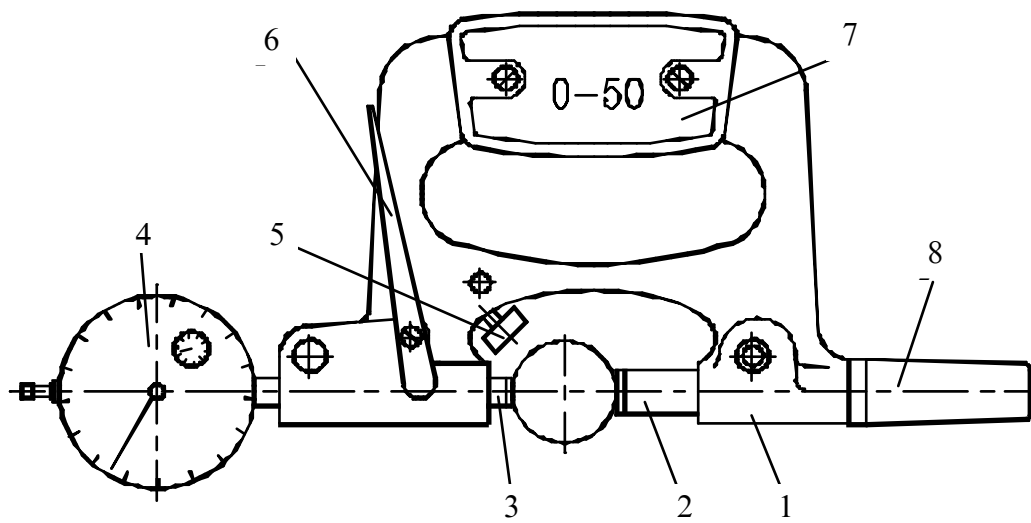


Рис. 80. Общий вид индикаторной скобы

Диапазон измерения индикатора увеличивают в результате перестановки неподвижного стержня скобы 2 (см. рис. 80), для скобы СИ-50 он составляет 50 мм.

Установку прибора на определенный размер производят по концевым мерам длины. Для этого освобождают зажим цилиндрического стержня 2 (см. рис. 80), свинчивают колпачок 8 и зажимают блок концевых мер между стержнями 2 и 3. Индикатор при этом должен получить определенный натяг (1,5–2 оборота стрелки) для того, чтобы можно было фиксировать отклонения от установленного размера как в плюс, так и в минус. После этого индикатор устанавливают на ноль, зажимают стопор и с помощью ручки 6 отводят стержень 3,

освобождая тем самым плоскопараллельные меры. Завинчивают колпачок 8, после чего прибор готов к работе. Установку на ноль проверяют 2–3 раза.

Вводят измеряемую деталь между стержнями 2 и 3 (при этом нужно отвести подвижный стержень 3 с помощью ручки 6) и наблюдают отклонение ее размера от установленного размера блока концевых мер. Размер детали определяют как алгебраическую сумму размера блока мер и показания индикатора.

После окончания измерений проверяют, сохранилась ли нулевая установка прибора. Для этого между измерительными стержнями снова вводят блок концевых мер. Ошибка в положении стрелки не должна превышать половины деления шкалы. В противном случае измерение считают недействительным, т.е. снова производят установку на ноль, а затем измерение размера детали.

Рычажная скоба

Недостатком зубчатых передач является ограниченная точность вследствие биений зубчатых венцов колес, погрешностей окружных шагов и профилей зубьев. Точность измерительного прибора можно значительно повысить, если первое звено, т.е. рейку и малое зубчатое колесо, заменить рычагом. С помощью рычага при небольших углах его отклонений можно получить весьма точное начальное увеличение измеряемого отклонения с последующим дополнительным его увеличением зубчатой передачей. Однако при этом уменьшается диапазон показаний инструмента.

Типичным представителем таких инструментов является рычажная скоба (рис. 81).

Техническая характеристика рычажной скобы СР-25 (ГОСТ 11098)

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

В корпусе 1 скобы в двух соосных направляющих перемещаются стержни: левый 8 – измерительный, оканчивающийся чувствительной пяткой, и правый 7 – установочный, регулируемый с опорной пяткой. Измерительный стержень упирается в пружину 14, регулируемую вручную поворотом колпачка 9. Установочный стержень 7 перемещается в направляющих вращением колпачка 6 и закрепляется зажимом 5. Измерительный стержень 8 при посредстве рычажка 13 и зубчатого сегмента 12 действует на зубчатое колесо 11, на оси которого закреплен указатель 10, вращающийся поверх шкалы 3.

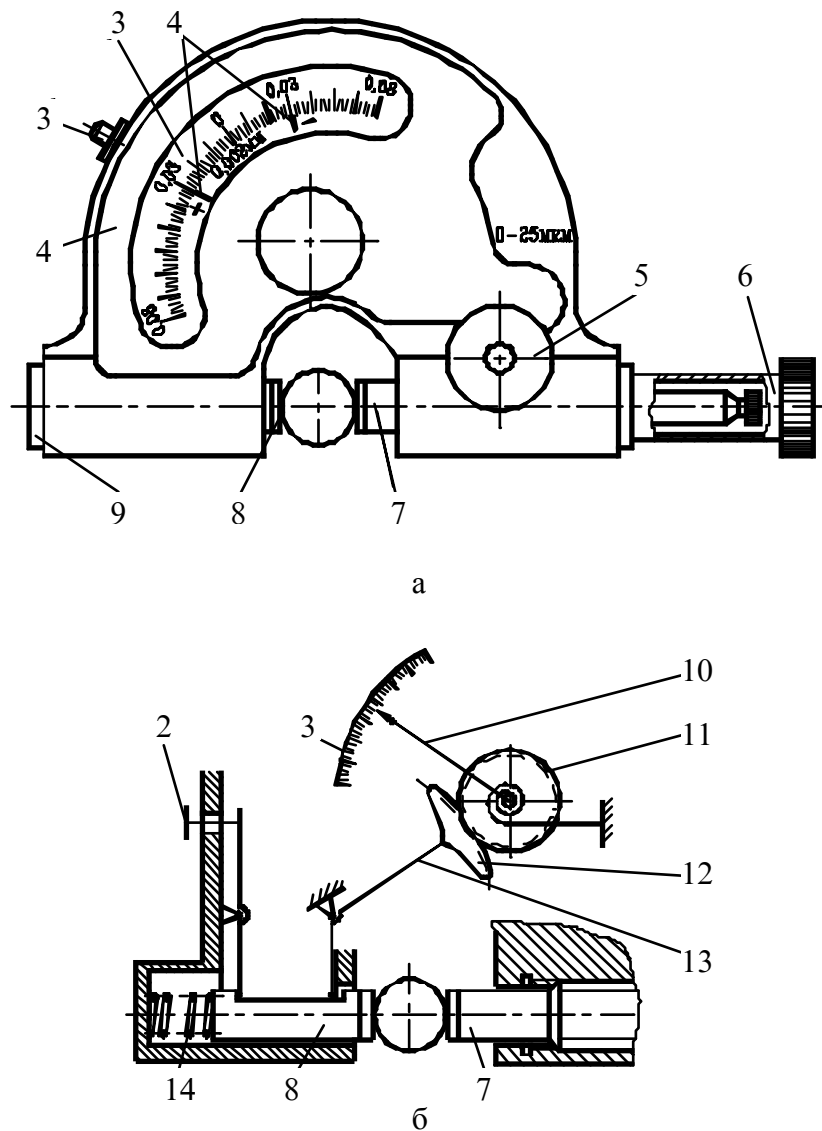


Рис. 81. Рычажная скоба: а – общий вид, б – кинематическая схема

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

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

7.3.3. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают конструкции индикаторной и рычажной скоб.
- Выполняют чертеж детали.
- Изучают методику оценки отклонения от круглости (см. п. 7.2.1) и отклонения от цилиндричности (см. п. 7.3.1).
- Выбирают метод измерения отклонения от цилиндричности.
- Подбирают блоки концевых мер по номинальным размерам измеряемых поверхностей.
- Измеряют диаметры проверяемых поверхностей. Результаты измерения заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 60.

60. Результаты измерений

Номинальный размер детали, мм	Действительный размер блока концевых мер, мм	Показания прибора при установке блока, мм	Положение плоскости измерения	Показания прибора при измерении детали, мм			Действительные размеры детали, мм		
				направления			направления		
				1-1	2-2	3-3	1-1	2-2	3-3
			I						
			II						
			III						
			I						
			II						
			III						

- Определяют: отклонение от круглости в заданном сечении (плоскости) измерения по формуле (55); отклонение от круглости поверхности, как наибольшее из измеренных в различных сечениях; отклонение от цилиндричности по формуле (57).
- Заполняют таблицу, выполненную по форме табл. 61.
- Дают заключение о годности детали.

61. Результаты оценки геометрической точности детали

Предельные размеры, мм		Действительные размеры, мм		Отклонение от круглости, мкм		Отклонение от цилиндричности, мкм	
наиболь- ший d_{max}	наимень- ший d_{min}	наиболь- ший d_{max}^{∂}	наимень- ший d_{min}^{∂}	допускае- мое	действи- тельное	допускае- мое	действи- тельное
Заключение о годности							

7.3.4. Контрольные вопросы

- 1–11. См. контрольные вопросы 1–11 к лабораторной работе № 21.
12. Что понимают под отклонением от цилиндричности ?
13. Какие методы двухточечного измерения отклонений от цилиндричности Вы знаете ? В чем они заключаются ?
14. От чего зависит количество сечений, в которых измеряют параметры проверяемой детали ?
15. Каковы метрологические характеристики используемых в работе индикаторной и рычажной скоб ?
16. Каково устройство индикаторной и рычажной скоб ?
17. Назовите вид и метод измерения диаметров деталей с помощью индикаторной скобы, рычажной скобы.

7.3.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 192 – 206, с. 251 – 253].
2. [3, с. 160 – 162, 174 – 178].
3. [7, с. 4 – 18, 76 – 84].
4. [9, с. 407 – 412, 438 – 443].
5. [10, с. 371 – 376].
6. [12, с. 171 – 177, 196 – 198].

7.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 23

ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВТУЛОК С ПОМОЩЬЮ КРУГЛОМЕРА

Цель работы: изучение методики и техники оценки отклонений формы и расположения поверхностей вращения с помощью кругломера ВЕ-20А.

Задание: с помощью кругломера измерить отклонения формы (отклонение от круглости и цилиндричности) наружной и внутренней поверхности втулки, определить отклонение от соосности этих поверхностей, дать заключение о годности втулки.

Перечень инструментов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: кругломер ВЕ-20А, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

7.4.1. Кругломер ВЕ-20А

Принцип действия кругломеров основан на сопоставлении профиля контролируемой детали с окружностью, воспроизводимой вращением прецизионного шпинделя, на котором устанавливаются либо измерительная головка 6 (рис. 82, а), либо измеряемая деталь 2 (рис. 82, б). Наконечник, соприкасаясь с поверхностью детали, совершает радиальные перемещения, которые автоматически в увеличенном масштабе вычерчиваются в полярных координатах записывающим механизмом на круглограмме. Числовые значения отклонений от круглости определяют с помощью специального прозрачного шаблона, накладываемого на круглограмму. Современные кругломеры, как правило, снабжены ЭВМ для автоматического вычисления отклонений от круглости, цилиндричности и их составляющих: овальности, огранки разных порядков, отклонений профиля продольного сечения, а также волнистости, имеют системы полуавтоматического или автоматического центрирования (например, кругломер мод. 298).

Изучение методики оценки отклонений формы цилиндрических поверхностей представляется возможным лишь при «ручной» обработке круглограмм, записанных с помощью специальных устройств кругломеров. С этой целью можно использовать для лабораторной работы кругломер ВЕ-20А, имеющий электронный и записывающий блоки и работающий по схеме, приведенной на рис. 82, а.

