

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Лабораторный практикум

В двух частях

Часть 1

Минск
БГАТУ
2012

УДК 006.91(07)

ББК 30.10я7

С54

Составители:

кандидат технических наук, доцент *Н. Н. Романюк*,
кандидат технических наук, доцент *К. В. Сашко*,
старший преподаватель *А. Л. Вольский*,
старший преподаватель *П. В. Клавсуть*,
кандидат технических наук, доцент *Н. А. Воробьев*,
кандидат химических наук, доцент *М. С. Капица*,
ассистент *Н. С. Козловская*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Технология металлов» БГАТУ *В. М. Кацевич*;
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ
С. С. Соколовский

Стандартизация : лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 / Н. Н. Романюк
С54 [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 116 с.
ISBN 978-985-519-516-1.

Практикум подготовлен в соответствии с типовой учебной программой дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» для группы специальностей 74 06 «Агроинженерия».

В нем приведены основные понятия о размерах и сопряжениях в машиностроении. Описаны наиболее распространенные средства измерений линейных и угловых величин и методика выполнения измерений. Содержатся сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ по разделу «Стандартизация». Приведены вопросы для контроля знаний.

УДК 006.91(07)

ББК 30.10я7

ISBN 978-985-519-516-1 (ч. 1)

ISBN 978-985-519-515-4

© БГАТУ, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ДОПУСКИ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ КОНТРОЛЬ	5
1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	5
1.2. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПРИ АБСОЛЮТНОМ И ОТНОСИТЕЛЬНОМ МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЯ	24
1.2.1. Штангенинструменты	24
1.2.2. Микрометрические инструменты	43
1.2.3. Индикаторы часового типа	62
1.2.4. Рычажно-механические приборы	78
1.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	96
1.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	100
2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ	101
2.1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	101
2.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. КОНТРОЛЬ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ	108
2.2.1. Контроль прямолинейности плоской поверхности	108
2.2.2. Контроль круглости и профиля продольного сечения цилиндрической поверхности	111
2.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	113
ЛИТЕРАТУРА	114

ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее ускорение научно-технического прогресса и всесторонняя интенсификация производства связаны с повышением эффективности использования, качества изделий машиностроения, что базируется на обеспечении взаимозаменяемости.

Требования к качеству машин в большинстве своем состоят из допусков и посадок соединений деталей, правильного назначения и применения средств измерения, обладающих требуемой точностью и надежностью.

При изготовлении каждой детали в процессе придания ей заданных размера и формы необходимо выявить полученные в результате обработки размеры и форму поверхности. Величина действительного размера, созданная при обработке, должна быть выявлена измерением. Это означает, что для определения размера детали следует применять такое средство (инструмент, прибор) и выполнять приемы измерения так тщательно, чтобы погрешность этого измерения оказалась не больше допустимой, иначе качество детали будет оценено неправильно. Может оказаться, что годная деталь из-за большой погрешности измерения будет признана браком или, наоборот, испорченная деталь будет объявлена годной.

В современных высокопроизводительных автоматизированных производствах применяют так называемые средства активного контроля, имеющие весьма малые погрешности измерения, выполняющие измерения во время обработки и останавливающие станок в момент, когда размер будет равен заданному по чертежу.

Лабораторные работы, приведенные в настоящем издании, направлены на использование студентами положений теории взаимозаменяемости и стандартизации и приобретение ими практических навыков в области технических измерений линейных и угловых величин. В практикуме приведены теоретические обоснования проводимых работ, дается описание конструкций, порядок работы со средствами измерения, выбор которых производится на основании требований к точности измеряемых деталей, четко расписан порядок выполнения лабораторных работ, методика обработки полученных результатов. В конце каждого раздела приведены контрольные вопросы, на которые должен ответить студент.

1. ДОПУСКИ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ КОНТРОЛЬ

1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Гладкие цилиндрические соединения являются наиболее распространенными в машиностроении.

По назначению они подразделяются на подвижные и неподвижные. Подвижные – со свободным взаимным перемещением деталей, обеспечиваемым гарантированным зазором. В неподвижных гладких цилиндрических соединениях в процессе работы детали не перемещаются друг относительно друга, что обеспечивается гарантированным натягом или применением дополнительного крепления деталей шпонками, стопорными винтами и т. д.

Качество машины зависит от качества ее элементов. Поэтому рассмотрение связей геометрических функциональных параметров с эксплуатационными показателями целесообразно начать с элементарной единицы – детали, ее размеров и элементарной сборочной единицы – соединения двух гладких цилиндрических или плоскопараллельных деталей.

При конструировании детали конструктор определяет ее линейные и угловые размеры, т. е. ее форму и величину. Все эти размеры назначаются исходя из кинематических, динамических и прочностных расчетов функциональных параметров детали, а также исходя из технологической конструкции (т. е. возможности изготовления на данном предприятии). На чертеже должны быть представлены все размеры, необходимые для изготовления и контроля детали.

Размер – числовое значение линейной величины (длина, диаметр и т. д.) в выбранных единицах измерения. В машиностроении размеры указывают в миллиметрах.

Основной расчетный размер, определенный в соответствии с функциональным назначением детали и служащий началом отсчета отклонений, называется **номинальным размером**.

Номинальные размеры выбираются по ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры».

При расчете соединения обычно получают размер, выраженный дробным числом. Это число округляют до ближайшего большего значения из стандартного ряда.

Нормальные линейные размеры составлены на базе рядов предпочтительных чисел, которые построены на базе арифметической или геометрической прогрессии ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел». Существует 4 основных и 2 дополнительных ряда (табл. 1.1.1).

Таблица 1.1.1

Ряды предпочтительных чисел

Условное обозначение ряда	Знаменатель геометрической прогрессии $\left(\frac{N_n}{N_{n-1}} = \text{const}\right)$	Количество членов ряда
Основные:		
R5	$\sqrt[5]{10} \approx 1,6$	5
R10	$\sqrt[10]{10} \approx 1,25$	10
R20	$\sqrt[20]{10} \approx 1,12$	20
R40	$\sqrt[40]{10} \approx 1,06$	40
Дополнительные:		
R80	$\sqrt[80]{10} \approx 1,03$	80
R160	$\sqrt[160]{10} \approx 1,015$	160

При выборе нормальных размеров предпочтение нужно отдавать рядам с более крупной градацией, т.е. 5-ый ряд следует предпочитать 10-му, 20-й – 40-му.

При такой единой закономерности построения параметров и размеров изделий можно согласовать между собой параметры и размеры связанных с ними комплектующих изделий.

Условные обозначения размеров, относящихся к отверстиям, обозначают прописной, а к валам – строчной буквами латинского алфавита. Размер отверстия – D , вала – d .

ГОСТ 25346-89 «Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» приводит следующие термины и определения:

– *вал* – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы (рис. 1.1.1);

– *отверстие* – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы (рис. 1.1.1);

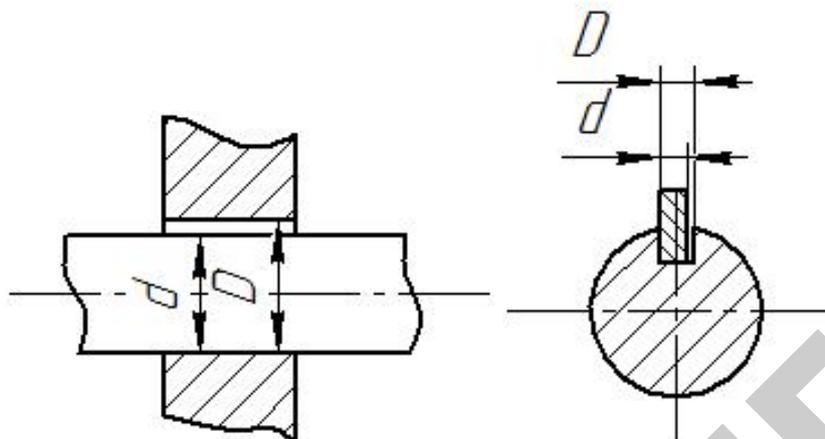


Рис. 1.1.1. Примеры соединений отверстия и вала

– *размер* – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. п.) в выбранных единицах измерения;

– *действительный размер* – размер элемента, установленный измерением;

– *предельные размеры* – два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер;

– *наибольший предельный размер* – наибольший допустимый размер элемента;

– *наименьший предельный размер* – наименьший допустимый размер элемента;

– *номинальный размер* – размер, относительно которого определяются отклонения.

Для обеспечения взаимозаменяемости на чертеже необходимо проставлять два предельных размера, но это усложняет чертеж. Для упрощения на чертежах и в таблицах предельные размеры задаются в виде отклонений от номинального размера.

Отклонение – алгебраическая разность между размером (действительным или предельным) и соответствующим номинальным размером.

Действительное отклонение – алгебраическая разность между действительным и соответствующим номинальным размерами.

Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным и соответствующим номинальным размерами.

Различают верхнее и нижнее предельные отклонения.

Верхнее отклонение ES, es – алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами (рис. 1.1.2).

Примечание. ES – верхнее отклонение отверстия; es – верхнее отклонение вала.

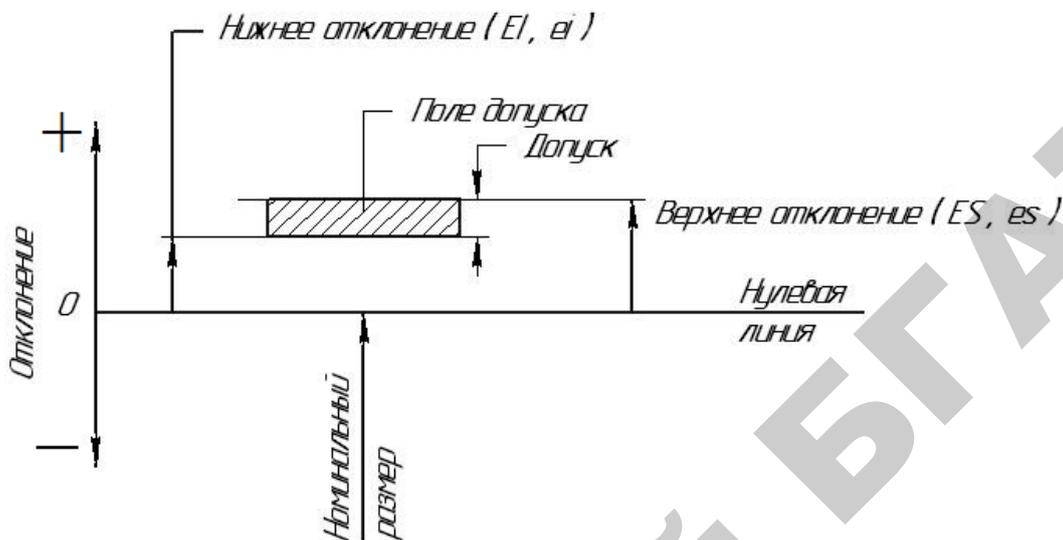


Рис. 1.1.2. Схема расположения поля допуска

$$ES = D_{\max} - D; es = d_{\max} - D.$$

Нижнее отклонение EI, ei – алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами (рис. 1.1.2).

Примечание. EI – нижнее отклонение отверстия; ei – нижнее отклонение вала.

$$EI = D_{\min} - D; ei = d_{\min} - D.$$

Отклонения могут быть положительными, отрицательными, равными нулю, поэтому на чертежах, в таблицах их пишут со своим знаком.

Основное отклонение – одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии. В данной системе допусков и посадок основным является отклонение, ближайшее к нулевой линии.

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении полей допусков и посадок. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от нее, а отрицательные – вниз (рис. 1.1.2).

Допуск T – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями (рисунок 1.1.1).

Примечание. Допуск – это абсолютная величина без знака.

Стандартный допуск IT – любой из допусков, устанавливаемых данной системой допусков и посадок.

Примечание. В дальнейшем под термином «допуск» будет пониматься стандартный допуск.

Поле допуска – поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера.

При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии (рис. 1.1.2).

Квалитет (степень точности) – совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

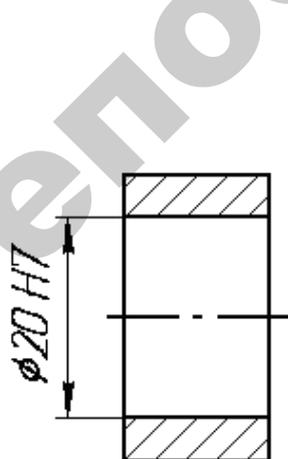
Единица допуска i – множитель в формулах допусков, являющийся функцией номинального размера и служащий для определения числового значения допуска.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

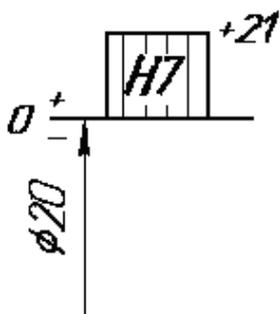
Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита, прописными для отверстий (A...ZC) и строчными для валов (a...zc).

Поле допуска обозначается сочетанием буквы (букв) основного отклонения и порядкового номера квалитета. *Например:* g6, js7, H7, H8. Обозначение поля допуска указывается после номинального размера элемента, например: 40g6, 40H7, 40H11.



Отверстие $\varnothing 20H7$



Верхнее отклонение:

$$ES = +21 \text{ мкм.}$$

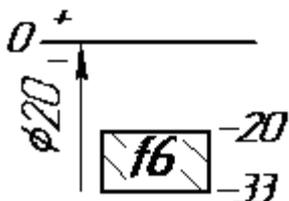
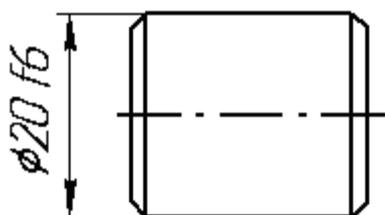
Нижнее отклонение:

$$EI = 0 \text{ мкм.}$$

Допуск:

$$T_D = ES - EI = +21 - 0 = 21 \text{ (мкм).}$$

Вал Ø20f6



Верхнее отклонение:

$$es = -20 \text{ мкм.}$$

Нижнее отклонение:

$$ei = -33 \text{ мкм.}$$

Допуск:

$$T_d = es - ei = -20 - (-33) = \\ = 13 \text{ (мкм).}$$

Для осуществления взаимозаменяемости нужно, чтобы действительные размеры не выходили за определенные границы: с одной стороны – наименьшего предельного размера, с другой – наибольшего предельного размера, т. е. чтобы:

$$d_{\min} \leq d_{\text{дейст}} \leq d_{\max};$$

$$D_{\min} \leq D_{\text{дейст}} \leq D_{\max}.$$

Группы посадок по взаимному расположению полей допусков

Известно, что любой узел состоит из соединения деталей. Подвижное или неподвижное соединение двух деталей, из которых одна частично или полностью входит в другую, называется **сопряжением**.

Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в ней зазоров или натягов и обуславливающий эксплуатационные свойства соединения, называется **посадкой**. Посадка характеризует свободу относительного перемещения деталей или степень сопротивления их взаимному перемещению.

Различают посадки с зазором, натягом и переходные. Положительная разность между охватывающей и охватываемой поверхностями называется **зазором**: $S = D_{\text{дейст}} - d_{\text{дейст}}$.

Положительная разность между охватываемой и охватывающей поверхностями называется **натягом**: $N = D_{\text{дейст}} - d_{\text{дейст}}$.

Зазоры могут принимать значения от S_{\min} до S_{\max} , натяги – от N_{\min} до N_{\max} .

Посадками с зазором называют такие посадки, в которых между сопрягаемыми поверхностями имеется зазор, обеспечивающий возможность относительного перемещения деталей.

Для получения зазора S в сопряжении размер D отверстия втулки должен быть больше размера d вала (рис. 1.1.3).

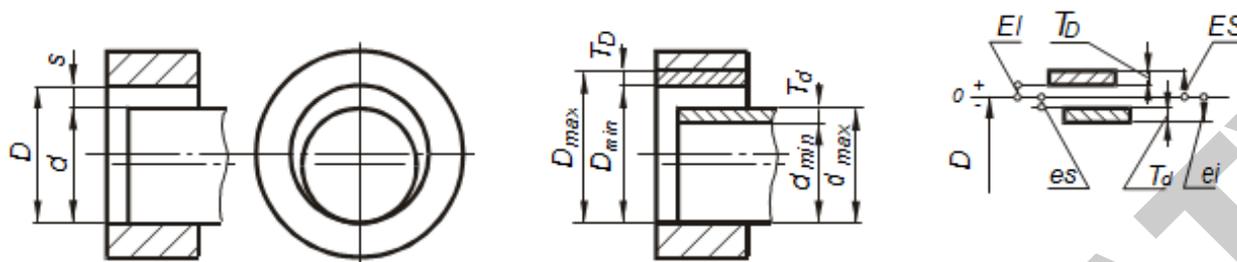


Рис. 1.1.3. Посадка с зазором и схема расположения полей допусков

Посадки с зазором разделяются на посадки с гарантированным зазором и посадки с наименьшим зазором, равным нулю, которые называются **скользящими**. Для посадок с зазором поле допуска отверстия находится над полем допуска вала (рис. 1.1.4).

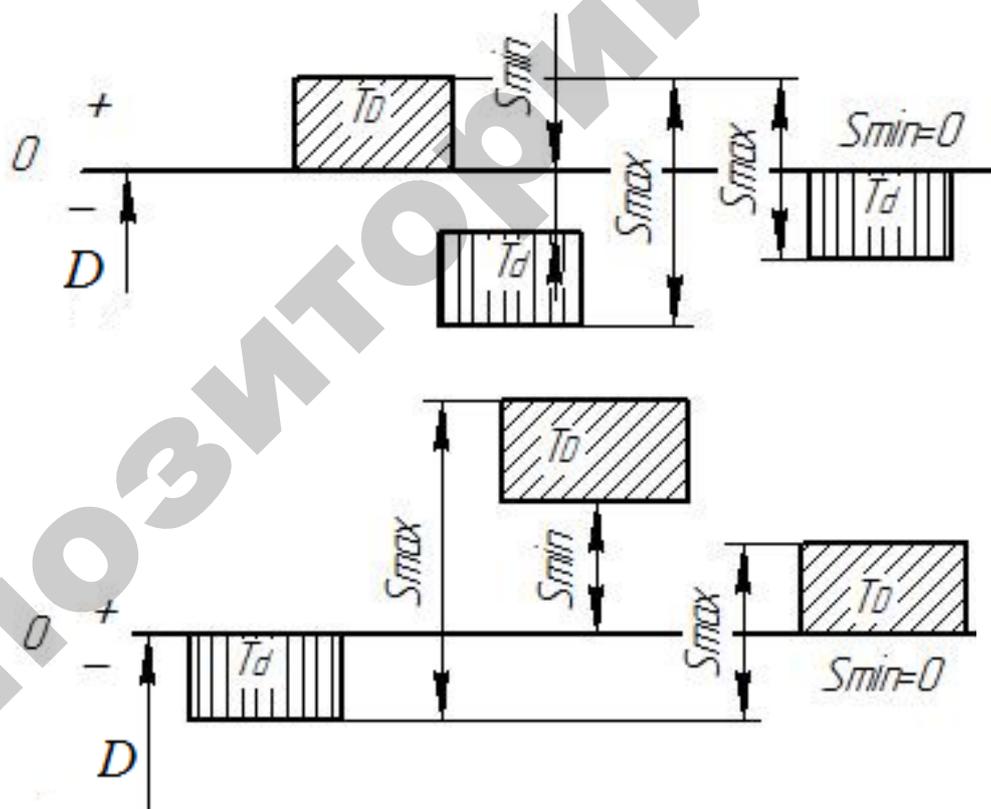
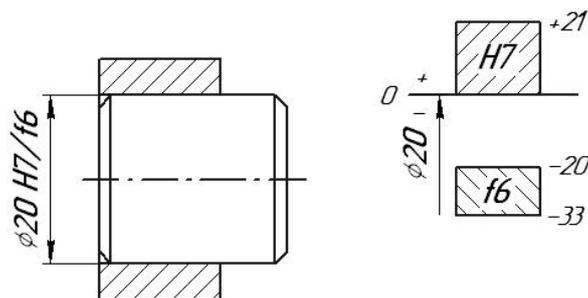


Рис. 1.1.4. Посадка с зазором и схемы расположения полей допусков

$$S_{\max} = ES - ei; S_{\min} = EI - es; T_S = S_{\max} - S_{\min} = ES - ei - EI + es = T_D + T_d.$$

Пример расчета посадки с зазором $\varnothing 20H7/f6$



Параметры отверстия: $ES = +21$ мкм, $EI = 0$ мкм, $T_D = 21$ мкм.

Параметры вала: $es = -20$ мкм, $ei = -33$ мкм, $T_d = 13$ мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{\max} = ES - ei = +21 - (-33) = 54 \text{ (мкм)}, S_{\min} = EI - es = 0 - (-20) = 20 \text{ (мкм)}.$$

Допуск посадки:

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 54 - 20 = 34 \text{ (мкм)};$$

$$T_S = ES - ei - EI + es = T_D + T_d, T_S = 21 + 13 = 34 \text{ (мкм)}.$$

Посадками с натягом называются такие посадки, в которых между сопрягаемыми поверхностями до сборки имелся гарантированный натяг, препятствующий относительно перемещению деталей после их сборки. Для посадок с натягом поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия (рис. 1.1.5).

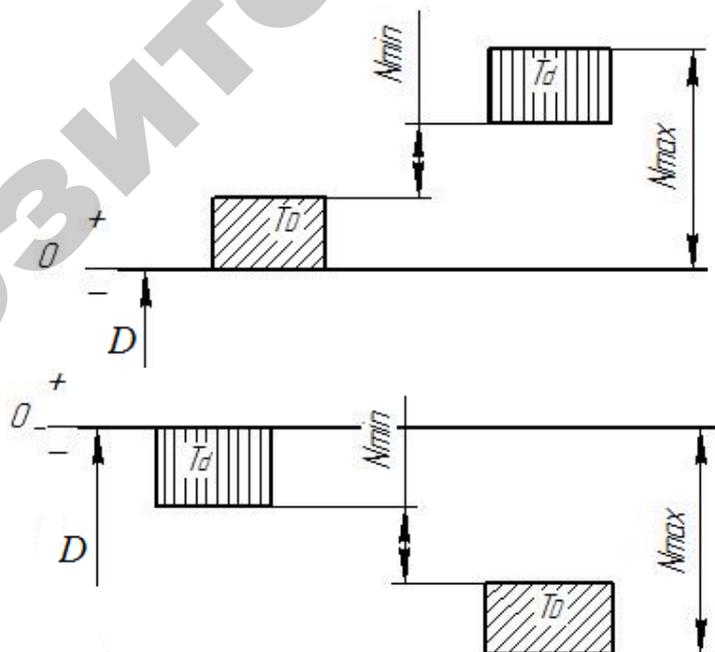
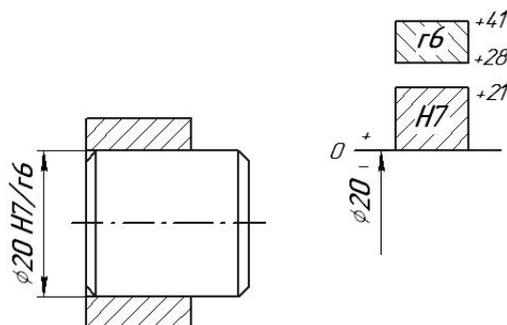


Рис. 1.1.5. Посадка с натягом и схемы расположения полей допусков

$$N_{\max} = es - EI; N_{\min} = ei - ES; T_N = N_{\max} - N_{\min} = es - EI - ei + ES = T_D + T_d.$$

Пример расчета посадки с натягом $\varnothing 20H7/r6$



Параметры отверстия: $ES = +21$ мкм, $EI = 0$ мкм, $T_D = 21$ мкм.

Параметры вала: $es = +41$ мкм, $ei = +28$ мкм, $T_d = 13$ мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$N_{\max} = es - EI = +41 - 0 = 41 \text{ (мкм)}, N_{\min} = ei - ES = +28 - 21 = 7 \text{ (мкм)}.$$

Допуск посадки:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = 41 - 7 = 34 \text{ (мкм)};$$

$$T_N = es - EI - ei + ES = T_D + T_d, T_N = 21 + 13 = 34 \text{ (мкм)}.$$

Переходными называются посадки, при осуществлении которых в собранной паре могут возникать как натяги, так и зазоры. Для этих посадок поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются. В переходных посадках при наибольшем предельном размере вала и наименьшем предельном размере отверстия получается наибольший натяг, а при наибольшем предельном размере отверстия и наименьшем предельном размере вала – наибольший зазор (рис. 1.1.6).