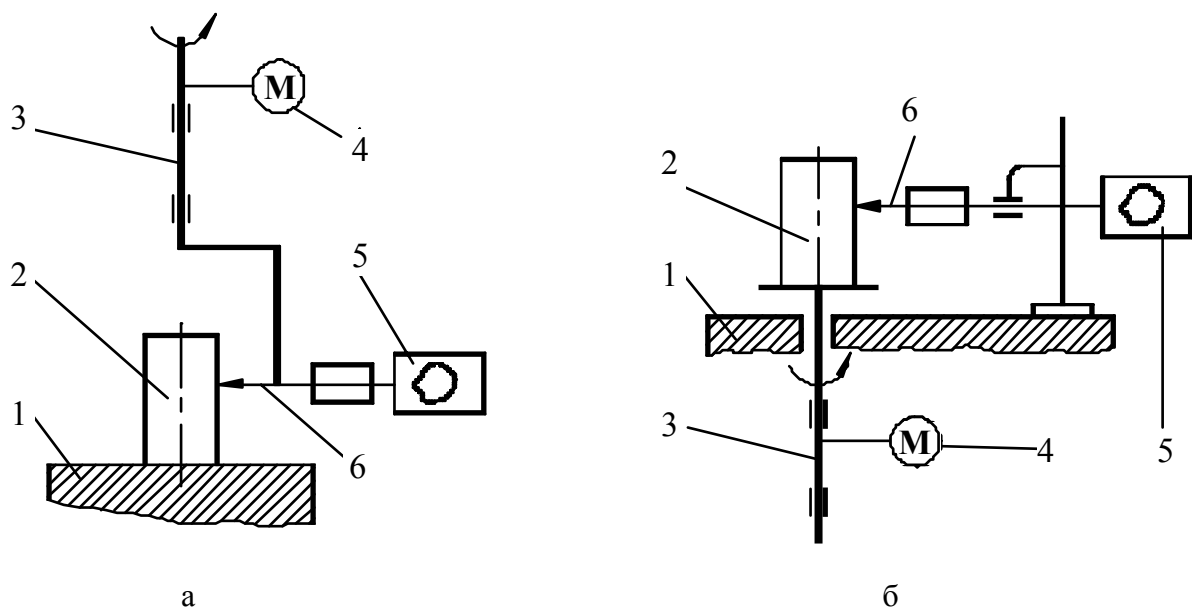


Рис. 82. Схемы контроля отклонений от круглости: 1 – столик; 2 – измеряемая деталь; 3 – шпиндель; 4 – электродвигатель; 5 – записывающий прибор; 6 – индуктивный датчик; а – кругломер с вращающейся измерительной головкой с датчиком; б – кругломер с вращающейся измеряемой деталью

Техническая характеристика прибора

– Предельные размеры проверяемых деталей, мм	
наружный диаметр	0 ... 250
внутренний диаметр	3 ... 260
высота детали	5 ... 380
высота детали типа вала диаметром до 95 мм	5 ... 650
– Увеличение электронного блока, крат	125, 500
– Частота вращения шпинделя и диаграммного диска бумаги, об/мин	2,4
– Скорость движения диаграммной ленты, мм/мин	20, 40, 80, 200, 400, 800
– Предельная погрешность вращения шпинделя, мкм	0,15
– Предельная погрешность увеличений, %	± 5

Принцип работы кругломера ВЕ-20А

На прецизионном шпинделе 5 (рис. 83,а) закреплена специальная каретка 4 с индуктивным датчиком.

Биение шпинделя является сравнительно малой величиной и траектория его вращения может быть принята за правильную окружность или эталон круг-

лости. Таким образом, при вращении шпинделя любая закрепленная на нем деталь, в том числе и измерительный наконечник щупа 3 движется по правильной окружности (см. рис. 83, б). Если ось измеряемой детали 2 и ось вращения шпинделя 5 совпадают, то при касании шарнирно установленного измерительного наконечника с деталью траектория его движения будет отклоняться от правильной окружности и соответствовать реальному профилю поперечного сечения детали. Ось шпинделя и ось поверхности совмещаются перемещением центрирующего столика 1 (см. рис.83, а) микровинтами в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

При измерении измерительный наконечник непрерывно касается детали. Отклонение от круглости измеряемой поверхности усиливается электронным болком и передается на записывающий прибор.

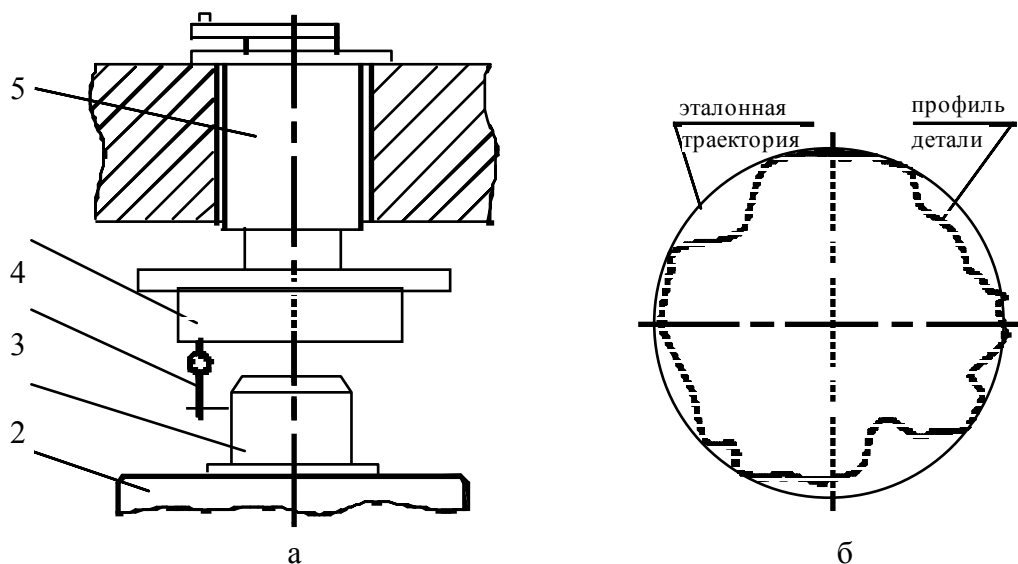


Рис. 83. Шпиндельный узел прибора (а) и круглограмма детали (б):
1 – центрирующий столик; 2 – деталь; 3 – щуп; 4 – каретка; 5 – шпиндель

Устройство кругломера ВЕ-20А

Кругломер состоит из следующих основных узлов: сварного стола, центрирующего столика, стойки, измерительной головки, электронного блока и записывающего прибора.

Центрирующий столик является одновременно и предметным столиком, на котором устанавливаются детали при измерении. Столик установлен на неподвижной плите стола с помощью трех шаровых опор, на которых он может перемещаться относительно неподвижной плиты в двух взаимно перпендикулярных направлениях в горизонтальной плоскости. В столике укреплены два специальных механизма микроперемещения, позволяющие быстро или медлен-

но перемещать столик в двух взаимно перпендикулярных направлениях на величину 2,5 мм.

Отлитая из чугуна стойка служит для закрепления измерительной головки на требуемой высоте над поверхностью центрирующего столика. На стойке имеются вертикальные направляющие, обеспечивающие точное передвижение измерительной головки вверх и вниз. Между направляющими закреплена рейка для перемещения измерительной головки по направляющим.

Измерительная головка состоит из шпиндельного узла, привода и механизма датчика. Привод включает в себя электродвигатель с редуктором и пару цилиндрических зубчатых колес для ручного вращения шпинделя рукояткой.

Шпиндельный узел представляет собой прецизионную шпиндельную пару (шпиндель и втулку-подшипник скольжения), установленную в корпусе и закрепленную на его верхней плоскости прижимным кольцом. Узел датчика жестко закреплен на нижней части шпинделя и вращается вместе с ним. Несущей деталью узла является направляющая, по которой при помощи реечного механизма передвигается каретка с закрепленным на ней индуктивным датчиком.

Записывающий прибор представляет собой самопишущий магнитоэлектрический миллиамперметр постоянного тока и служит для записи колебаний радиуса измеряемой детали. Запись производится на электротермической бумаге на диаграммном диске с шириной поля записи 30 мм в полярной системе координат или на диаграммной ленте с шириной поля записи 70 мм в прямоугольной системе координат.

В комплект приспособлений для кругломера входят три щупа с измерительными наконечниками. Щупы имеют разные базовые длины (базовая длина - это расстояние от измерительного наконечника до фиксирующего штифта): 21, 81 и 201 мм и соответствующие коэффициенты увеличения: 1, 2 и 3.

Кругломер снабжен также специальными сдвоенными державками для одновременной установки двух щупов с измерительными наконечниками (рис. 84). Такое устройство позволяет определить отклонение от соосности одних цилиндрических поверхностей относительно других – базовых, например, отклонение от соосности поверхности дорожек качения колец подшипников относительно их базовых цилиндрических поверхностей.

Кроме основного назначения прибор может быть использован также для проверки биений деталей в призмах или центрах, установленных на центрирующем столике.

Прибор является универсальным и может применяться как в измерительных лабораториях, так и непосредственно в термokonстантных цехах на участках прецизионной обработки заготовок.

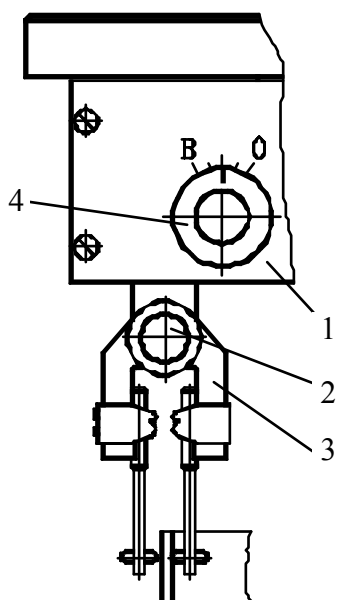


Рис. 84. Сдвоенная державка: 1 – каретка; 2 – винт; 3 – державка

Увеличения прибора

В зависимости от степени усиления сигнала датчика в электронном блоке могут быть установлены разные увеличения. Расстояние между линиями на диаграммном диске или диаграммной ленте равно 2 мм. Тогда цена деления определяется делением 2 мм на увеличение, установленное переключателем электронного блока. Увеличение и цена деления зависят также и от длины щупа. Увеличение, установленное переключателем электронного блока, при использовании щупов длиной 81 и 201 мм уменьшается соответственно в 2 и 4 раза (табл. 62).

62. Фактические увеличения прибора

Базовая длина щупа, мм	Коэффициент	Фактическое увеличение	Положение ручки переключателя				
			0,5	1	2	5	10
21	1	крат/мкм*	500/4	1000/2	2000/1	5000/0,4	10000/0,2
81	2	крат/мкм	250/8	500/4	1000/2	2500/0,8	5000/0,4
201	4	крат/мкм	125/16	250/8	500/4	1250/1,6	2500/0,8

* – в знаменателе указана соответствующая увеличению цена деления шкалы диаграммного диска, диаграммной ленты и специального трафарета

7.4.2. Методика оценки отклонений формы и расположения поверхностей по круглограммам и профилограммам

Оценка отклонений от круглости по круглограммам поверхностей

Круглограмма поверхности – это записанное с большим увеличением отклонение профиля детали от правильной окружности, которое, являясь условным отображением реального профиля детали в проверяемом сечении, точно отображает угловой шаг и амплитуду неровностей.

Запись производится так, что увеличение радиуса детали соответствует увеличению радиуса круглограммы и при измерении отверстия «тело» детали расположено с наружной стороны круглограммы, а при измерении вала – внутри круглограммы.

Оценку отклонений от круглости наружных поверхностей проводят следующим образом:

- на круглограмму накладывают трафарет, на котором нанесено 16 концентрических окружностей с разницей радиусов, равной 2 мм, что соответствует цене деления диаграммного диска. Трафарет накладывают так, чтобы самая возможно малая из его 16 окружностей правильно описывала круглограмму, прилегая к ней не менее чем в трех точках, расположенных более чем на половине круглограммы (рис. 85);

- подсчитывают количество интервалов между прилегающей окружностью и самой удаленной от нее точкой круглограммы;

- умножают полученное количество интервалов на цену деления, соответствующую установленному увеличению и длине щупа, получая тем самым фактическое значение отклонения от круглости записанной поверхности;

- если деталь и круглограмма имеют правильную форму овала, то самую возможно малую окружность трафарета описывают вокруг круглограммы так, чтобы она касалась круглограммы в двух ее точках, расположенных на большой оси овала, а две остальные точки, расположенные на малой оси овала, находились на равном расстоянии от этой окружности.

При оценке отклонений от круглости отверстий трафарет на круглограмму накладывают так, чтобы самая возможно большая окружность трафарета правильно вписалась в круглограмму, прилегая к ней не менее чем в трех точках, расположенных более чем на половине круглограммы. Далее поступают также, как и при оценке отклонений от круглости наружных поверхностей.