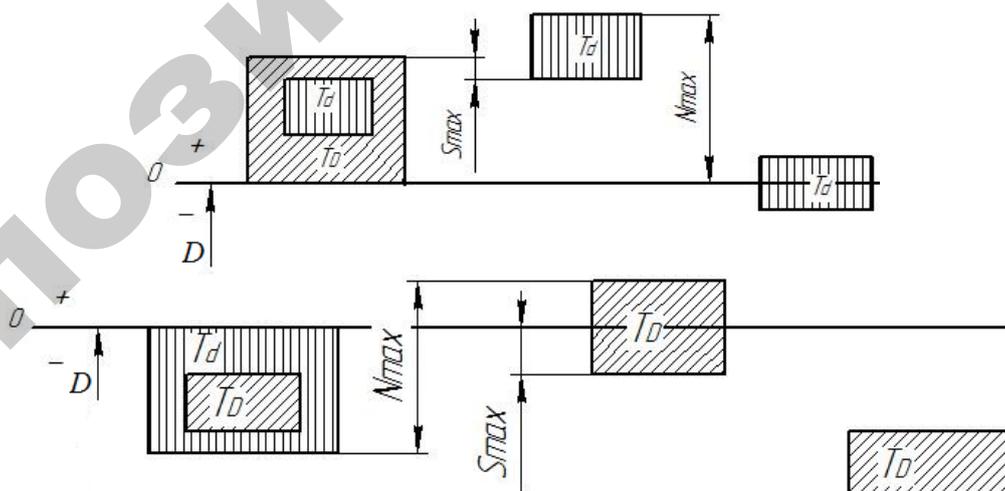
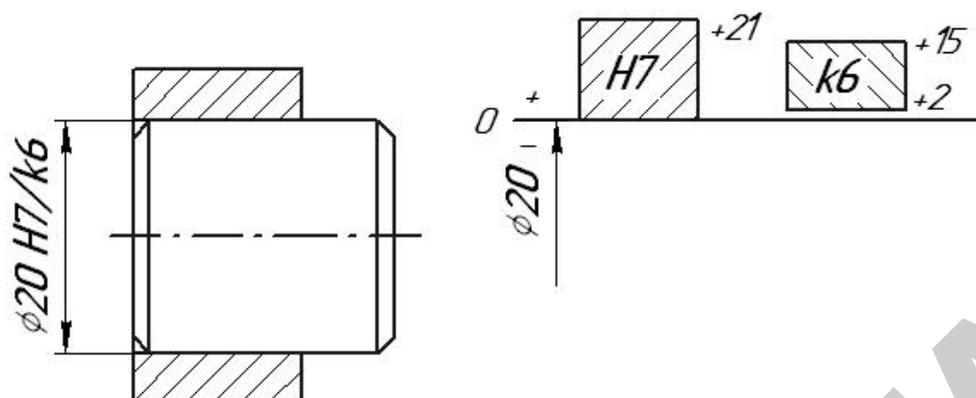


Рис. 1.1.6. Переходная посадка и схемы расположения полей допусков

$$S_{\max} = ES - ei; N_{\max} = es - EI;$$

$$T_{SN} = S_{\max} - S_{\min} = S_{\max} - (-N_{\max}) = S_{\max} + N_{\max} = T_D + T_d.$$

Пример расчета переходной посадки $\varnothing 20H7/k6$



Параметры отверстия: $ES = +21$ мкм, $EI = 0$ мкм, $T_D = 21$ мкм.

Параметры вала: $es = +15$ мкм, $ei = +2$ мкм, $T_d = 13$ мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$N_{\max} = es - EI = +15 - 0 = 15 \text{ (мкм)};$$

$$-N_{\min} = S_{\max} = ES - ei = +21 - 2 = 19 \text{ (мкм)}.$$

Допуск посадки:

$$T_{SN} = N_{\max} - N_{\min} = 15 - (-19) = 34 \text{ (мкм)};$$

$$T_{SN} = es - EI - ei + ES = T_D + T_d, T_{SN} = 21 + 13 = 34 \text{ (мкм)}.$$

Единая система допусков и посадок

Система допусков и посадок – совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических обобщений и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандарта.

Допуски и посадки позволяют:

- 1) исключить произвол при выборе посадок и позволить промышленности выбрать минимально необходимое, но достаточное для практики число посадок и вариантов допусков типовых сопряжений деталей машин;
- 2) стандартизировать режущий инструмент и калибры;
- 3) облегчить достижения взаимозаменяемости;
- 4) повысить качество изделий.

ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 25348-82 устанавливает предельные отклонения и допуски для диаметров до 10 000 мм. Подавляющее большинство сопряжений в сельскохозяйственном машиностроении имеет размеры не более 500 мм. Поэтому рассмотрим особенности и принципы построения ЕСДП на

примере размеров от 1 до 500 мм по ГОСТ 25346-89 «Общие положения, ряды допусков и основных отклонений».

В основе построения ЕСДП лежат рекомендации Международной организации по стандартизации ИСО (ISO).

Принципы построения системы

Принцип первый. Основание системы.

ГОСТом 25346-89 установлены две равноправные системы посадок: система отверстия и система вала. Выбор той или иной системы определяется конструктивными, технологическими и экономическими соображениями.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием. Основное отверстие имеет нижнее отклонение, равное нулю. Другими словами, отверстие является основной деталью в системе отверстия и независимо от посадки обрабатывается под номинальный размер (с допуском в тело детали), а различные посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала (рис. 1.1.7).

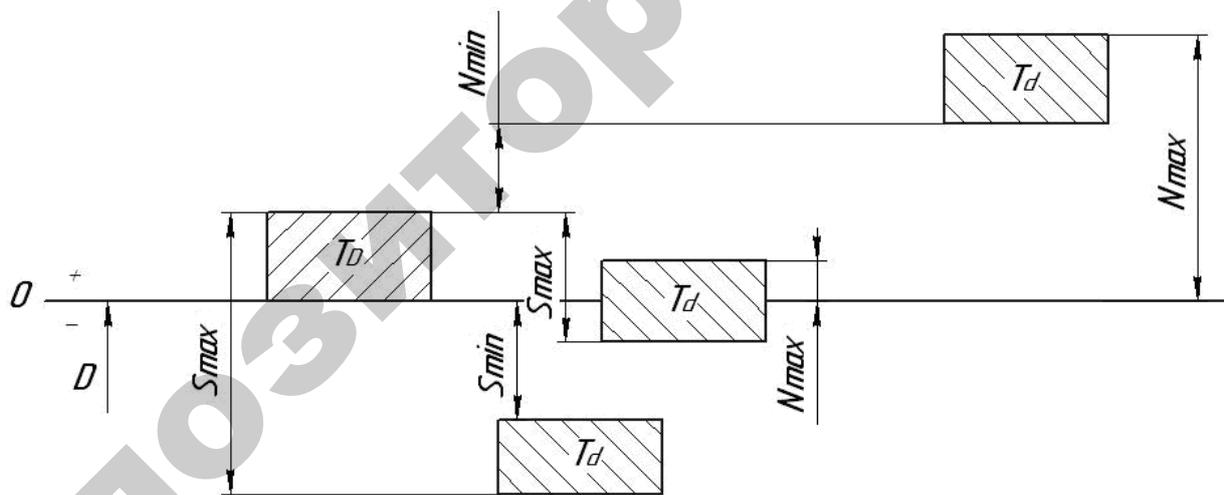


Рис. 1.1.7. Посадки в системе отверстия и схемы расположения полей допусков

Посадки в системе вала – посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом. Основной вал имеет верхнее отклонение равное нулю. Вал является основной деталью в системе вала и независимо от посадки обрабатывается под номинальный размер (с допуском в тело детали), а различный характер соединения достигается за счет изменения предельных размеров отверстия (рис. 1.1.8).

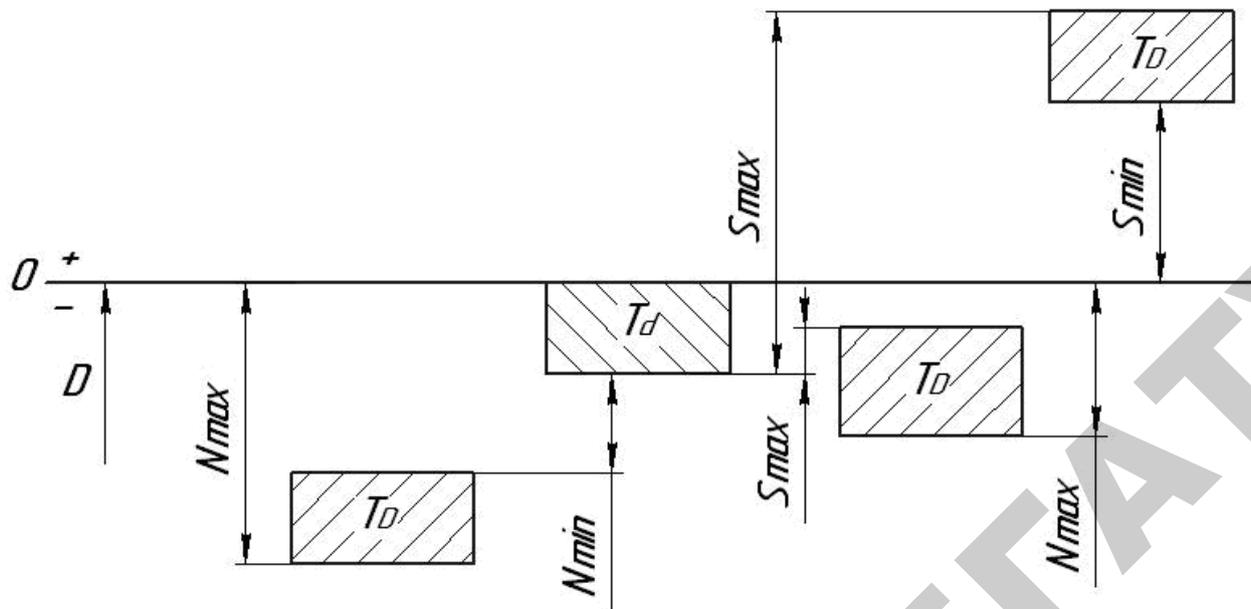


Рис. 1.1.8. Посадки в системе вала и схемы расположения полей допусков

Принцип второй. Расположение поля допуска основной детали относительно нулевой линии.

Система ЕСДП является односторонней, т. е. асимметричной, предельной. В этой системе поля допусков основных деталей откладываются только по одну сторону от нулевой линии, т. е. нижняя граница поля допуска основного отверстия совпадает с нулевой линией и $EI = 0$; верхняя граница основного вала также совпадает с нулевой линией, т. е. $es = 0$. Допуск основных деталей идет в тело, в материал деталей (рис. 1.1.9).

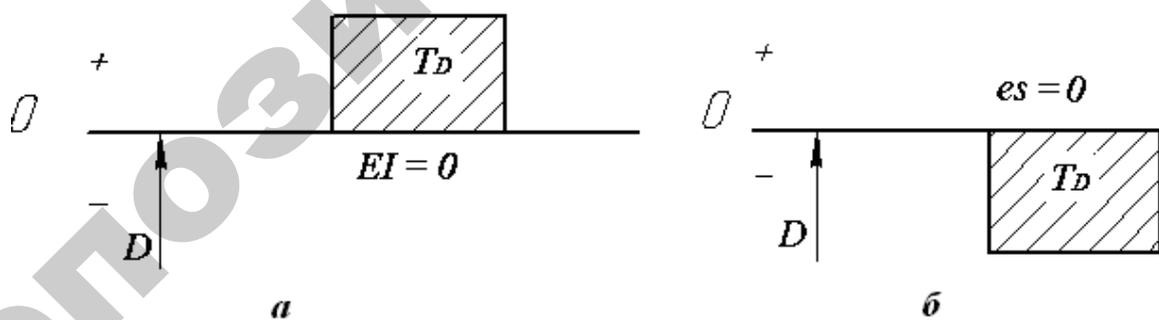


Рис. 1.1.9. Расположение поля допуска основной детали:
а – отверстия; б – вала относительно нулевой линии

Одностороннее расположение полей допусков основных деталей имеет ряд **преимуществ** по сравнению с **симметричным расположением**, принятым в некоторых странах. Главное преимущество заключается в использовании в одном соединении вала и отверстия разной точности изготовления, при

этом характер соединения (посадка) остается без изменения. Симметричное же расположение поля допуска основной детали при использовании в одном сопряжении вала и отверстия разной точности приводит к искажению посадки, т. е. к значительному изменению величины зазоров и натягов (рис. 1.1.10).

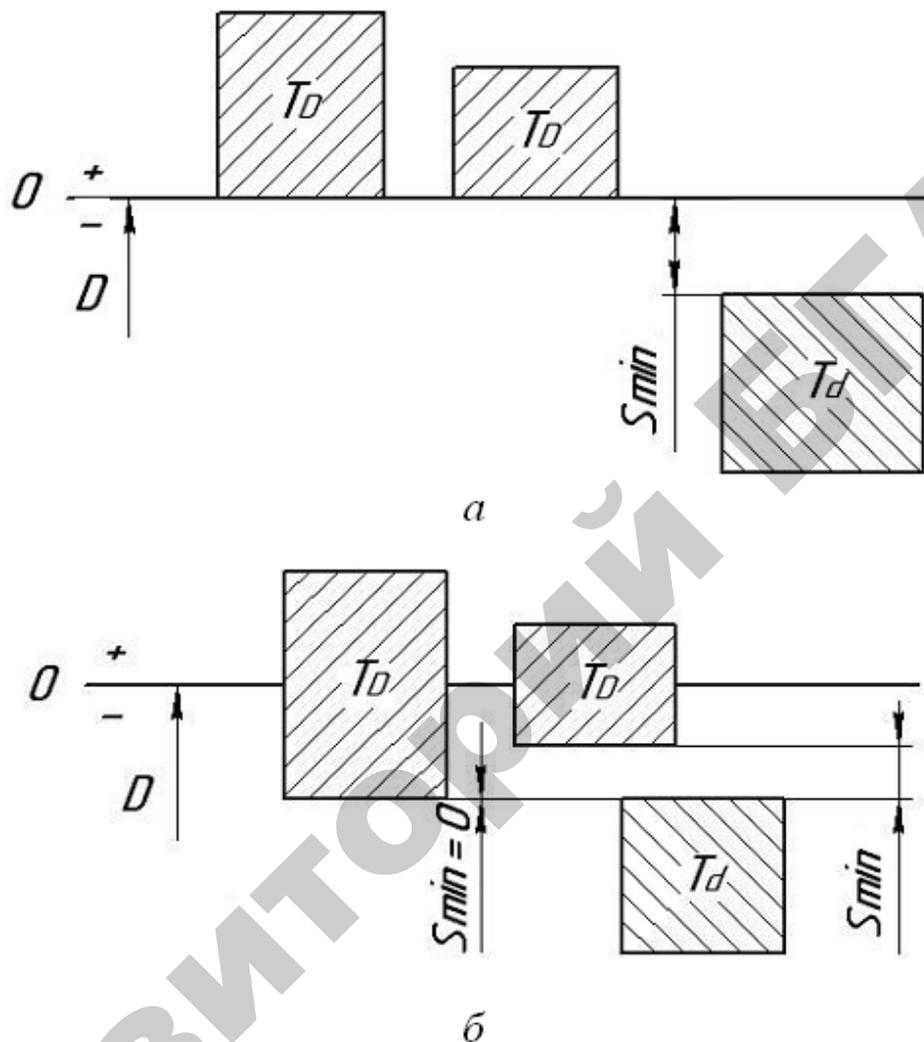


Рис. 1.1.10. Асимметричное (а) и симметричное (б) расположения поля допуска основной детали

Принцип третий. Единица допуска.

Для построения системы допусков в первую очередь установили закономерность измерения допуска в зависимости от номинального значения параметра.

На основании исследований и систематизации опыта механической обработки цилиндрических металлических деталей было установлено, что погрешность Δ их изготовления при одинаковых технологических условиях изменяется в зависимости от диаметра D деталей по закономерности, близкой к кубической параболе (рис. 1.1.11).

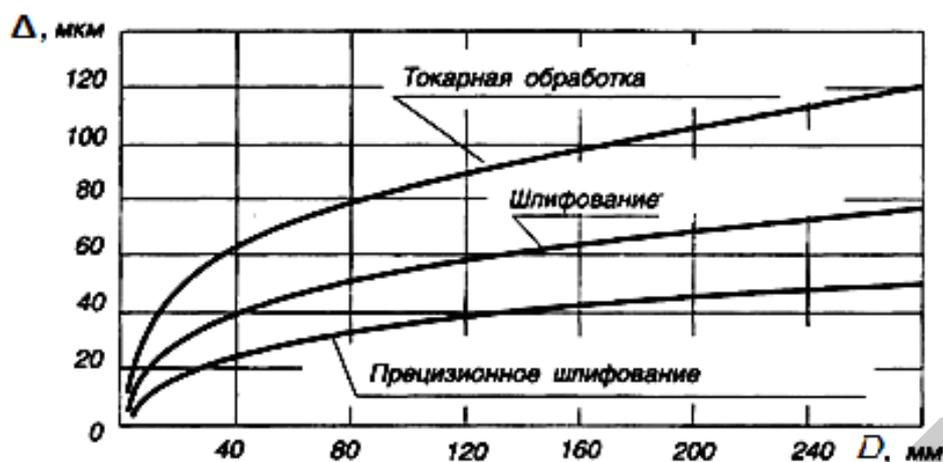


Рис. 1.1.11. Зависимость погрешности Δ изготовления цилиндрических металлических деталей от способа обработки и диаметра D

Другими словами, погрешность обработки возрастает с увеличением диаметра изделия, эту погрешность можно выразить как:

$$\Delta = C \sqrt{x D}, \text{ мкм.}$$

Величина x изменяется в пределах 2,5–3,5, а коэффициент C для шлифованных валов примерно равен 0,005.

Эти данные легли в основу построения системы допусков и посадок, где зависимость величины допуска от диаметра выражается так называемой единицей допуска i , которая равна:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D_C} + 0,001 D_C, \text{ мкм}$$

где D_C – среднее геометрическое крайних значений интервала диаметров:

$$D_C = \sqrt{D_{\max} D_{\min}}, \text{ мм.}$$

Линейный член в формуле единицы допуска учитывает влияние погрешностей измерения и температурной погрешности.

Принцип четвертый. Интервалы диаметров.

Поскольку величина единицы допуска лишь приближенно отражает зависимость точности обработки от диаметра, определять величину допуска для каждого из диаметров нецелесообразно. Это сделало бы таблицы громоздкими, а взаимозаменяемость практически не обеспечивалась бы. При небольших отличиях номинальных размеров допуски на них будут отличаться незначительно. Поэтому диапазон размеров от 1 до 500 мм оказалось возможным разбить на 13 основных интервалов, в пределах которых величина единицы допуска постоянна (табл. 1.1.2). Для всех размеров, входящих в один интер-

вал, устанавливается один допуск, подсчитываемый по среднему геометрическому крайних размеров, входящих в интервал, причем допуски, подсчитанные по крайним значениям в каждом интервале, отличаются от допусков, подсчитанных по среднему геометрическому, не более чем на 5–8 %.

Таблица 1.1.2

Значение единицы допуска в зависимости от интервала размеров

Интервалы размеров, мм	Единица допуска, мкм
От 1 до 3	0,55
От 3 до 6	0,73
От 6 до 10	0,90
От 10 до 18	1,08
От 18 до 30	1,31
От 30 до 50	1,56
От 50 до 80	1,86
От 80 до 120	2,17
От 120 до 180	2,52
От 180 до 250	2,89
От 250 до 315	3,22
От 315 до 400	3,54
От 400 до 500	3,89

Как видно из таблицы 1.1.2, величина интервалов растет вместе с размерами, составляя примерно геометрическую прогрессию со знаменателем 1,5, т. е. число размеров в интервалах неодинаково.

Для номинальных размеров свыше 10 мм введены промежуточные интервалы, которые делят основной интервал на два или три. Их используют для определения предельных отклонений, которые с номинальным размером связаны относительно крутой зависимостью, т. е. даже при небольшом изменении номинального размера наблюдаются значительные изменения основного отклонения.

Принцип пятый. Ряды допусков (квалитеты).

В каждом изделии детали различного назначения изготавливаются с различной точностью. Для нормирования этих уровней точности существуют **квалитеты** – степени точности изготовления деталей. ГОСТ 25346-89 устанавливает 21 квалитет: IT01, IT0, IT1...IT19.

Квалитет – совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Или же совокупность допусков,

изменяющихся в зависимости от номинального размера так, что уровень точности для всех номинальных размеров в этом качестве остается одинаковым.

Каждый квалитет имеет закономерно построенный ряд полей допусков. В этом ряду различные по величине размеры имеют одну и ту же относительную точность. Точность определяется одним для всего ряда коэффициентом точности a . Величина допуска в каждом квалитете определяется:

$$IT_x = ai.$$

где IT_x – международное обозначение допуска.

Число единиц допуска с $a = 10$ закрепили за 6-м квалитетом и приняли за исходное. Для более грубых его умножают на коэффициент геометрической прогрессии со знаменателем 1,6, для точных:

$$IT01 = 0,3 + 0,008D_C; IT0 = 0,5 + 0,012D_C; IT1 = 0,8 + 0,020D_C;$$

$$IT2 = \sqrt{IT1 \cdot IT3}; IT3 = \sqrt{IT1 \cdot IT5}; IT4 = \sqrt{IT3 \cdot IT5}.$$

Значение числа единиц допуска для квалитетов с IT5 до IT19 приведены в таблице 1.1.3.

Таблица 1.1.3

Значение числа единиц допуска для квалитетов с IT5 до IT19

IT	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
a	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500	4000

Начиная с IT6 через каждые 5 квалитетов допуски увеличиваются в 10 раз. Анализируя таблицу 1.1.3, можно сделать вывод, что в данном квалитете и интервале номинальных размеров значение допуска постоянно для размеров любых элементов.

Установленный стандартом 21 квалитет включает допуски на сопрягаемые размеры, допуски калибров. Использование квалитетов:

- IT01, IT0, IT1 предназначены для концевых мер;
- IT2...IT5 – для калибров и особо точных изделий;
- IT6...IT12 – для соединяемых поверхностей;
- IT13...IT16 – для свободных поверхностей.
- IT17 – для изделий из неметаллических материалов;
- IT18 – для изделий, получаемых отдельными способами без снятия стружки.

Каждый квалитет может быть достигнут разными способами обработки, но из них назначают преимущественно экономические технологические про-

цессы, дающие наименьшую себестоимость изготовления. Наибольшее распространение в машиностроении для окончательной обработки получили квалитеты IT6 и IT7, в сельскохозяйственном машиностроении IT8...IT10.

Принцип шестой. Ряды основных отклонений и схемы расположения полей допусков валов и отверстий.

Расположение полей допусков валов и отверстий относительно нулевой линии в ЕСДП определяют знаки и числовые значения основных отклонений.

Основным называется то из двух предельных отклонений, которое расположено ближе к нулевой линии. Каждое расположение основного отклонения обозначается буквами латинского алфавита – малой (строчной) для валов и большой (прописной) для отверстий (рис. 1.1.12).

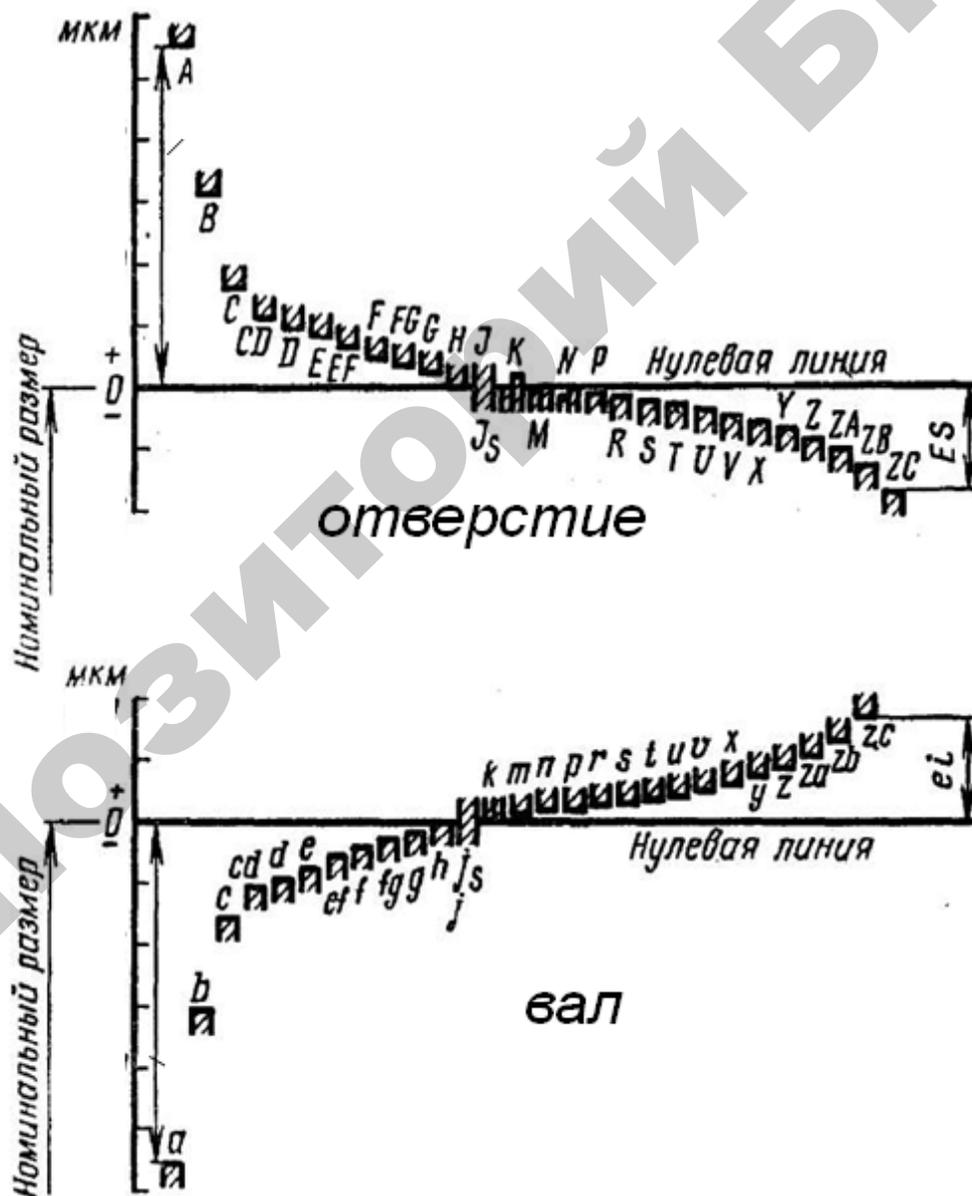


Рис. 1.1.12. Схемы расположений полей допусков валов и отверстий

Каждому из основных отклонений соответствует определенный уровень относительно нулевой линии, от которого должно начинаться поле допуска. Штриховкой показано направление поля допуска, а конец его, т. е. второе отклонение, не указан, т. к. зависит от величины допуска размера в данном квалитете. При одном и том же буквенном обозначении числовое значение основного отклонения изменяется в зависимости от номинального размера, величина основного отклонения не зависит от квалитета.