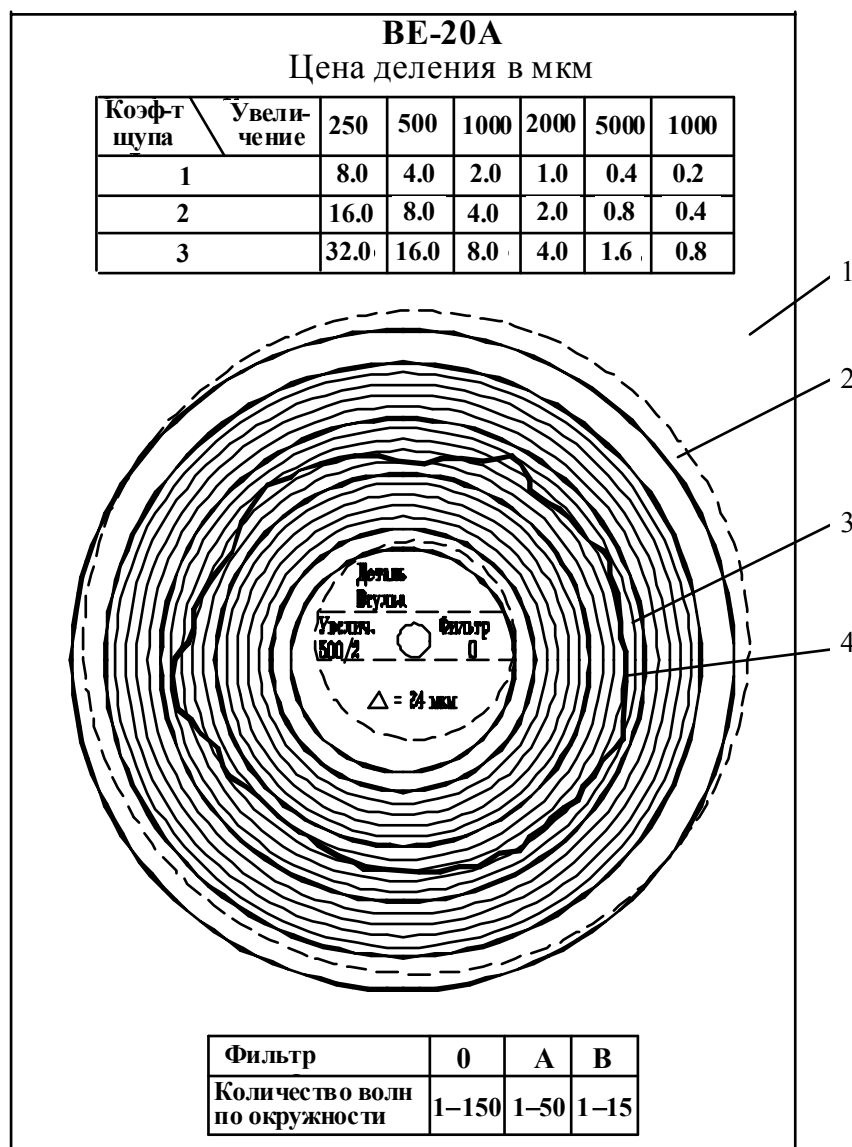


Рис. 85. Оценка отклонения от круглости по круглограмме с помощью трафарета:
1 – прозрачный трафарет; 2 – диаграммный диск; 3 – прилегающая окружность;
4 – круглограмма

Оценка отклонений от цилиндричности поверхностей с помощью кругломера

Отклонение от цилиндричности поверхности определяют методом поперечных сечений (см. 7.3.1) следующим образом:

- измеряемую деталь устанавливают на столике прибора и центрируют так, чтобы ось проверяемой поверхности совпала с осью вращения шпинделя;
- не прерывая вращения шпинделя, записывают круглограммы в нескольких (см. табл. 55) поперечных сечениях, в том числе в начале и конце нормируемого участка. Запись выполняют на одном диаграммном диске при неизменном положении детали относительно оси шпинделя прибора;

– на круглограмму накладывают трафарет так, чтобы возможно малая его окружность правильно описывала одновременно все круглограммы (окружность трафарета реализует прилегающую окружность, общую ко всем круглограммам) (рис. 86);

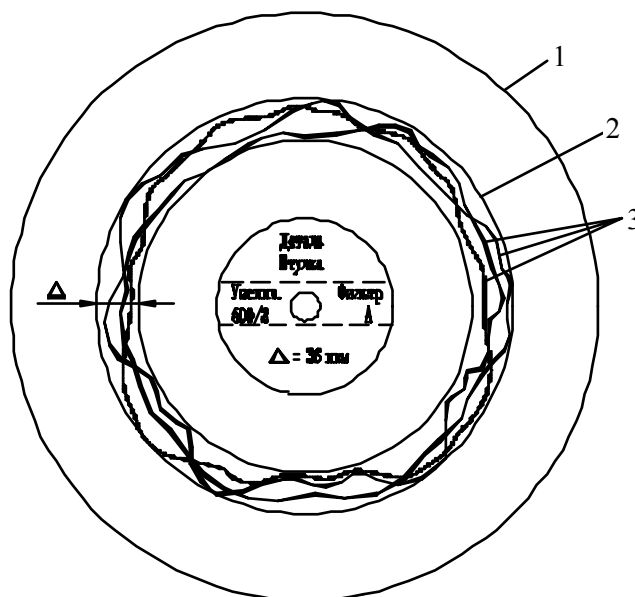


Рис. 86. Оценка отклонения от цилиндричности по круглограммам:
1 – диаграммный диск; 2 – прилегающая окружность; 3 – круглограммы

– подсчитывают количество интервалов от прилегающей окружности до наиболее удаленной от нее точки; умножают полученное количество интервалов на цену деления, соответствующую принятому увеличению и длине щупа. Полученная величина и есть отклонение от цилиндричности поверхности по длине нормируемого участка.

Оценка отклонения от соосности концентричных поверхностей вращения

Оценку отклонения от соосности концентричных поверхностей вращения выполняют в следующей последовательности:

- устанавливают на измерительную головку сдвоенную державку (см. рис. 84);
- измеряемую деталь устанавливают на столике прибора;
- записывают круглограммы наружной и внутренней поверхностей детали;
- определяют отклонение от соосности как расстояние между центрами прилегающих к записанным круглограммам окружностей (рис. 87).

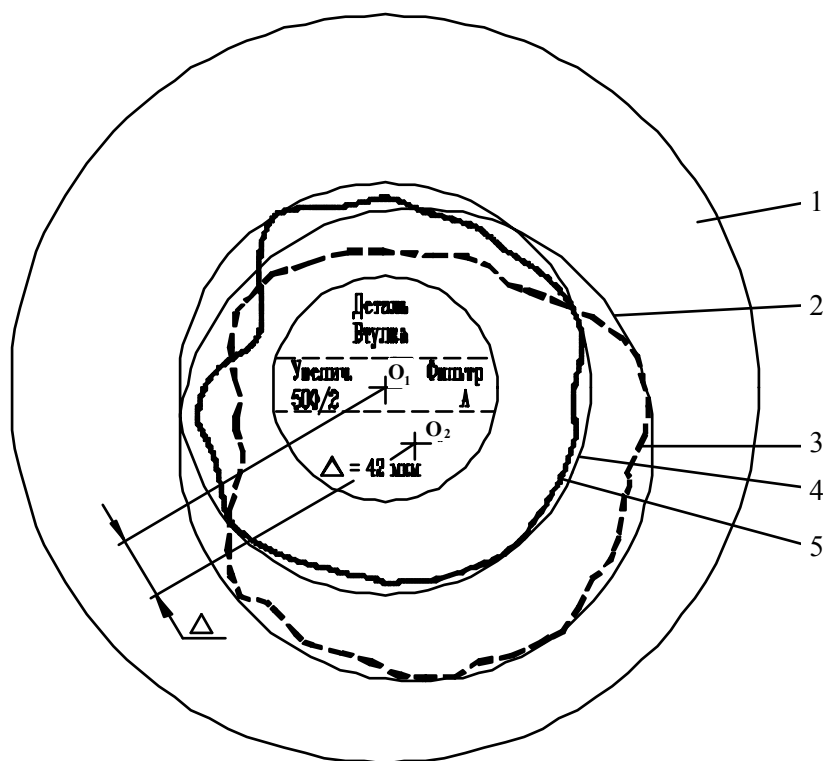


Рис. 87. Оценка отклонения от соосности двух concentрических цилиндрических поверхностей: 1 – диаграммный диск; 2, 4 – прилегающие окружности; 3, 5 – круглограммы наружной и внутренней поверхностей втулки; O_1, O_2 – центры прилегающих окружностей

7.4.3. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ. Кроме общих правил по технике безопасности при работе в лаборатории «Технические измерения» следует руководствоваться и следующими правилами:

а) уходя на перерыв, проверить, выключен ли записывающий прибор кругломера;

б) без необходимости не открывать крышку записывающего прибора; при установке рулона диаграммной ленты отключать записывающий прибор и производить установку рулона под руководством преподавателя или учебного мастера;

в) при записи результатов измерения на диаграммный диск не касаться диска руками до окончания записи.

– Изучают устройство кругломера ВЕ-20А.

– Выполняют чертеж детали.

– Записывают (с помощью учебного мастера) круглограмму наружной цилиндрической поверхности детали в заданном на чертеже сечении; определяют действительное отклонение от круглости.

– Записывают на одном диаграммном диске круглограммы наружной цилиндрической поверхности в нескольких (см. табл. 55) сечениях. Определяют действительное отклонение от цилиндричности.

– Записывают на одном диаграммном диске круглограммы наружной и внутренней цилиндрической поверхностей. Определяют действительное отклонение от соосности этих поверхностей.

– Результаты оценки отклонений формы и расположения цилиндрических поверхностей детали заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 63.

– Дают заключение о годности детали.

63. Результаты оценки точности формы и расположения поверхностей деталей

Отклонение от круглости, мкм		Отклонение от цилиндричности, мкм		Отклонение от соосности, мкм	
допус- каемое	действи- тельное	допус- каемое	действи- тельное	допус- каемое	действи- тельное
Заключение о годности					

7.4.4. Контрольные вопросы

- 1 – 9. См. контрольные вопросы 1 – 9 к лабораторной работе № 21.
10. Что понимают под отклонением от цилиндричности ?
11. На каком принципе основана работа различных кругломеров ?
12. Каковы технологические возможности кругломера ВЕ-20А ?
13. Какова метрологическая характеристика кругломера ВЕ-20А ?
14. Назовите основные узлы кругломера ВЕ-20А и их назначение.
15. Каковы возможности записывающей системы кругломера ВЕ-20А ?
16. Чем определяется увеличение при записи отклонений от круглости на профилограммах и круглограммах ?
17. Для чего нужна сдвоенная державка щупов ?
18. Для чего используют фильтры, введенные в общую схему электронного блока ?
19. Каким образом устанавливают деталь на столе кругломера ВЕ-20А ?
20. Что такое круглограмма поверхности ?
21. Каким образом по круглограмме поверхности можно определить ее отклонение от круглости ?
22. Каким образом с помощью кругломера определяют отклонение от цилиндричности поверхностей ?

23. Можно ли с помощью кругломера определить отклонение от соосности поверхностей ?

24. К какой группе геометрических погрешностей деталей относят отклонение от соосности ?

7.4.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 192 – 206, 251 – 253].
2. [3, с. 160 – 162, 174 – 180].
3. [7, с. 4 – 18, 76 – 84].
4. [9, с. 407 – 412, 438 – 443].
5. [10, с. 371 – 376].
6. [12, с. 171 – 177, 196 – 198].

7.5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 24

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ

Цель работы: изучение методики и техники измерений параметров точности корпусных деталей с помощью универсальных измерительных средств.

Задание: измерить линейные размеры корпусной детали, а также отклонения формы и расположения ее поверхностей, указанные в чертеже детали, и дать заключение о ее годности.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: индикатор часового типа ИЧ 10, штатив Ш-П, штангенрейсмас ШР-250-0,05 или ШРЦ-300-0,01, поверочная плита, объект измерения – корпус редуктора и его чертеж (выдает преподаватель).

7.5.1. Методика измерений параметров точности корпусной детали

Измерение расстояния от оси отверстия до плоскости

Методы измерений линейных размеров с помощью штангенинструментов описаны в методических указаниях к лабораторной работе № 4.

Расстояние от оси отверстия до плоскости можно измерить с помощью штангенрейсмаса и калиброванной оправки, установленной в отверстие детали. На поверочную плиту 1 (рис. 88) базовой поверхностью А (измерительная

поверхность детали) устанавливают корпус редуктора 2. В измеряемое отверстие корпуса вставляют калиброванную оправку 3. На поверочную плиту устанавливают штангенрейсмасс 4. С помощью штангенрейсмаса измеряют расстояние B_n между образующей оправки и плоскостью, требуемый размер B определяют по формуле

$$B = B_n - d/2, \quad (58)$$

где d – диаметр оправки.