Значения основных отклонений валов вычисляются по эмпирическим формулам, приведенным в ГОСТ 25346-89, а основные отклонения отверстий определяют по общему и специальному правилам.

По общему правилу (основное отклонение отверстия должно быть симметрично основному отклонению вала относительно нулевой линии):

– для отверстий А...Н: $EI = -es$;

– для отверстий К...ZС: $ES = -ei$.

Из общего правила для размеров от 3 до 500 мм сделаны исключения: основное отклонение отверстия Н равно нулю начиная с 9 квалитета, для отверстий I...Н до 8 квалитета и для отверстий Р...ZС до 7 квалитета включительно основные отклонения определяются по специальному правилу:

$$ES = -ei + \Delta,$$

где $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$ – разность между допуском рассматриваемого квалитета и допуском ближайшего более точного квалитета.

Второе (незаданное) отклонение подсчитывается по формуле:

$$IT_x = ES - EI; IT_x = es - ei.$$

Как видно, нижнее отклонение $EI = 0$ имеет поле допуска отверстия Н, следовательно, это и есть поле допуска основного отверстия. Поле допуска вала h имеет $es = 0$ (верхнее отклонение), следовательно, это и есть поле допуска основного вала. Поля допусков отверстий от А до Н в сочетании с полем допуска вала h образуют посадки с зазором в системе вала, а поля допусков валов от a до h в сочетании с полем допуска отверстия Н образуют посадки с зазором в системе отверстия. Посадки С $S_{\min} = 0$ (скользящие) образуются сочетанием основных отверстий (Н) и основных валов (h), т. е. Н/ h .

Поля допусков js, k, m, n и Js, K, M, N в сочетании с основными отверстиями или валами образуют переходные посадки, предпочтение отдают js, k, n и Js, K, N.

Поля допусков валов от r до zc и отверстий от Р до ZС в сочетании с основными отверстиями (Н) и основными валами (h) соответственно образуют посадки с натягом.

Принцип седьмой. Температурный режим.

Отклонения и допуски в таблицах рассчитаны при температуре $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$ (нормальная температура), т. е. при температуре, близкой к температуре рабочих помещений машиностроительных заводов. Градуировка мер, измерительных приборов, а также точные измерения должны производиться при этой температуре. Для этого требуется:

1) чтобы температура измеряемой детали и измерительного инструмента была одинаковой. Для чего рекомендуется их совместная выдержка на плите или столе. (Так, например, нагрев скобы для проверки валов $\varnothing 175\text{ мм}$ в течение 15 мин в руках изменяет размер скобы на 8 микронметров);

2) чтобы коэффициенты линейного расширения материала изделия и инструмента были примерно одинаковыми.

Если эти условия соблюдения нельзя, то надо вводить **температурную поправку**, величину которой вычисляют по формуле:

$$\Delta l \approx l(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2), \text{ мм},$$

где l – измеряемый размер;

α_1 – коэффициент линейного расширения материала детали;

α_2 – коэффициент линейного расширения материала измерительного средства;

$\Delta t_1 = (20^\circ - t_1)$ – разность между нормальной температурой и температурой детали;

$\Delta t_2 = (20^\circ - t_2)$ – разность между нормальной температурой и температурой средства измерения.

Формула весьма приближенна (не учитывает формы деталей). Поэтому при измерениях надо стремиться к выполнению 1-го и 2-го условий.

1.2. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПРИ АБСОЛЮТНОМ И ОТНОСИТЕЛЬНОМ МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЯ

1.2.1. Штангенинструменты

Штангенинструменты, из которых основными являются штангенциркуль, штангенрейсмус, штангенглубиномер, используют для измерения и разметки деталей. У этих инструментов отсчетное приспособление – вспомогательная шкала, или нониус, который предназначен для повышения точности отсчета дробных долей делений основной шкалы.

Нониус назван именем его изобретателя – португальского монаха Педро Нониуса – и представляет собой небольшую линейку с делениями, закрепленную на подвижной рамке (иногда деления наносят непосредственно на рамке). Теория нониуса основана на разных значениях длин (интервалов) делений нониуса и основной шкалы – штанги (рис. 1.2.1).

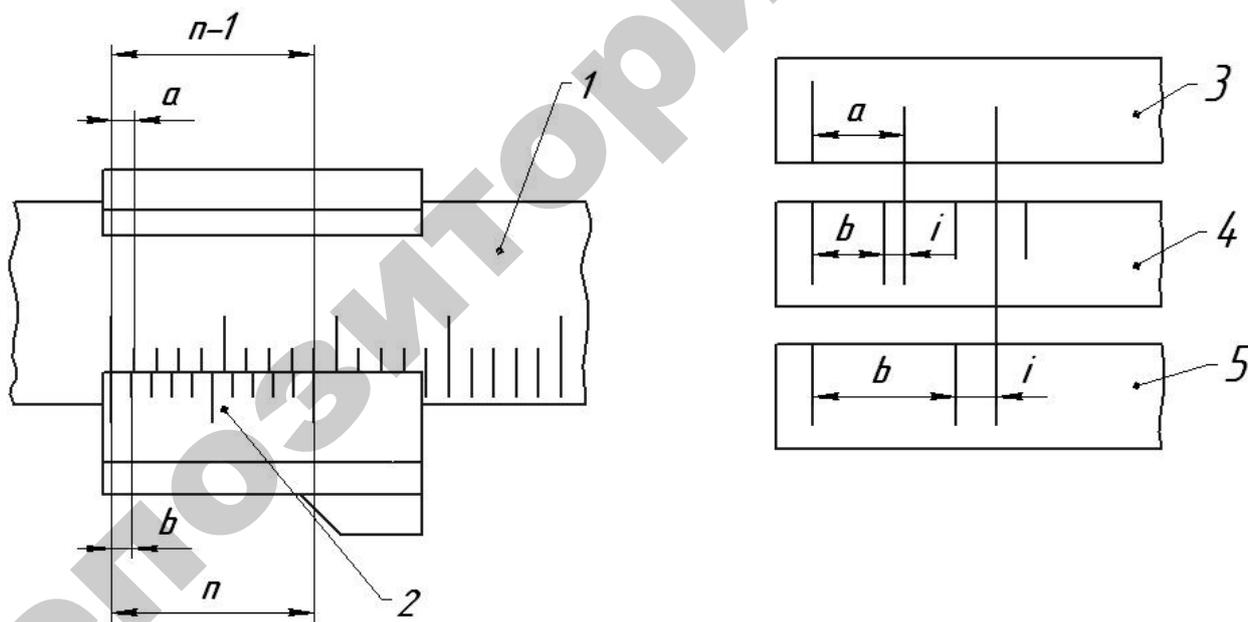


Рис. 1.2.1. Условные обозначения к расчету нониуса:

1 – основная шкала; 2 – шкала нониуса; 3 – штанга; 4 – нониус при $\gamma = 1$;
5 – нониус при $\gamma = 2$

Длина деления нормального нониуса делается меньше длины деления штанги с таким расчетом, чтобы n делений нониуса равнялись $(n - 1)$ делениям основной шкалы.

Примем следующие обозначения для расчета нониуса (рис. 1.2.1):

– a – длина (интервал) деления основной шкалы;

– b – длина (интервал) деления нониуса;

– n – число делений нониуса;

– i – цена деления нониуса;

– l – рабочая длина нониуса.

Согласно принятым обозначениям основная формула нониуса выглядит так:

$$nb = (n - 1)a. \quad (1.2.1)$$

После соответствующих преобразований получим:

$$\frac{a}{n} = a - b.$$

Цена деления нониуса – отношение длины одного деления основной шкалы к числу делений нониуса:

$$i = \frac{a}{n} = a - b. \quad (1.2.2)$$

Из формулы (1.2.2) следует, что число делений нониуса определяется так:

$$n = \frac{a}{i}, \quad (1.2.3)$$

а также:

$$b = a - i. \quad (1.2.4)$$

Следовательно, длина деления нормального нониуса меньше длины деления основной шкалы на величину i .

В общем случае длина деления нониуса определяется равенством:

$$b = \gamma a - i, \quad (1.2.5)$$

где γ – модуль нониуса, показывающий, сколько делений основной шкалы соответствует одному делению нониуса.

Нормальный нониус имеет модуль $\gamma = 1$ (рис. 1.2.1, позиция 4). Модуль γ растянутого нониуса принимают равным 2, 3, 5. При $\gamma = 2$ длина деления нониуса b меньше длины двух делений основной шкалы на величину i (рис. 1.2.1, позиция 5).

$$b = \frac{\gamma n - 1}{n} a. \quad (1.2.6)$$

Рабочая длина нониуса:

$$l = nb = \gamma n - 1. \quad (1.2.7)$$

Из формулы (1.2.7) следует, что:

$$\gamma = \frac{l+a}{na}. \quad (1.2.8)$$

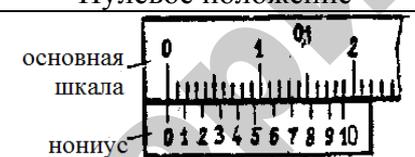
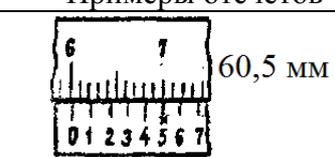
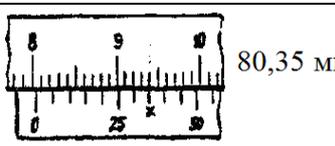
Из вышеизложенного следует, что основной характеристикой при расчете нониуса является цена деления нониуса.

Отсчет показаний штангенинструментов

Нулевое положение основной шкалы и нониуса, а также положение нониуса при отсчете измеряемого размера для различных нониусов показаны в таблице 1.2.1, где нулевые штрихи основной шкалы и нониуса совпадают.

Таблица 1.2.1

Примеры отсчетов по нониусу штангенинструментов

Характеристика нониуса	Нулевое положение	Примеры отсчетов
$a = 1 \text{ мм}; b = 1,9 \text{ мм};$ $i = 0,1 \text{ мм}; n = 10;$ $\gamma = 2$		
$a = 1 \text{ мм}; b = 1,95 \text{ мм};$ $i = 0,05 \text{ мм}; n = 20;$ $\gamma = 2$		

При этом последний штрих нониуса также совпадает со штрихом основной шкалы, определяющим длину l нониуса. При измерении нониус смещается относительно основной шкалы. Если нулевой штрих нониуса располагается между штрихами основной шкалы, то следующие за ним штрихи нониуса также занимают промежуточные положения между штрихами основной шкалы. Ввиду того, что деления нониуса отличаются от делений основной шкалы на величину i , каждое последующее деление нониуса расположено ближе к соответствующему штриху основной шкалы.

Совпадение какого-либо k -го штриха нониуса с любым штрихом основной шкалы (в таблице 1.2.1 отмечено крестиком) показывает, что расстояние нулевого штриха основной шкалы, по которому производят отсчет целых делений, равно ki . Следовательно, отсчет измеряемой величины A по шкале с нониусом складывается из количества целых делений N по основной шкале,

умноженного на цену ее деления C , и отсчета дробной части деления по шкале нониуса, т. е.:

$$A = NC + ki. (1.2.9)$$

В таблице 1.2.1 показан пример отсчета размера 80,35 мм.

Со штрихом основной шкалы совпадает 7-е деление нониуса, тогда при $i = 0,05$ мм $ki = 7 \cdot 0,05 = 0,35$ (мм).

Складывая отдельно полученные значения NC и ki , получим общий размер A :

$$A = NC + ki = 80 \cdot 1 + 7 \cdot 0,05 = 80,35 \text{ (мм)}.$$

Правило определения дробных долей миллиметра одинаково для всех нониусов независимо от их конструкции.

Штангенциркуль

Штангенциркули служат для измерения наружных и внутренних размеров, глубин и высот, а также для разметки деталей.

Различают три типа штангенциркулей:

– штангенциркуль ШЦ-I с двусторонним расположением измерительных губок 1 и 2 (рис. 1.2.2). Верхняя пара губок предназначена для внутренних измерений, нижняя пара – для наружных измерений.

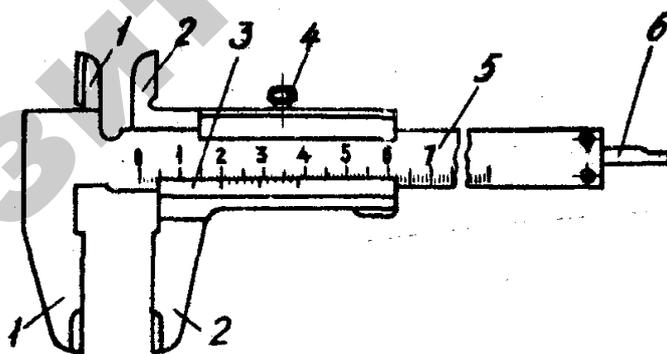


Рис. 1.2.2. Штангенциркуль ШЦ-I:

- 1 – неподвижные измерительные губки; 2 – подвижные измерительные губки;
3 – рамка со шкалой нониуса; 4 – стопорный винт рамки; 5 – шкала штанги;
6 – линейка глубиномера

Верхние губки расположены относительно основной шкалы и нониуса так, что при измерении внутренних размеров отсчет ведется от нуля, как и при измерении наружных размеров, линейка 6 служит для измерения глубин;

– штангенциркуль ШЦ-II с двусторонним расположением губок (рис. 1.2.3).

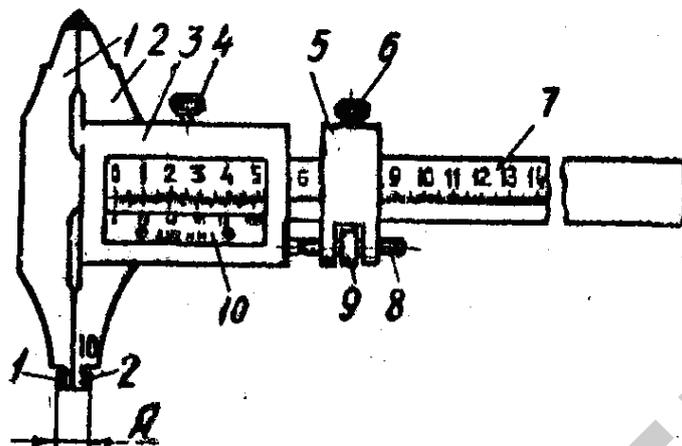


Рис. 1.2.3. Штангенциркуль ШЦ-II:

- 1 – неподвижные измерительные губки; 2 – подвижные измерительные губки;
 3 – рамка; 4 – стопорный винт рамки; 5 – хомутик микрометрической подачи;
 6 – стопорный винт хомутика микрометрической подачи; 7 – штанга;
 8, 9 – винт и гайка микрометрической подачи; 10 – нониус

Нижняя пара губок служит для наружных и внутренних измерений; верхняя – для разметки и измерения наружных поверхностей. При внутренних измерениях к отсчету по шкале с нониусом прибавляется суммарная толщина двух губок;

– штангенциркуль ШЦ-III с односторонним расположением измерительных губок (рис. 1.2.4).

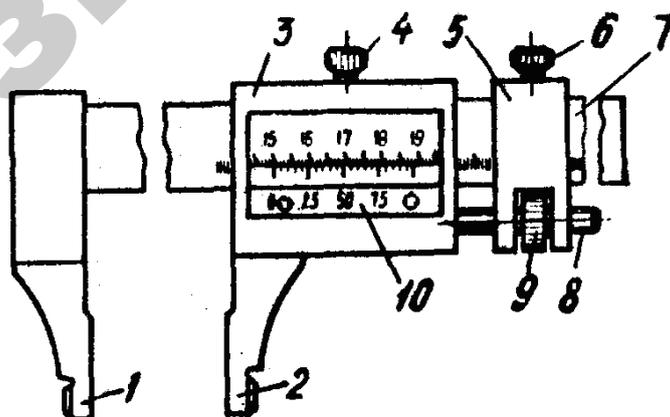


Рис. 1.2.4. Штангенциркуль ШЦ-III:

- 1 – неподвижная измерительная губка; 2 – подвижная измерительная губка;
 3 – рамка; 4 – стопорный винт рамки; 5 – хомутик микрометрической подачи;
 6 – стопорный винт хомутика микрометрической подачи; 7 – штанга;
 8, 9 – винт и гайка микрометрической подачи; 10 – нониус

Внутренние плоские поверхности губок 1 и 2 служат для наружных измерений, наружные цилиндрические поверхности губок – для внутренних измерений так же, как и у штангенциркулей ШЦ-II.

К отсчету по шкале с нониусом при внутренних измерениях необходимо прибавлять суммарную толщину двух губок.

Для всех трех типов инструментов основная шкала нанесена на штанге, которая имеет прямоугольное сечение, штрихи делений штанги нанесены перпендикулярно к ее направляющей грани, измерительные поверхности губок перпендикулярны к направляющей грани линейки и параллельны между собой.

Внутренние поверхности губок, служащие для измерения наружных размеров, отшлифованы и доведены. Выступы на концах измерительных губок штангенциркулей ШЦ-II и ШЦ-III, служащие для измерения наружных размеров, также отшлифованы и доведены. Выступы на концах измерительных губок, предназначенные для измерения внутренних размеров, с наружной стороны имеют цилиндрическую поверхность с радиусом не более половины суммарного размера A сдвинутых до соприкосновения губок (рис. 1.2.3). Размер A обычно делается равным 10 мм и гравировается на губках.

Неподвижные измерительные губки составляют одно целое со штангой или жестко с ней связаны сваркой или клепкой. Подвижные измерительные губки составляют одно целое с рамкой, на которой непосредственно нанесен нониус (рис. 1.2.3) или которая закреплена на линейке нониуса (рис. 1.2.3 и 1.2.4). При сдвинутых до соприкосновения измерительных губках штангенциркуля нулевой штрих нониуса совпадает с нулевым штрихом штанги. Измерительные губки должны иметь шероховатость рабочих поверхностей $R_a = 0,16-0,08$ мкм у штангенциркулей с ценой деления нониуса 0,1 мм и $R_a = 0,08-0,04$ мкм у штангенциркулей с $i = 0,05$ мм.

Вылет губок обычно принимают равным от 35 до 150 мм. Чем больше предел измерения и цена деления нониуса, тем длиннее могут быть губки.

Штангенциркули ШЦ-II (рис. 1.2.3) и ШЦ-III (рис. 1.2.4) имеют устройство для микрометрической подачи рамки, которое состоит из хомутика 5, стопорного винта 6, микрометрического винта 8 и гайки 9. Эти штангенциркули изготавливаются с различными пределами измерений (верхний предел до 2000 мм) с ценой деления нониуса 0,05 или 0,1 мм. В специальных случаях изготавливаются также штангенциркули с верхним пределом измерений до 4000 мм.

Штангенциркули ШЦ-I имеют пределы измерений 0–125 мм и цену деления нониуса 0,1 мм. Основная шкала штангенциркулей, как правило, имеет длину (интервал) деления 1 мм.

Проверка штангенциркуля перед работой

Перед тем как приступить к измерениям, необходимо убедиться в исправности штангенциркуля, не допускаются забоины и следы ржавчины на измерительных поверхностях губок, которые должны быть ровными, без искривлений. Чтобы убедиться в этом, губки сдвигают до полного соприкосновения. Между измерительными поверхностями не должно быть просвета, а нулевые штрихи основной шкалы и нониуса должны совпадать. Если при исправных поверхностях губок нулевые штрихи не совпадают, то надо отвернуть винты нониусной линейки и сдвинуть ее до совпадения штрихов. Затем следует проверить рамку, которая должна перемещаться по штанге свободно, но без качки. Мертвый ход микрометрического винта допускается не более $1/4$ оборота.

Если при затяжке стопорного винта возникает перекосяк и размер изменяется или же появляется зазор между губками, то такой штангенциркуль для работы непригоден.

Измерение штангенциркулем

Измерение штангенциркулем производится в следующем порядке. При отстопоренном винте 4 рамки 3 и винте 6 хомутика 5 (рис. 1.2.4) измерительные поверхности инструмента приводятся в неплотное соприкосновение с поверхностями измеряемой детали. Затем винтом 6 хомутик стопорится, и при помощи гайки 8 и винта 9 осуществляется микрометрическая подача рамки 3 с нониусом до плотного соприкосновения измерительных поверхностей губок с деталью. После окончательной установки инструмента рамка 3 стопорится винтом 4 и производится отсчет показаний.

Необходимо помнить, что микроподачей следует пользоваться только при установке размера, но не при измерении. В противном случае резко возрастают погрешности измерений.

Штангенциркуль держат правой рукой за штангу, рамку перемещают большим пальцем правой руки за выступ рамки или гайку микрометрической подачи (рис. 1.2.5). При измерении незакрепленной детали левая рука должна находиться за измерительными губками инструмента и захватывать деталь недалеко от губок; правой рукой поддерживают штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой деталью, не допуская перекосяка губок и добиваясь нормального измерительного усилия. Зажимать губки следует так, чтобы инструмент мог свободно скользить по детали и в то же время не имел возможности качаться на ней (рис. 1.2.5).

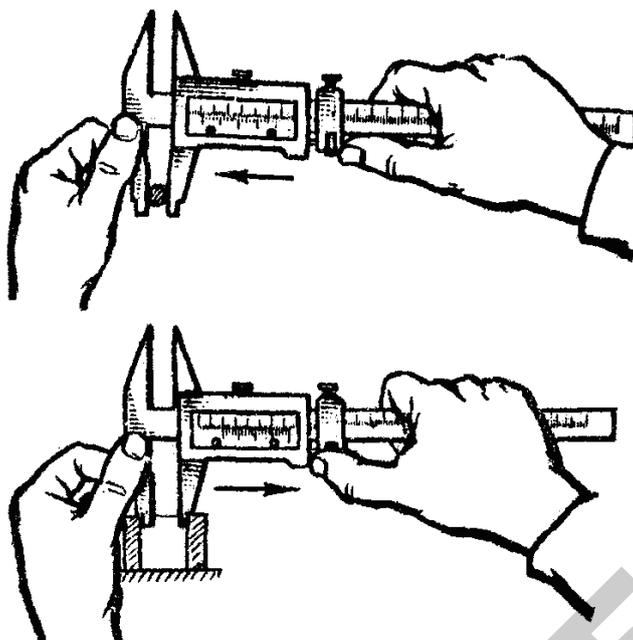


Рис. 1.2.5. Перемещение рамки

При измерении закрепленной детали левая рука должна слегка прижимать губку штанги к проверяемой поверхности; правой рукой поддерживают штангу (примерно в горизонтальном положении) и большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская при этом перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

Закрепление стопорным винтом хомутика микрометрической подачи (рис. 1.2.6) производится большим и указательным пальцами правой руки при поддержке штанги ее остальными пальцами.

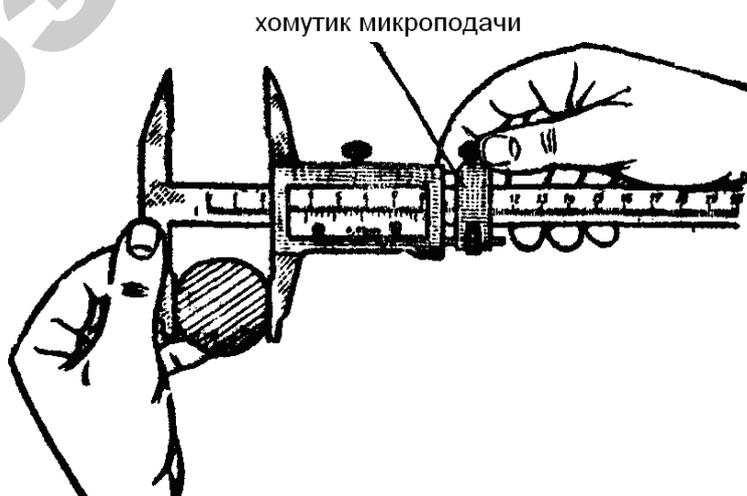


Рис. 1.2.6. Закрепление хомутика микрометрической подачи

После закрепления хомутика большим и указательным пальцами правой руки вращают гайку микрометрической подачи рамки (рис. 1.2.7), поддерживая штангу остальными пальцами правой руки; левой рукой поддерживают губку штанги.