Измерение отклонения от параллельности общей оси двух отверстий относительно плоскости

Измерение отклонения от параллельности общей оси отверстий относительно плоскости производят следующим образом. Измеряемую деталь 2 (см. рис. 88) поверхностью, указанной в рамке допуска на чертеже детали в качестве базы, устанавливают на поверочную плиту 1. На ту же плиту устанавливают стойку или штатив 5 с измерительным прибором 6, тем самым обеспечивая совмещение измерительной базы детали с базой СИ. Общая ось двух отверстий материализуется цилиндрической оправкой 7, установленной в отверстия корпуса с минимальным зазором. Для уменьшения или полной компенсации зазора целесообразно использовать комплект оправок (количество оправок в комплекте зависит от требуемой точности измерения и допуска на диаметр проверяемого отверстия), ступенчатые оправки или бесконтактные оправки на аэростатических опорах.

Положение оправки измеряют в двух точках на расстоянии L_n . Разность показаний A_1 и A_2 измерительного прибора – есть отклонение от параллельности общей оси отверстий относительно базовой плоскости на длине измерения L_n :

$$\Delta_n = A_1 - A_2 . \quad (59)$$

В случае, если диаметры отверстий различны, оправку изготавливают ступенчатой с диаметрами d_1 и d_2 . За искомое отклонение от параллельности на длине L_n принимают величину Δ :

$$\Delta_n = |A_1 - A_2| - \Delta d/2, \quad (60)$$

где $\Delta d = d_1 - d_2$ – разность диаметров оправки, мм.

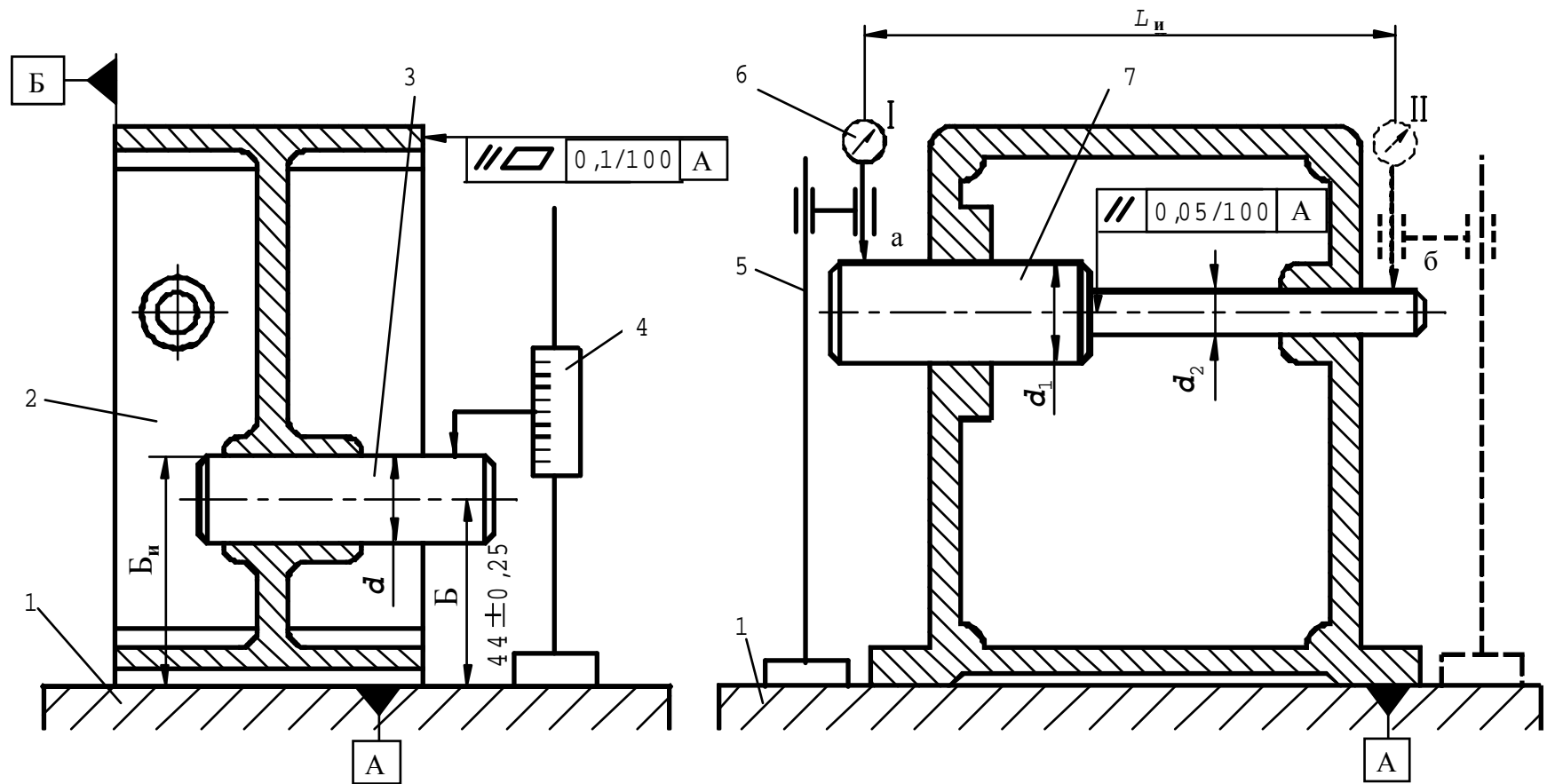


Рис. 88. Измерение параметров точности корпуса редуктора: 1 – поверочная плита; 2 – измеряемая деталь; 3, 7 – оправки; 4 – штангенрейсмас; 5 – штатив; 6 – индикатор

Измерение суммарного отклонения от параллельности и плоскостности поверхностей

Измерение отклонения от параллельности плоскостей, в соответствии с ГОСТ 24642, производится между прилегающими плоскостями. Нахождение прилегающих плоскостей требует предварительного измерения отклонения от плоскостности контролируемых плоскостей, построения их рельефа и последующего моделирования, что возможно при использовании координатно-измерительной машины.

В отличие от отклонений расположения суммарные отклонения определяются по точкам реальной контролируемой поверхности относительно прилегающих базовых поверхностей элементов деталей. Практически прилегающую базовую поверхность детали при измерении суммарного отклонения от параллельности и плоскостности материализуют с помощью плоскости поверочной плиты, на которую установлена измеряемая деталь.

При измерении суммарного отклонения от параллельности и плоскостности корпусную деталь 2 (рис. 89) устанавливают базовой поверхностью *B* на поверочную плиту 1. С помощью измерительного прибора 4, установленного в стойке или штативе 3 на поверочную плиту, производят непрерывное или дискретное (по отдельным точкам) измерение реальной поверхности детали по ее контуру. Если этот контур прямоугольный, то количество точек измерения на линии измерения в продольном направлении определяют по табл. 64 в зависимости от длины нормируемого участка L_1 в этом направлении. Для измерений в поперечном направлении обычно принимают $t_1 \approx t_2$.

Определяют суммарное отклонение от параллельности и плоскостности поверхностей детали (на длине измерения L_n) как разность наибольшего A_{max} и наименьшего A_{min} показаний прибора:

$$\Delta_n = A_{max} - A_{min} . \quad (61)$$

64. Количество точек измерения в продольном направлении при измерении отклонения от плоскостности

Длина нормируемого участка L_1 , мм	До 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630
Количество точек измерения	5	7	7	9	9

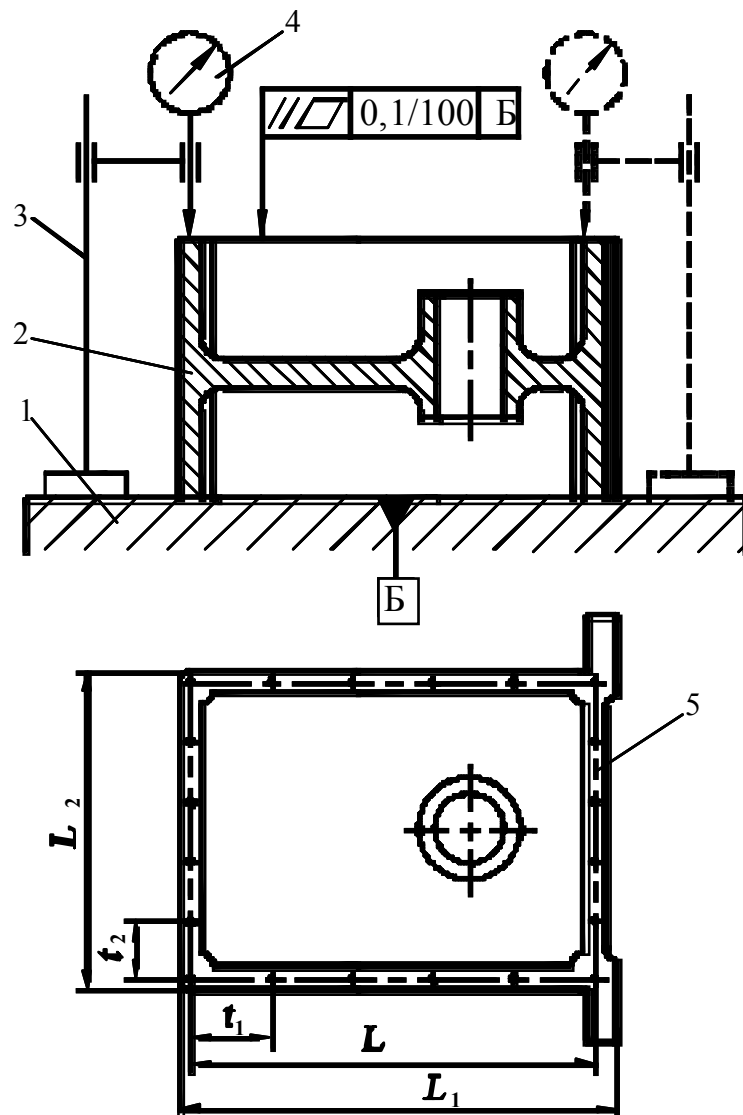


Рис. 89. Измерение суммарного отклонения от параллельности и плоскостности поверхности корпуса относительно базовой поверхности Б: 1 – поверочная плита, 2 – измеряемая деталь, 3 – штатив, 4 – измерительный прибор, 5 – точка измерения

7.5.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают методику измерения параметров точности корпусной детали по п. 7.5.1.
- Устанавливают измеряемую деталь на поверочную плиту базовой поверхностью А (см. рис. 88).
- В отверстие корпуса вставляют калиброванную оправку диаметром d . На поверочную плиту устанавливают штангенрейсмас. Измеряют размер B_n и определяют размер B по формуле (58). Значение диаметра оправки выдает преподаватель.

– Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 65.

– В отверстия корпуса вставляют ступенчатую оправку с диаметрами d_1 и d_2 (см. рис. 88). На поверочную плиту устанавливают штатив с индикатором часового типа. Индикатор часового типа устанавливают в точке **а** на образующую оправки с натягом $[(d_1 - d_2)/2] + 1$, мм. Значения диаметров оправки выдает преподаватель. Перемещая штатив с прибором в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном оси оправки, фиксируют максимальное показание прибора A_1 . Перемещают штатив с прибором в точку **б** и аналогично фиксируют максимальное показание прибора A_2 . Определяют отклонение от параллельности оси отверстия на длине измерения L_n по формуле (60) и на нормируемой длине L по формуле (52). Показания прибора в точках A_1 и A_2 , а также отклонения от параллельности Δ_n на длине измерения и Δ на длине нормируемого участка заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 65.

– Устанавливают измеряемую деталь на поверочную плиту базовой поверхностью **Б** (см. рис. 89).

– Устанавливают индикатор часового типа в начальной точке на поверхности детали с натягом 1 ... 2 мм. Перемещая штатив с индикатором по поверочной плите, последовательно снимают показания в точках, выбранных в соответствии с табл. 64. Фиксируют наибольшее A_{max} и наименьшее показания A_{min} и определяют по формуле (61) суммарное отклонение от параллельности и плоскостности поверхности Δ_n на длине измерения L_n и по формуле (52) Δ на длине нормируемого участка L . Полученные результаты заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 65.

– Дают заключение о годности детали.

65. Результаты измерений и расчетов

Контролируемый параметр	Действительное значение размера, мм		Показания индикатора часового типа, мм		Действительное значение параметра, мм		Допускаемое значение параметра, мм	Заключение о годности по заданному параметру
	B_n	Б	A_1 (A_{max})	A_2 (A_{min})	Δ_n	Δ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Линейный размер			–	–	–	–		
Отклонение от параллельности общей оси отверстий относительно плоскости основания	–	–						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суммарное отклонение от параллельности и плоскостности поверхности относительно плоскости основания	—	—						

7.5.3. Контрольные вопросы

1. Как выбирают базовые элементы при измерении отклонений формы и расположения ?
2. Каким образом исключают погрешности формы базовых элементов при измерении отклонений расположения и суммарных допусков формы и расположения ?
3. Что такое «краевая зона» и как учитывают ее при измерении отклонений расположения ?
4. На какой длине производят измерение отклонений расположения ?
5. Как определяют отклонений расположения, если длина измерения отличается от длины нормируемого участка ?
6. Каким образом измеряют расстояние от оси отверстия до плоскости ?
7. Каким образом измеряют отклонение от параллельности общей оси отверстий и плоскости ?
8. Каковы метрологические характеристики используемых в работе индикатора часового типа и штангенрейсмаса ?

7.5.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 206 – 207, 254 – 260].
2. [3, с. 160 – 164, 180 – 184, 201 – 206].
3. [7, с. 4 – 18, 76 – 96].
4. [8, с. 407 – 428, 436 – 438].
5. [9, с. 371 – 378].
6. [12, с. 117, 177 – 179, 196 – 198].

7.6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 25 ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Цель работы: изучение методики и техники измерения радиального и торцового биения деталей типа тела вращения с помощью универсальных измерительных средств.

Задание: измерить радиальное и торцовое биение детали – вал ступенчатый, дать заключение о годности вала.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: стол с центрами; штатив ШМ-I, индикатор часового типа ИЧ 02, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

7.6.1. Методы измерения биений

У деталей типа тел вращения наиболее часто нормируют радиальное и торцовое биения, являющиеся суммарными отклонениями формы и расположения поверхностей этих деталей.

Радиальным биением называют разность Δ_{Σ} наибольшего r_{max} и наименьшего r_{min} расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 90,а). Радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от круглости (отклонение формы) профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси (отклонение расположения). Если сечение не задано, то за радиальное биение принимают результат измерения в сечении с наибольшим отклонением: $\Delta_1 = r'_{max} - r'_{min}$; $\Delta_2 = r^2_{max} - r^2_{min}$; $\Delta_3 = r^3_{max} - r^3_{min}$; $\Delta_{\Sigma} = \Delta_{max}$. При нормировании радиального биения не выявляются отклонения профиля продольного сечения и его частные виды – бочкообразность, конусообразность и седлообразность. Ограничить указанные отклонения можно нормированием полного радиального биения.

Полное радиальное биение отличается от радиального биения тем, что оно учитывает отклонение всей цилиндрической поверхности $\Delta_{\Sigma} = r_{max} - r_{min}$ (рис. 90,б). Оно является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности рассматриваемой поверхности (отклонение формы) и отклонения от соосности поверхности относительно базовой оси (отклонение расположения). При измерении полного радиального биения, кроме вращения, деталь или измерительное средство (например, индикатор) дополнительно перемещают вдоль базовой оси вращения.

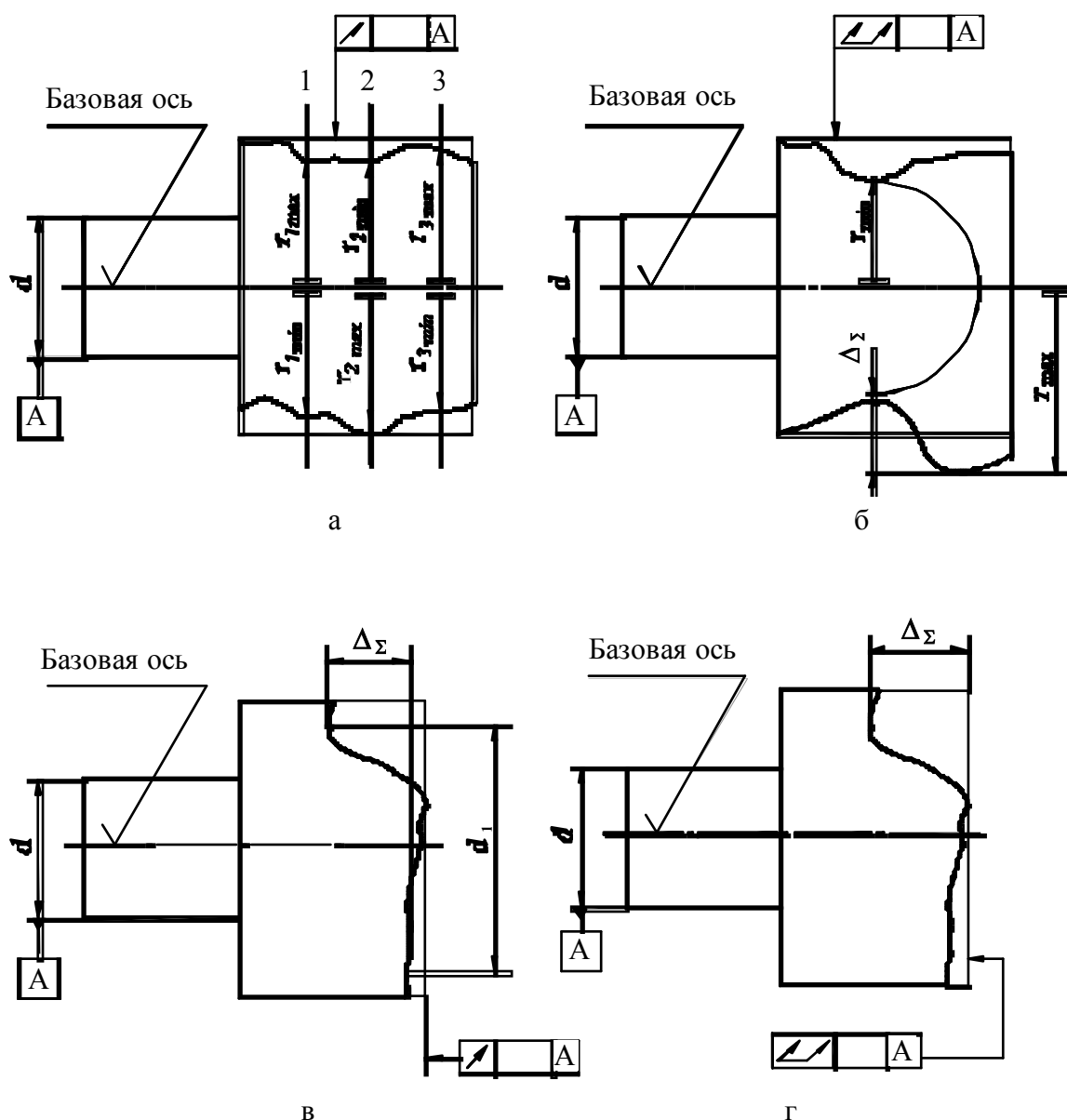


Рис. 90. Суммарное отклонение формы и расположения:

а – радиальное биение; б – полное радиальное биение;

в – торцовое биение; г – полное торцовое биение

Торцовым биением называют разность Δ_{Σ} наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Профиль расположен в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра d_1 , соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении наибольшего диаметра (рис. 90, в). Торцовое биение является результатом совместного проявления отклонения от общей плоскости точек, лежащих на линии пересечения торцевой поверхности с секущим цилиндром, соосным с осью детали (отклонение формы), и отклонения от перпендикулярности торца относительно оси базовой поверхности (отклоне-

ние расположения) на длине, равной диаметру рассматриваемого сечения. При нормировании торцового биения не выявляются отклонения от плоскостности всей рассматриваемой поверхности, в частности выпуклости или вогнутости. Для ограничения этих отклонений введено понятие полного торцового биения.

Полное торцовое биение является результатом совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности (отклонение формы) и отклонения ее от перпендикулярности относительно базовой оси (отклонение расположения) (рис. 90, г). Таким образом, полное торцовое биение отличается от торцового биения тем, что при контроле учитывают плоскостность всей торцовой поверхности. При измерении полного торцового биения, кроме вращения детали, следует дополнительно перемещать измерительное средство (например, индикатор) по радиусу от центра к периферии (или наоборот).

Базами, относительно которых задают радиальное и торцовое биение, могут быть: общая ось центровых отверстий или двух других поверхностей вращения, а также оси наружной или внутренней цилиндрических поверхностей.

Радиальное и торцовое биения определяют как разность показаний измерительного прибора при вращении детали, установленной, в зависимости от требований чертежа к измерительной базе, в центрах (рис. 91,а), на призмы (рис. 91,б), цилиндрической (рис. 91,в) или разжимной (рис. 91,г) оправках.

Если положение плоскости измерения указано на чертеже детали, радиальное биение определяют, как разность наибольшего и наименьшего показаний измерительного прибора в заданном сечении. Если положение плоскости измерения чертежом не оговаривается, измерение радиального биения осуществляют в нескольких сечениях, количество которых определяется длиной нормируемого участка в соответствии с табл. 55. За радиальное биение в этом случае принимают максимальное значение биения из всех измеренных в различных сечениях.

Полное радиальное биение определяют как разность максимального и минимального показаний измерительного прибора из всех выполненных измерений в нескольких сечениях. Количество сечений, в которых осуществляют измерения, как и в предыдущем случае, определяют в зависимости от длины нормируемого участка по табл. 59.

Торцовое биение на заданном радиусе R определяют как разность наибольшего и наименьшего показаний измерительного прибора, установленного по схеме рис. 92, а. Показания прибора снимают, вращая деталь и поджимая ее к упору. Если радиус R чертежом не оговорен, торцовое биение измеряют на максимально возможном для измерения радиусе R_{max} .

Для определения полного торцового биения измерения проводят на нескольких радиусах, начиная от оси вращения до R_{max} (рис. 92,б). За полное торцовое биение принимают разность наибольшего и наименьшего показаний измерительного прибора из всей совокупности проведенных измерений.

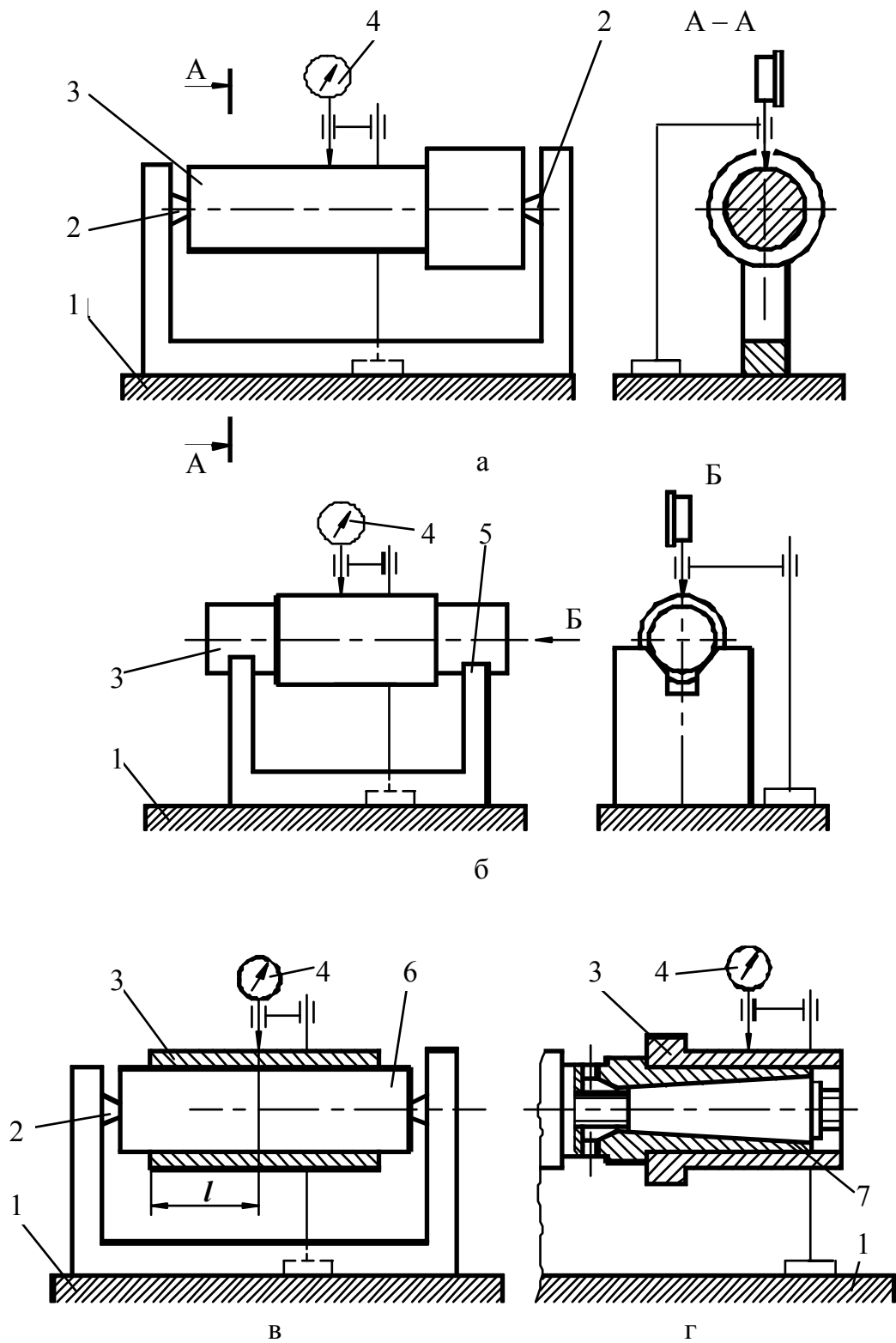
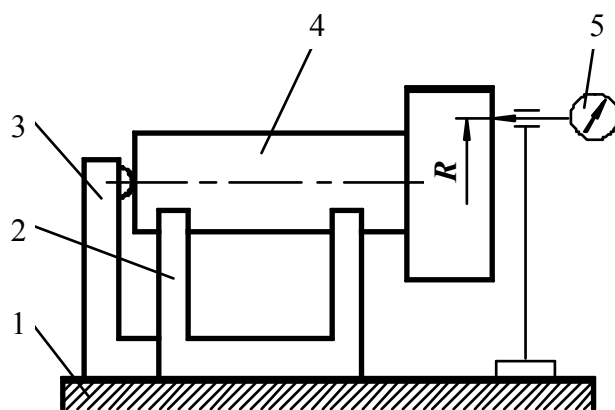
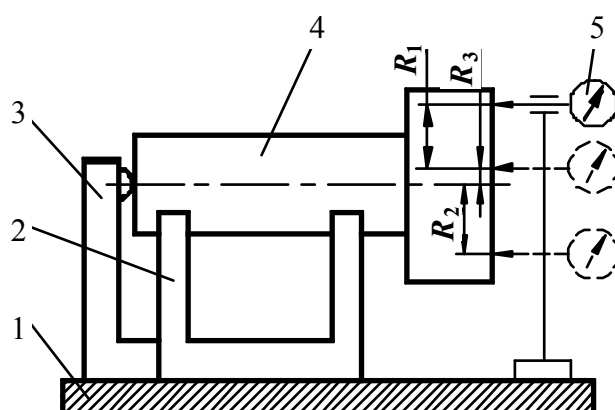