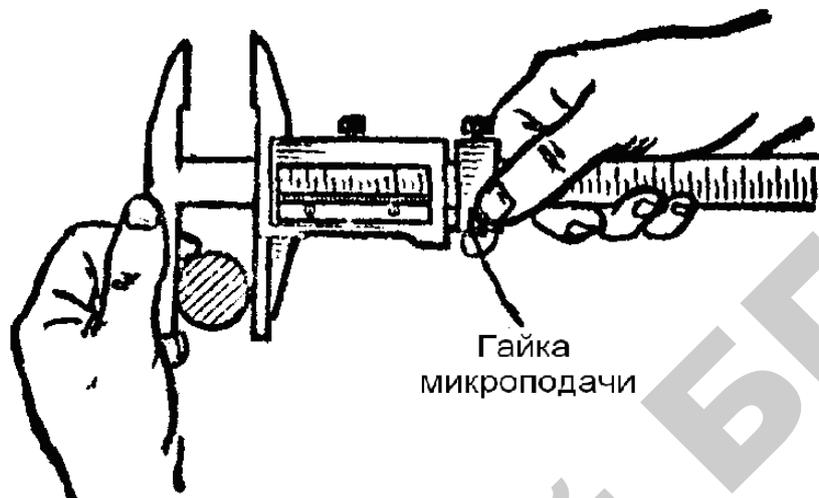


Рис. 1.2.7. Вращение гайки микрометрической подачи

Закрепление рамки (рис. 1.2.8) производят большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать губку штанги.

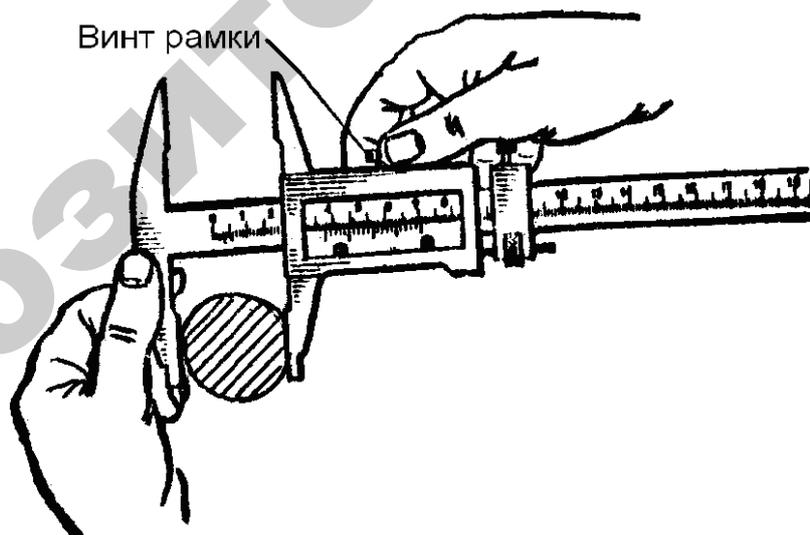


Рис. 1.2.8. Закрепление рамки

При измерении наружных размеров деталь зажимается между внутренними измерительными поверхностями губок (рис. 1.2.5) плотно, без качки. При измерении внутренних размеров наружные измерительные поверхности

губок приводятся в соприкосновение со стенками отверстия (рис. 1.2.8, 1.2.9); отсчет показаний приведен на рисунке 1.2.10.

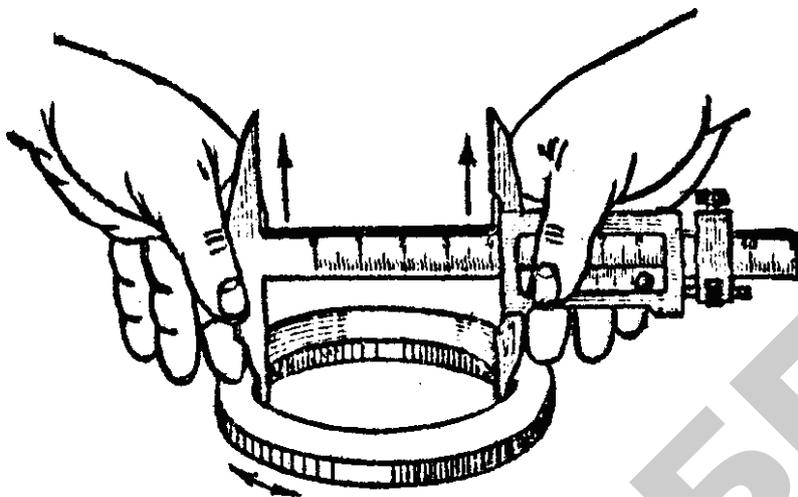


Рис. 1.2.9. Проверка на ощущение измерительного усилия при измерении большого внутреннего диаметра

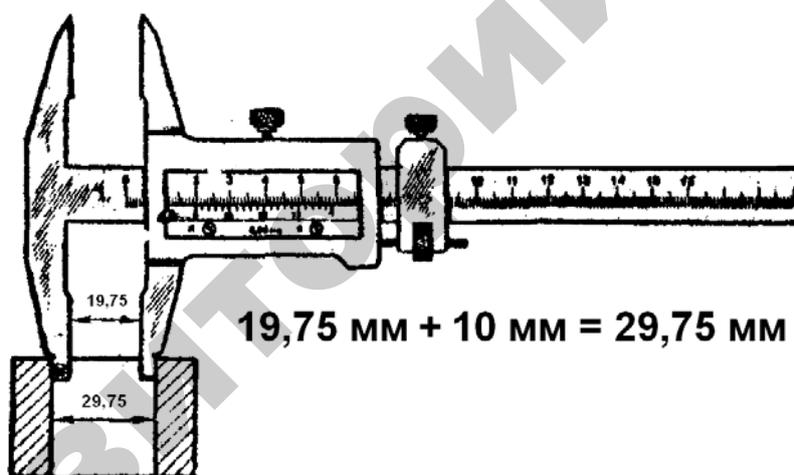


Рис. 1.2.10. Чтение показаний при внутренних измерениях

При измерении внутренних размеров штангенциркулем ШЦ-I, изображенном на рисунке 1.2.10, результат читается непосредственно по шкале с нониусом так же, как и при измерении наружных размеров. При измерении внутренних размеров штангенциркулем ШЦ-II к отсчету по нониусу прибавляют, как уже указывалось, размер толщины двух губок.

При отсчете размера нужно смотреть на шкалу под прямым углом, иначе неизбежны ошибки вследствие параллакса. Подобные ошибки часто встречаются на практике: чтобы лучше видеть шкалу, поворачивают инструмент и смотрят на него под углом, что дает значительную погрешность.

После окончания работы штангенциркуль надо протереть, смазать антикоррозионным составом, развести измерительные губки на 2–3 мм, ослабить зажимы рамки и инструмент положить в футляр.

Штангенцикуль цифровой

Электронные цифровые штангенциркули обеспечивают легкое считывание результатов измерений, что позволяет повысить качество и количество измерений, снижая при этом утомляемость пользователя, и это дает цифровым штангенциркулям значительное преимущество перед механическими. Штангенцикуль электронный ШЦЦ-I (рис. 1.2.11) предназначен для наружных и внутренних измерений, а также для измерения глубин. Пределы измерений штангенциркуля – 150 мм. Возможность измерения в мм и дюймах. Цена деления – 0,01 мм. Обладает функцией установки на 0 в любом положении. Влагопылезащитное исполнение штангенциркуля – IP45.



Рис. 1.2.11. Штангенцикуль электронный ШЦЦ-I

Высококачественные электронные штангенциркули ВМІ (рис. 1.2.12) соответствуют требованиям DIN862. Штангенцикуль оснащен губками для внутренних и наружных измерений и глубиномером для измерения глубин. Большой дисплей с индикацией измерений в мм и дюймах. USB разъем штангенциркуля позволяет выводить данные на внешний накопитель.



Рис. 1.2.12. Электронные штангенциркули ВМІ

Пределы измерений штангенциркуля ВМІ – 200 мм, 150 мм, цена деления – 0,01 мм, точность – $\pm 0,03$ мм. Длина губок штангенциркуля – 50 мм,

40 мм. Штангенциркуль ВМІ обладает функцией установки на 0 в любом положении. Штангенциркули ВМІ изготавливаются из нержавеющей стали. На измерительные поверхности штангенциркуля нанесено матовое хромо-вое покрытие.

Штангенглубиномер

Штангенглубиномер (рис. 1.2.13) служит для измерения глубин, выточек, канавок, уступов и т. д.

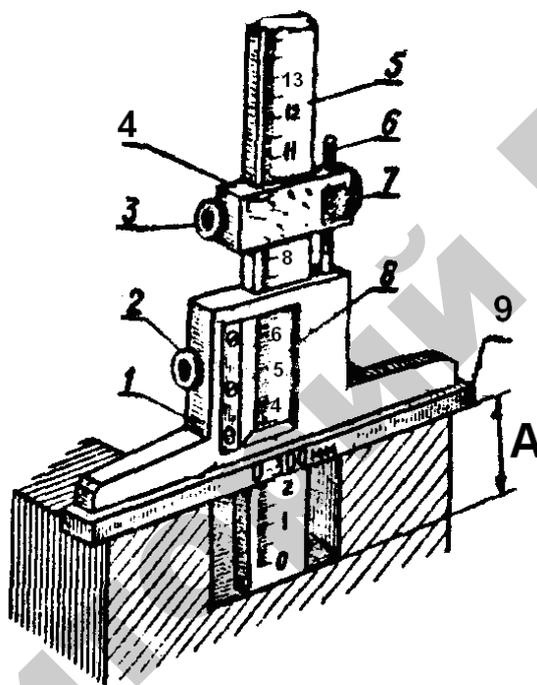


Рис. 1.2.13. Штангенглубиномер:

1 – рамка; 2, 3 – стопорные винты; 4 – хомутик; 5 – штанга; 6 – винт микроподачи; 7 – гайка микровинта; 8 – нониусная пластинка; 9 – основание (траверса)

Он отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге 5 неподвижных губок; неподвижные губки оформлены в виде опорного основания – траверсы 9 с плоскостью, расположенной перпендикулярно к направлению штанги, этой плоскостью штангенглубиномер устанавливают на измеряемый объект. У некоторых штангенглубиномеров штанга имеет Г-образный конец. Благодаря этому инструментом можно измерять не только глубины и длины деталей, но и буртики и заплечики.

Штангенглубиномеры изготавливаются трех типов: с пределами измерений 0–200 мм и 0–320 мм и ценой деления нониуса 0,05 мм и с пределами измерений 0–500 мм и ценой деления нониуса 0,1 мм.

Преимущество штангенглубиномера перед штангенциркулем заключается в соблюдении принципа последовательного расположения сличаемых величин (принцип Аббе), недостаток – в отсутствии достаточной уверенности в одновременном соприкосновении обеих измерительных поверхностей.

Измерительные поверхности штангенглубиномеров имеют шероховатость $R_a = 0,16-0,8$ мкм при цене деления нониуса 0,05 мм и $R_a = 0,32-0,16$ мкм при цене деления нониуса 0,1 мм.

Погрешности показаний штангенглубиномеров нормируются в пределах величины отсчета. Исключение составляют штангенглубиномеры с верхним пределом измерений 400 и 500 мм при цене деления нониуса 0,1 мм, для которых погрешность может составить $\pm 0,15$ мм.

Проверка штангенглубиномера перед работой

Проверяя штангенглубиномер, необходимо убедиться, что между измерительной поверхностью основания и плитой, на которой устанавливают инструмент, нет просвета, а нулевые штрихи шкал совпадают (рис. 1.2.14). Если они не совпадают, следует поправить нониусную пластинку.

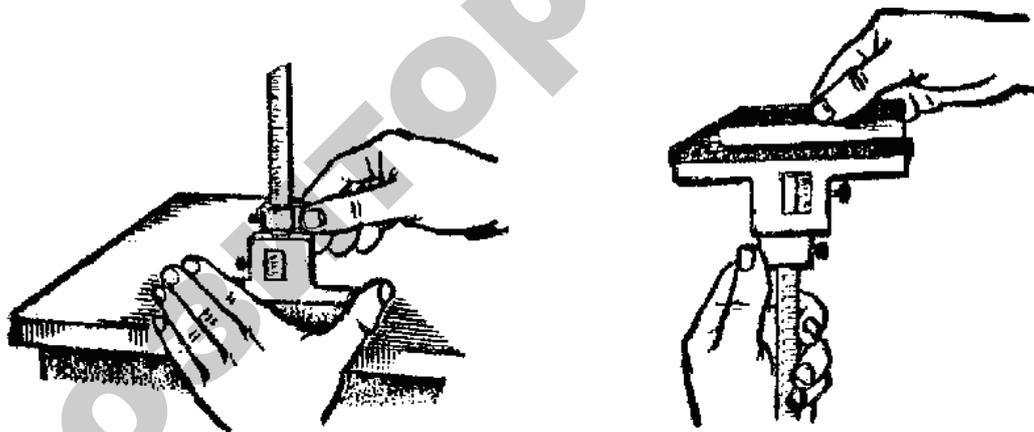


Рис. 1.2.14. Проверка нулевого положения штангенглубиномера

Требования к перемещению рамки и состоянию рабочих поверхностей аналогичны требованиям к штангенциркулю.