Рис. 91. Схемы контроля радиального биения при установке детали:
а – в центрах, б – на призмы, в – на гладкую цилиндрическую оправку;
г – на разжимную (цанговую) оправку; 1 – поверочная плита;
2 – центра; 3 – измеряемая деталь; 4 – измерительный прибор;
5 – призма; 6 – гладкая оправка; 7 – цанговая оправка



а



б

Рис. 92. Схемы контроля: а – торцового биения; б – полного торцового биения;
 1 – поверочная плита; 2 – призма; 3 – упор; 4 – измеряемая деталь;
 5 – измерительный прибор

7.6.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- Изучают методы измерения радиального и торцового биения деталей типа тел вращения.
- Изучают требования к точности детали по чертежу. По табл. 55, исходя из размеров измеряемой поверхности, устанавливают количество плоскостей измерения радиального биения.
- Измеряемую деталь устанавливают в центра. Штатив с индикатором часового типа устанавливают в положение, показанное на рис. 91,а, с натягом 1 ... 2 мм. Измеряют радиальное биение в заданном сечении установленное по табл. 55 число раз.

– Определяют радиальное биение и полное радиальное биение поверхности. Результаты измерения и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 66.

– Устанавливают штатив с индикатором в положение, показанное на рис. 92, а с натягом 1 ... 2 мм. Измеряют торцовое биение на радиусах R_1 , R_2 , R_3 .

– Определяют торцовое биение на радиусе R_2 , торцовое биение, полное торцовое биение поверхности. Результаты измерения и расчетов заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 67.

– Дают заключение о годности детали.

66. Результаты измерения радиального биения

Положение плоскости измерения (см. рис. 91)	Показание прибора, мм		Разность показаний, мм	Радиальное биение, мм		Полное радиальное биение, мм		Заключение о годности
	<i>max</i>	<i>min</i>		действительное	допускаемое	действительное	допускаемое	
I								
II								
III								

67. Результаты измерения торцового биения

Радиус измерения	Показание прибора, мм		Разность показаний, мм	Торцовое биение на радиусе R_2 , мм		Торцовое биение, мм		Полное торцовое биение, мм		Заключение о годности
	<i>max</i>	<i>min</i>		действительное	допускаемое	действительное	допускаемое	действительное	допускаемое	
R_1										
R_2										
R_3										

7.6.3. Контрольные вопросы

1. Какие элементы могут служить базами при измерении биений цилиндрических и торцовых поверхностей деталей ?
2. Что такое «краевая зона» и как учитывают ее наличие при измерении биений ?
3. Что называется радиальным и торцовым биениями поверхностей ?
4. В результате каких геометрических погрешностей деталей возникают радиальное и торцовое биения поверхностей ?
5. Что называется полным радиальным и полным торцовым биениями поверхностей ?
6. Следствием проявления каких геометрических погрешностей деталей являются полное радиальное и полное торцовое биения ?
7. Какие измерительные базы используют при определении радиального и торцового биений ?
8. Как выбирают плоскости измерения радиального и полного радиального биений ?
9. Как определяют радиальное и полное радиальное биения по результатам измерений ?
10. Как выбирают радиусы измерения торцового и полного торцового биений ?
11. Как определяют торцовое биение по результатам измерений ?
12. Каким образом устанавливают деталь при измерении биений ?
13. Какова техническая характеристика индикатора часового типа ?

7.6.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 213 – 216, 261 – 262].
2. [3, с. 160 – 162].
3. [7, с. 4 – 18, 76 – 84].
4. [9, с. 418 – 428].
5. [10, с. 478, 479].
6. [12, с. 180 – 181, 196 – 198].

8. ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

8.1. Основные понятия и определения

Шероховатостью поверхности называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины.

Базовой длиной l называется длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

По ГОСТ 2789 шероховатость поверхности количественно оценивается средним арифметическим отклонением профиля Ra , высотой неровностей профиля по десяти точкам Rz , наибольшей высотой неровностей профиля $Rmax$, средним шагом неровностей профиля Sm , средним шагом местных выступов профиля S , относительной опорной длиной профиля tp и другими параметрами.

Базовую длину l , в пределах которой производят определение параметров шероховатости, устанавливают по табл. 68 в зависимости от предполагаемой шероховатости поверхности детали.

68. Значения параметров шероховатости Ra и Rz и базовой длины (по ГОСТ 2789)

Ra , мкм		Rz , мкм	Рекомендуемая базовая длина, мм
Предпочтительные значения	значения		
1	2	3	4
50	80; 63; 40	360; 250; 200; 160	8
25	40; 32; 20	160; 125; 100; 80	8
12,5	20; 16; 10	80; 63; 50; 40	8
6,3	10; 8; 5	40; 32; 25; 20	2,5
3,2	5; 4; 2,5	20; 16; 12,5; 10	2,5
1,6	2,5; 1,2; 1,25	10; 8; 6,3	0,8
0,8	1,25; 1; 0,63	6,3; 5; 4; 3,2	0,8
0,4	0,63; 0,5; 0,32	3,2; 2,5; 2; 1,6	0,8
0,2	0,32; 0,25; 0,16	1,6; 1,25; 1; 0,8	0,25
0,1	0,16; 0,125; 0,08	0,8; 0,63; 0,5; 0,4	0,25
0,05	0,08; 0,063; 0,04	0,4; 0,32; 0,25; 0,2	0,25
0,025	0,04; 0,032; 0,02	0,2; 0,16; 0,125; 0,1	0,25
–	0,01; 0,008	0,5; 0,04; 0,032	0,08

Несмотря на большое многообразие методов оценки шероховатости, наиболее часто, как в лабораторных, так и в производственных условиях, применяют контактные методы – профилографирование и профилометрирование. В основу этих методов положен принцип «ощупывания» контролируемой поверхности алмазной иглой с малым радиусом закругления. Вертикальное перемещение иглы, вызываемое неровностями поверхности, преобразуется в электрические сигналы с помощью индуктивных или механотронных преобразователей.

В профилометрах параметры шероховатости определяют по стрелочным (профилометры мод. 253 и 283) или цифровым (профилометр мод. 296) отсчетным устройствам, у которых шкалы проградуированы по параметру Ra , а в качестве преобразователя использован механотрон – электронная лампа с подвижным анодом, соединенная с алмазной иглой, ощупывающей контролируемую поверхность детали.

Профилографы позволяют осуществлять запись профиля поверхности в виде профилограммы, обработка которой дает возможность определить все параметры шероховатости поверхности.

Профилометр-профилограф совмещает в себе одноименные приборы. Современные отечественные профилографы-профилометры мод. 252, 280 позволяют измерить следующие параметры шероховатости при работе в качестве профилометра: $Ra = 0,02 \dots 100$ мкм, $tp = 0 \dots 100$ %, n (число шагов неровностей в пределах длины трассы интегрирования) и некоторые другие нестандартные параметры шероховатости. При работе прибора в качестве профилографа получают профилограмму поверхности изделия с вертикальным увеличением от 200 до 100000 раз и горизонтальным увеличением от 0,5 до 2000 раз. Запись осуществляется электротермическим методом (методом прожигания) на термографической бумаге.

Оснащение профилометров и профилографов-профилометров современными электронными системами, в том числе и ЭВМ (мод. БВ 7646, БВ 7669), позволяет осуществить полуавтоматическую или автоматическую выверку положения измеряемых поверхностей, полный анализ исследуемого профиля в диалоговом режиме и получить распечатку результатов анализа. К персональному компьютеру могут быть подключены и ранее выпущенные профилометры, профилометры-профилографы (например, мод. 201, 252, 296) с помощью специального измерительно-вычислительного комплекса "ПРОФИЛЬ" [11].

Наибольшее распространение из бесконтактных методов получили оптические методы – светового и теневого сечения, а также микроинтерференционные методы.

Сущность метода светового сечения заключается в следующем (рис. 93). Освещенная узкая щель S проецируется микроскопом A_1 на поверхности P_1 и P_2 , образуя ступеньку высотой h . Изображение щели на поверхности P_1 займет положение S'_1 , а поверхности P_2 – положение S'_2 . В поле зрения микроскопа A_2 , ось которого расположена под углом 90° к оси проецирующего микроскопа, изображение щели будет иметь вид световой ступеньки. Размер ступеньки b , соответствующий смещению изображения S''_2 относительно S''_1 служит мерой высоты ступеньки h (высоты неровностей). По принципу светового сечения работают приборы МИС-11, ПСС-1 и др. Оптическая схема двойного микроскопа МИС-11 приведена на рис. 94.

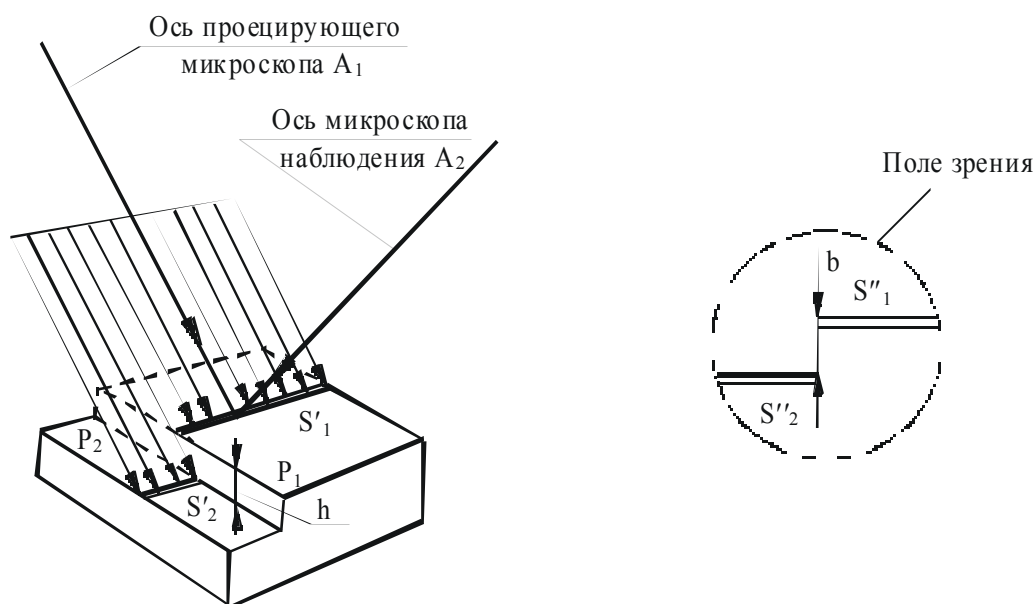


Рис. 93. Принципиальная схема метода светового сечения

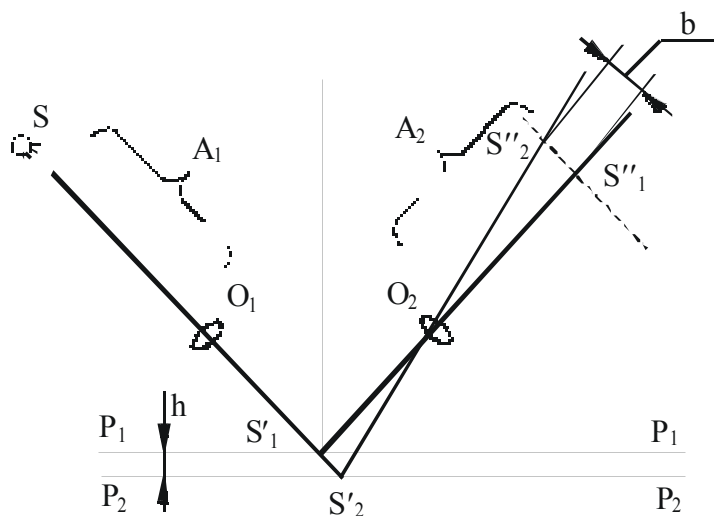


Рис. 94. Оптическая схема двойного микроскопа

Двойной микроскоп МИС-11 выпускался нашей промышленностью в течение многих лет, и хотя выпуск их давно прекращен, в эксплуатации находится значительное количество таких приборов, так как ресурс работы оптико-механических приборов весьма велик.

Основным недостатком прибора МИС-11 является несоответствие длины, на которой возможно измерение параметров шероховатости, стандартной базовой длине. Это несоответствие обусловлено размером поля зрения прибора МИС-11. Этому недостатка лишены современные приборы светового сечения типа ПСС, которые имеют более современную конструкцию и оптическую систему, что обеспечивает возможность измерения параметров шероховатости на стандартной базовой длине. Кроме того, в новых приборах нет искажений изображения световой щели.

Метод теневой проекции представляет собой видоизмененный метод светового сечения. Граница между светом и тенью создается острием ножа. По этому методу работают отечественные приборы типа ПТС.

Для контроля шероховатости бесконтактным методом используют и микроинтерферометры МИИ-4, МИИ-9, МИИ-10, МИИ-11 и др.

Технические характеристик приборов для контроля шероховатости приведены в [1, 12].

8.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 26

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНОГО МИКРОСКОПА

Цель работы: изучение методики и техники измерения шероховатости с помощью двойного микроскопа МИС-11.

Задание: с помощью двойного микроскопа МИС-11 определить величину высоты неровностей профиля по десяти точкам Rz поверхности детали, дать заключение о годности детали.

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: двойной микроскоп МИС-11, набор объективов, объект-микромметр, накладная призма, образцы шероховатости, объект измерения и его чертеж (выдает преподаватель).

8.2.1. Описание двойного микроскопа МИС-11

Двойной микроскоп предназначен для визуальной оценки, измерения и фотографирования высоты неровностей наружных поверхностей деталей. Принцип действия прибора основан на методе светового сечения.

Техническая характеристика двойного микроскопа МИС-11

– Диапазон измерений Rz , $Rmax$, мкм	40 ... 0,8
S , мм	2,5 ... 0,002
– Диапазон перемещения предметного столика в двух взаимно перпендикулярных направлениях, мм	10
– Цена деления барабана микровинта перемещения предметного столика, мм	0,01
– Цена деления объект-микрометра, мм	0,01

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В через понижающий трансформатор. В осветителе используется лампа – 6,3 В.

69. Характеристика прилагаемого набора объективов

Диапазон измерений, мкм	Шифр объектива	Фокусное расстояние объектива, мм	Апертура	Увеличение объектива с доп. линзой $F = 147$ мм	Поле зрения	Погрешность измерений в % от измеряемой величины
6,0 ... 80	ОС-39	25,0	0,13	5,9	1,8	6 ... 22
3,0 ... 20	ОС-40	13,9	0,30	10,6	1,0	10 ... 25
1,6 ... 10	ОС-41	8,2	0,37	18,0	0,6	12 ... 30
0,8 ... 3,2	ОС-42	4,3	0,50	34,5	0,3	25 ... 32

Салазки корпуса микроскопов 10 перемещают по направляющим кронштейна при помощи реечной передачи вращением винта 12 (рис. 95). В корпусе помещены два микроскопа – осветительный 20 и визуальный 5.

В микроскопе 20 имеется прямолинейная щель, освещаемая источником света. Изображение щели на изделии рассматривают с помощью микроскопа 5, снабженного окулярным микрометром 8, с увеличением 15X.

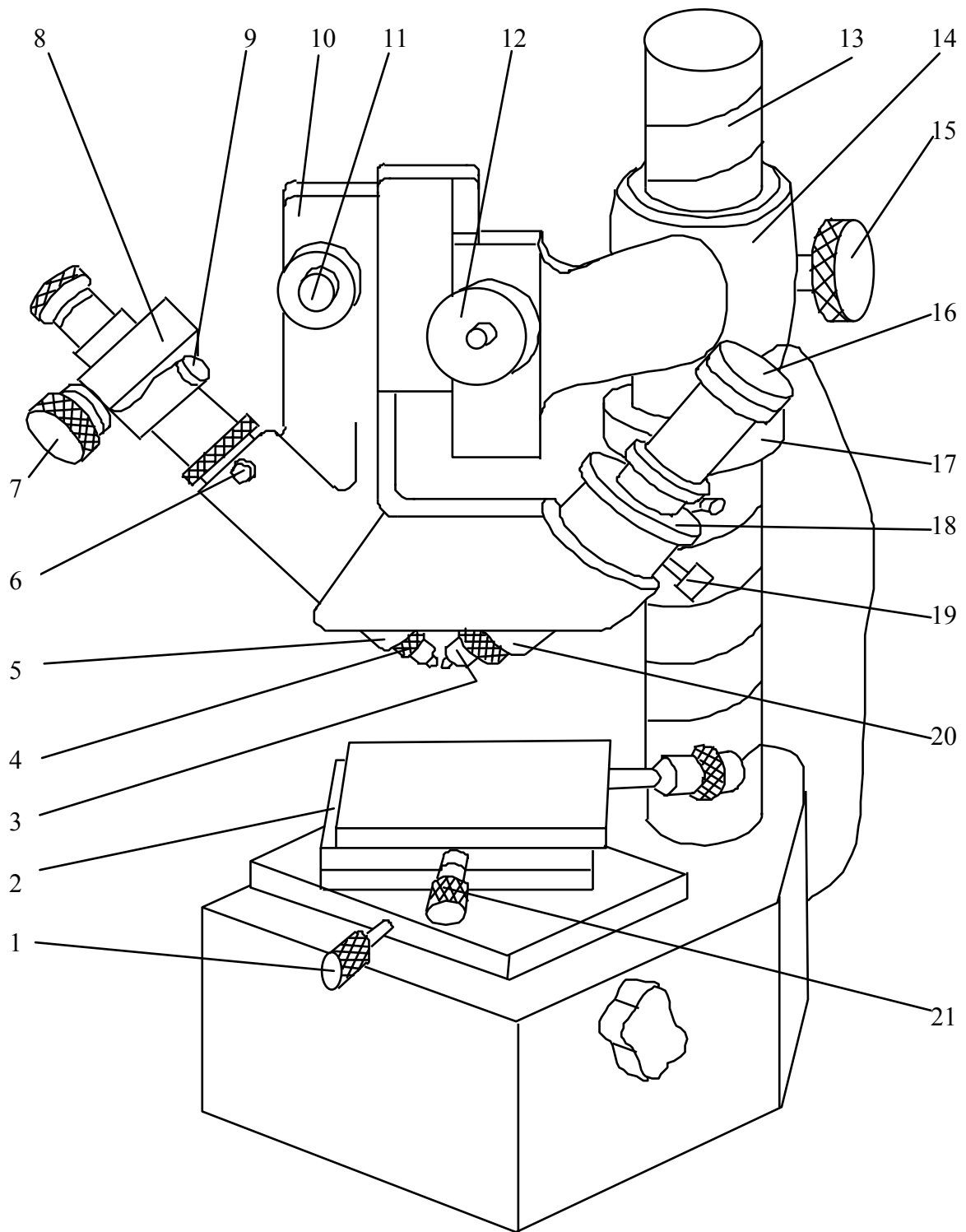


Рис. 95. Общий вид двойного микроскопа МИС-11

Для того, чтобы иметь возможность установить изображение щели в середине поля зрения окуляра, осветительный тубус снабжен винтом 19. Микрофокусировка осуществляется поворотом винта 11. Кольцо 18 служит для регулирования ширины щели.

Контролируемое изделие устанавливают на столе 2, снабженном микрометрическими головками, с помощью которых можно перемещать стол в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Поворот стола осуществляют при отстопоренном винте 1.

Для установки цилиндрических деталей служит накладная призма.

8.2.2. Определение цены деления шкалы окулярного микрометра

Цену деления шкалы окулярного микрометра определяют с помощью объект-микрометра, который представляет собой стеклянную пластину с нанесенной на ней шкалой (в большинстве случаев с ценой деления 0,01 мм).

Объект-микрометр кладут на стол прибора. Включают освещение микроскопа. Кронштейн с корпусом микроскопов устанавливают на требуемой высоте вращением гайки 17 при освобожденном винте 15 (см. рис. 95). После этого стопорят винт 15. Производя подъем или опускание микроскопов с помощью винта 12, получают изображение световой щели. Наблюдая изображение щели через визуальный микроскоп, добиваются, перемещая объект-микрометр по столику прибора, чтобы шкала попала в изображение щели и штрихи шкалы были бы перпендикулярны к ее изображению.

Отстопоривают винт 9, крепящий окулярный микрометр 8, последний поворачивают вокруг оси таким образом, чтобы направление винта окулярного микрометра было параллельно направлению изображения щели. Деления неподвижной шкалы окулярного микрометра при этом параллельны делениям шкалы объект-микрометра (рис. 96,а).

Затем перекрестие окулярного микрометра совмещают с каким-либо штрихом объект-микрометра и делают отсчет по барабану окулярного микрометра. Наблюдая в окуляр, переводят перекрестие на другой штрих объект-микрометра, отстоящий на некоторое число делений (чем больше расстояние между штрихами, тем больше точность определения масштаба), и делают второй отсчет по барабану окулярного микрометра. При подсчете разности следует помнить, что барабан может сделать несколько полных оборотов, и каждый полный его оборот соответствует 100 делениям. Отсчет полных оборотов барабана производят с помощью двойного штриха, (см. рис. 96,а), перемещающегося относительно неподвижной шкалы окуляра одновременно с перекрестием.

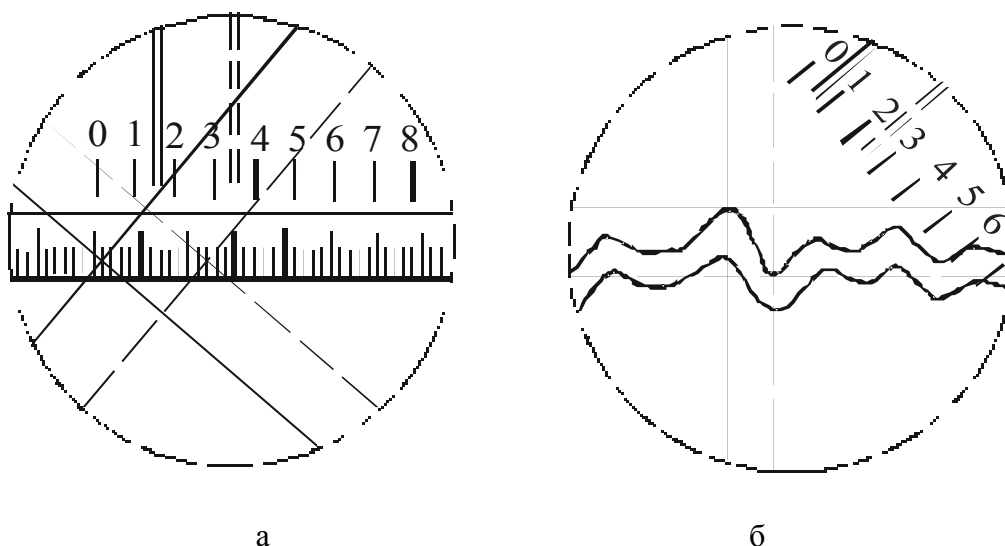


Рис. 96. Положение перекрестия окулярного микрометра: а – определение цены деления по объект-микрометру; б – измерение высоты неровностей

Цену деления барабана окулярного микрометра при измерении высоты профиля (горизонтальная линия перекрестия параллельна щели) определяют по формуле:

$$E = \frac{z T}{2 A}, \quad (62)$$

где z – число делений шкалы объект-микрометра, пройденных перекрестием окуляр-микрометра; T – цена деления объект-микрометра; A – разность отсчетов, полученных при двух совмещениях перекрестия, выраженная в делениях барабана.

Цифра 2 в знаменателе формулы учитывает наклон тубуса под углом 45° , а также то обстоятельство, что при измерении изделия окулярный микрометр поворачивают на 45° .

Пример 11. $z = 11$ делений объект-микрометра, $A = 200$ делений барабана.

$$E = \frac{11 \cdot 0,01}{2 \cdot 200} = 0,275 \text{ мм.}$$

Цену деления шкалы барабана окулярного микрометра при измерении шага микронеровностей (перекрестие устанавливают так, как показано на рис. 96,а) определяют по формуле:

$$E = \frac{z T}{A}. \quad (63)$$

8.2.3. Порядок выполнения работы

– Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.

– Вворачивают в тубусы микроскопов выбранные в соответствии с предполагаемой высотой неровностей одинаковые объективы.

– Включают источник света через понижающий трансформатор в сеть.

– Определяют цену деления шкалы окулярного микрометра (см. п. 8.2.2).

– Устанавливают объект измерения на столе прибора (непосредственно или в накладную призму).

– Производят фокусировку прибора: устанавливают кронштейн с корпусом микроскопов на требуемой высоте вращением гайки 17 (см. рис. 95) при освобожденном винте 15; стопорят винт 15; получают изображение световой щели, производя подъем или опускание микроскопов с помощью винта 12; вращением винта 19 устанавливают световую щель в центре поля зрения; устанавливают необходимую ширину световой щели с помощью кольца 18; вращая винт 11, производят окончательную фокусировку.

– Отстопорив винт 9, поворачивают окулярный микрометр вокруг оси так, чтобы направление винта окулярного микрометра было параллельно направлению изображения щели (рис. 96, б).

– Поворачивают объект измерения таким образом, чтобы направление неровностей было перпендикулярно изображению щели.

При необходимости повторяют фокусировку прибора (одна сторона фокусируется обычно более резко, чем другая; по ней рекомендуется производить измерение).

– Измеряют высоту наибольших микронеровностей в пяти точках исследуемой поверхности. Горизонтальную линию перекрестия вращением барабана 7 подводят сначала к вершине изгиба щели по выбранной стороне, а затем к впадине по той же стороне щели (см. рис. 96, б). Разность отсчетов на барабане 7 окулярного микрометра, умноженная на цену деления, определяют высоту неровностей в данной точке.

– Результаты измерений заносят в таблицу, выполненную по форме табл. 70.

– Подсчитывают среднюю высоту микронеровностей по десяти точкам по формуле

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 Ri}{5}. \quad (64)$$

– Дают заключение о годности детали.

70. Результаты измерений

Порядковый номер измерения	Первый отсчет по окулярному микрометру	Второй отсчет по окулярному микрометру	Разность отсчетов	Высота неровностей Ri , мкм	Rz , мкм	Заключение о годности
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

8.2.4. Контрольный вопросы

1. Что такое шероховатость поверхности ?
2. Что такое базовая длина и как она выбирается ?
3. Назовите параметры, установленные для оценки шероховатости поверхности.
4. Что такое величина Rz и как она определяется ?
5. Что такое $Rmax$ и как она определяется ?
6. Что такое величина S и как она определяется ?
7. В каких условиях работы используются оптические приборы для контроля шероховатости ?
8. Какие приборы применяются для оценки шероховатости поверхности ?
9. По каким параметрам оценивается шероховатость поверхности с помощью прибора МИС-11 ?
10. Каков диапазон измерения прибора МИС-11 ?
11. Чем определяется диапазон измерения прибора МИС-11 ?
12. Для какой цели служит объект-микрометр ?
13. Чему равна цена деления объект-микрометра ?
14. По какой формуле определяется цена деления прибора?
15. Как определяется величина Rz на приборе МИС-11 ?
16. Назовите вид и метод измерения на приборе МИС-11.
17. Как устанавливаются детали на предметном столе микроскопа МИС-11 ?
18. Каково устройство прибора МИС-11 ?

8.2.5. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 223 – 238; 263 – 267].
2. [3, с. 192 – 201].
3. [9, с. 450 – 459].
4. [10, с. 383 – 395].
5. [12, с. 185 – 192; 199 – 203].

8.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 27

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПО ПРОФИЛОГРАММЕ

Цель работы: изучение методики определения параметров шероховатости по профилограмме поверхности детали.

Задание: по профилограмме поверхности оценить шероховатость поверхности детали по следующим параметрам: R_a , R_z , R_{max} , S_m , ... , t_p .

Перечень приборов и принадлежностей, необходимых для выполнения работы: профилограмма поверхности детали, чертеж детали (выдает преподаватель).

8.3.1. Методика оценки шероховатости по профилограмме поверхности

Для определения параметров шероховатости по профилограмме необходимо на ее участке длиной, кратной базовой длине, провести среднюю линию (рис. 97).

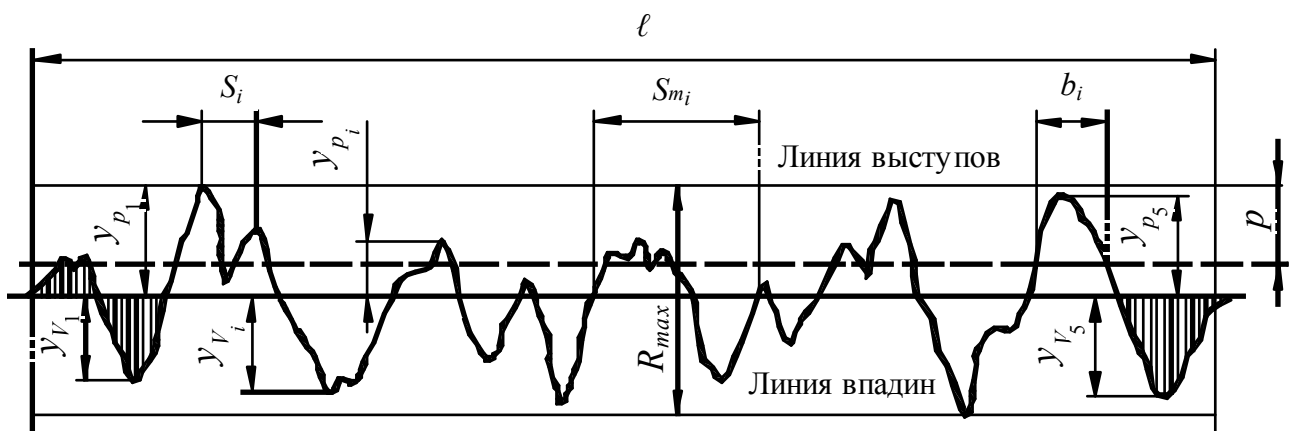


Рис. 97. Схема определения параметров шероховатости

Для номинально прямолинейного профиля допускается (МИ 41-75) визуальное проведение средней линии параллельно общему направлению профиля так, чтобы площади по обеим сторонам от этой линии до профилограммы были примерно равны между собой.

Определение параметров Rz , $Rmax$, Sm , S , tp

Для нахождения высоты неровностей профиля по десяти точкам Rz на участке профилограммы, кратном базовой длине, от средней линии измеряют пять наибольших высот выступов y_{pi} и пять наибольших глубин впадин y_{vi} в мм (см. рис. 97).

Значение параметра Rz (мкм) находят по формуле:

$$Rz = \frac{1}{5V_b} \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_{pi} + \sum_{i=1}^n y_{vi} \right) \cdot 10^3, \quad (65)$$

где V_b – вертикальное увеличение на профилограмме.

Для нахождения наибольшей высоты неровностей $Rmax$ на участке профилограммы, кратном базовой длине, через наивысшую и наинизшую точки профиля проводят линию выступов и линию впадин, параллельно средней линии профиля.

Параметр $Rmax$ определяют как расстояние между линией выступов и линией впадин (см. рис. 97) с учетом вертикального увеличения.

Значения среднего шага местных выступов профиля S и среднего шага неровностей профиля Sm находят по формулам:

$$S = \frac{1}{V_r \cdot k} \sum_{i=1}^k S_i \quad \text{или} \quad S = \frac{\ell}{k}; \quad (66)$$

$$S_m = \frac{1}{V_r \cdot n} \sum_{i=1}^n S_{mi} \quad \text{или} \quad S_m = \frac{\ell}{n}, \quad (67)$$

где S_i – шаги местных выступов профиля, измеренные по вершинам неровностей, мм; k – число шагов местных выступов профиля; S – шаги неровностей профиля, измеренные по средней линии, мм; n – число шагов неровностей профиля; ℓ – базовая длина, мм; V_r – горизонтальное увеличение на профилограмме.

Для нахождения относительной опорной длины профиля tp на заданном уровне p , отсчитываемом от линии выступов в процентах от $Rmax$, проводят линию, пересекающую профиль эквидистантно линии выступов профиля. Измеряют отрезки b_i (см. рис. 97), отсекаемые на уровне p в материале выступов.

Параметр tp находят по формуле:

$$tp = \frac{1}{V_r \cdot \ell} \sum_{i=1}^N b_i \cdot 100 \%, \quad (68)$$

где N – число отрезков b_i .

8.3.2. Порядок выполнения работы

- Изучают инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ.
- На профилограмме поверхности детали выбирают участок, равный $z \cdot \ell$ (где z – целое число, например 1, 2 и т.д.).
- Проводят среднюю линию профиля, руководствуясь указаниями на с. 218.
- В соответствии с п. 8.3.1 определяют параметры шероховатости Rz , R_{max} , S , Sm , tp (параметр tp определяют на заданных преподавателем уровнях p).
- Дают заключение о годности детали.

8.3.3. Контрольные вопросы

1. Что такое шероховатость поверхности ?
2. Что такое базовая длина и как она выбирается ?
3. Назовите параметры, установленные для оценки шероховатости поверхности.
4. Что такое величина Ra и как она определяется ?
5. Что такое величина Rz и как она определяется ?
6. Что такое Sm и как она определяется ?
7. Что такое величина S и как она определяется ?
8. Что такое величина tp и как она определяется ?
9. Каким условием определяется положение средней линии?
10. В каких условиях работы используются профилографы-профилометры ?
11. По каким параметрам оценивается шероховатость поверхности с помощью профилографа-профилометра ?

8.3.4. Рекомендуемая литература

1. [1, с. 223 – 238; 263 – 267].
2. [3, с. 192 – 201].
3. [9, с. 450 – 459].
4. [10, с. 383 – 395].
5. [12, с. 185 – 192; 199 – 203].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белкин, И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости): Учебное пособие. / И.М. Белкин. – М.: Машиностроение. 1992. – 528 с.
2. Брянский, Л.Н. Краткий справочник метролога / Л.Н. Брянский, А.С. Двойников. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 79 с.
3. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник. В 2 т. Т. 2. Контроль деталей. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 207 с.
4. Кутай, А.К. Справочник контрольного мастера / А.К. Кутай, А.Б. Романов, А.Д. Рубинов; под ред. А.К. Кутая. – Л.: Лениздат, 1980. – 304 с.
5. Выбор универсальных средств измерения линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81). РД 50-98-86. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 84 с.
6. Муслина, Г. Р. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие по дисциплине и курсовой работе / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков; Под общ. ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 132 с.
7. Правиков, Ю. М. Нормирование отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей деталей машин: Учебное пособие. 2-е изд., перераб., доп. / Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 84 с.
8. Правиков, Ю.М. Измерение цилиндрических зубчатых колес: Методические указания к лабораторным работам / Ю.М. Правиков, Г.Р. Муслина. – Ульяновск: УлГТУ, 1998. – 72 с.
9. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – 2-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 2006. – 800 с.
9. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Сергеев, Н.В. Латышев, В.В. Тегеря. – М.: Логос, 2005. – 560 с.
11. Средства контроля, управления и измерения линейных и угловых размеров в машиностроении: Отраслевой каталог. – М.: ИКФ «Каталог», 2004. – 128 с.
12. Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.