Измерение штангенглубиномером

Измерение размеров штангенглубиномером показано на рисунках 1.2.15, 1.2.16.

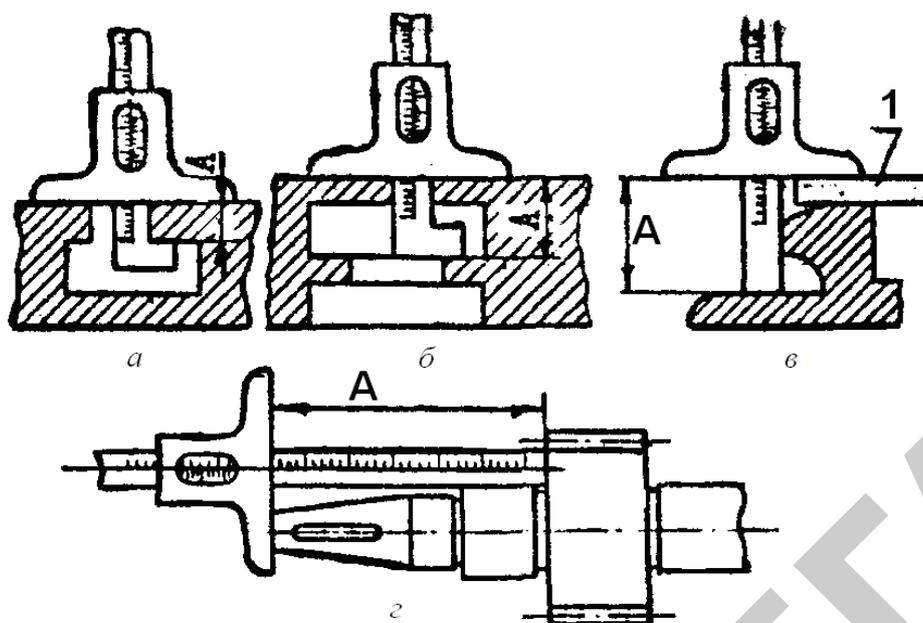


Рис. 1.2.15. Примеры применения штангенглубиномера для измерения у деталей:
а – буртиков; *б* – заплечиков; *в* – глубины; *г* – длины

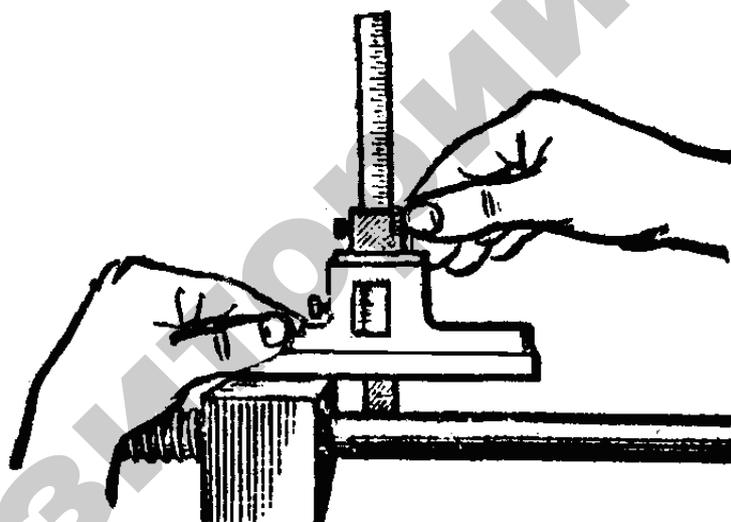


Рис. 1.2.16. Измерение штангенглубиномером

При отstopоренных зажимных винтах рамки и хомутика измерительные поверхности траверсы и штанги приводятся в неплотное соприкосновение с поверхностями измеряемой детали.левой рукой прижимают траверсу к базовой поверхности детали, а правой рукой доводят штангу до соприкосновения с измеряемой поверхностью. Затем правой рукой зажимается стопорный винт хомутика, и при помощи гайки микровинтовой пары осуществляется подача рамки с нониусом. После окончательной установки инструмента зажимается правой рукой стопорный винт рамки. Отсчет показаний производится так же, как и у штангенциркуля.

Штангенрейсмус

Штангенрейсмус (рис. 1.2.17) служит для разметки и измерения высот. Основными узлами и деталями его являются основание *б* с плоской опорной поверхностью, штанга *4* и перемещающаяся по штанге рамка *2* с нониусом. На кронштейне *1* рамки *2* закрепляются сменные измерительные ножки *8*, *9*, *10*. Ножка *8* имеет две измерительные поверхности, из которых верхняя (в виде ребра двухгранной призмы) служит для внутренних измерений (размер $M + q$), а нижняя – для наружных измерений (размер M).

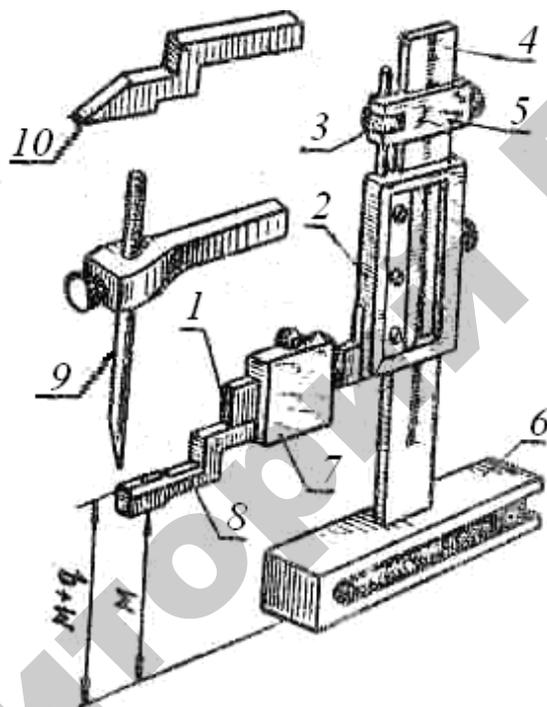


Рис. 1.2.17. Штангенрейсмус:

1 – кронштейн; *2* – рамка; *3* – гайка микровинта; *4* – штанга; *5* – хомутик;
б – основание; *7* – дополнительный хомутик; *8* – сменная измерительная ножка;
9 – ножка-глубиномер; *10* – разметочная ножка

Ножка *9* представляет собой державку, в которой закрепляются иглы различной длины. Иглами измеряют высоты в труднодоступных местах. Ножка *10* предназначена для разметки и измерения наружных размеров.

Нормы по шероховатости поверхностей у штангенрейсмуса такие же, как и у штангенглубиномеров. Они изготавливаются с верхними пределами измерений 200, 300, 500, 800 и 1000 мм и ценой деления нониуса 0,1 и 0,05 мм. Штангенрейсмусы с пределами измерений более 200 мм имеют прямые ножки, и поэтому нижний предел измерения у них равен не нулю, а 30–60 мм. Приспособление для микрометрической подачи рамки обязательно для всех

штангенрейсмусов. Погрешность показаний должна лежать в пределах цены деления нониуса.

Штангенрейсмус с индикаторным устройством

Штангенрейсмус с индикаторным устройством и установочным нониусом (рис. 1.2.18) предназначен для контроля и разметки деталей. На основании 12 штангенрейсмуса закреплена штанга 1, по которой перемещаются рамка 5 и хомутик 2.

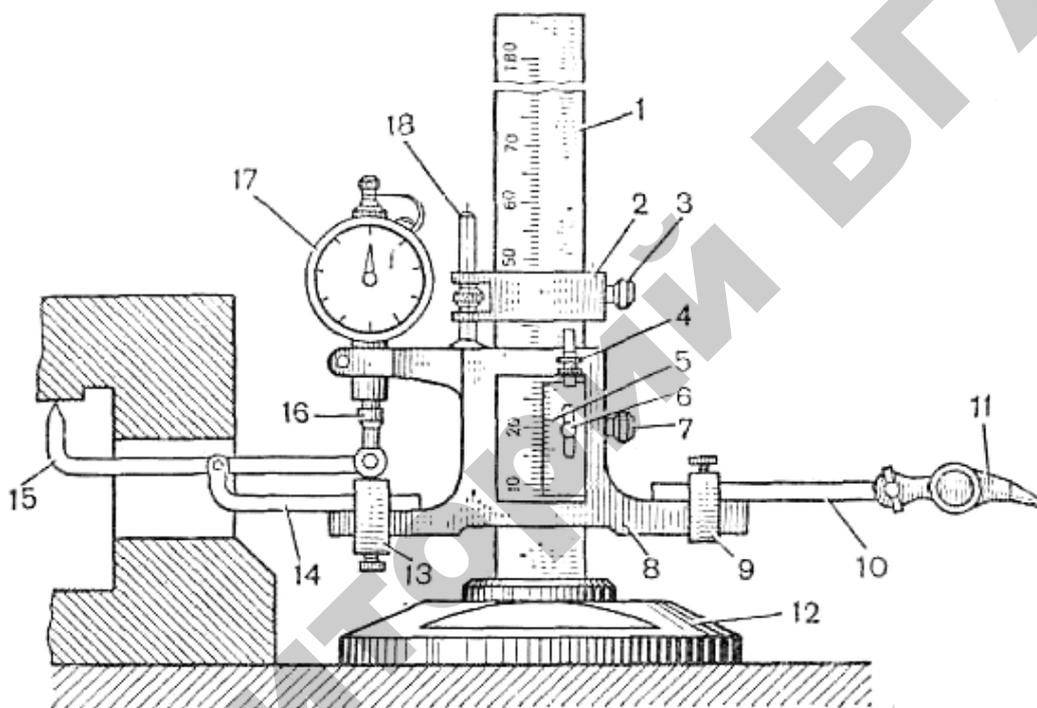


Рис. 1.2.18. Штангенрейсмус с индикаторным устройством

На одной губке рамки установлена и закреплена хомутиком 9 державка 10 с наконечником 11 для измерения наружных поверхностей. На другой губке закреплена хомутиком 13 державка 14 коромысла 15, предназначенного для измерения верхних закрытых полостей в деталях. Один конец коромысла представляет собой измерительный наконечник, а другой соединен с наконечником 16 индикатора 17.

При измерении деталей штангенрейсмус настраивают на заданный размер. Для этого хомутик 2 закрепляют винтом 3, после чего ослабляют винт 7 рамки 8, затем с помощью винта 18 рамку устанавливают на заданный размер и фиксируют винтом 7. Затем приступают к измерению. При необходимости винтом 4 регулируют положение нониуса 5 и фиксируют его винтом 6.

Проверка штангенрейсмуса перед работой

Чтобы предупредить грубые ошибки при подготовке штангенрейсмуса к измерению, надо при сборке ножку установить в державке ниже губки рамки (рис. 1.2.19), иначе ошибка измерения будет равна сумме толщин ножки и губки рамки.



Рис. 1.2.19. Расположение ножки в держателе

В зависимости от нижнего предела измерения и конструкции измерительной ножки существует два способа проверки:

– нижний предел измерения инструмента равен нулю. Установить прибор на плиту, закрепить ножку и опустить ее на плиту до соприкосновения (рис. 1.2.20а). В таком положении нулевые штрихи обеих шкал должны совпадать;

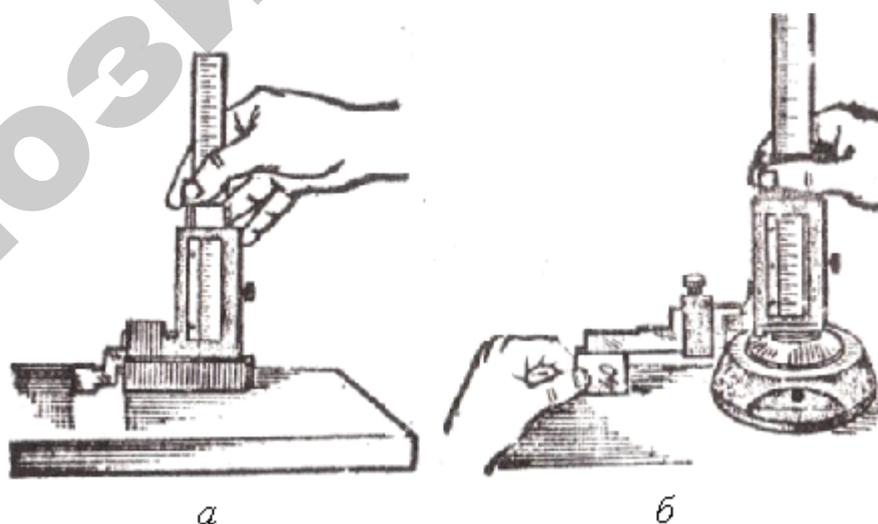


Рис. 1.2.20. Проверка нулевого положения штангенрейсмусов с пределами измерений:
а – 0–200 мм; б – 40–400 мм

– нижний предел измерения не равен нулю. В отличие от предыдущего способа проверки под ножку установить концевую меру, равную нижнему пределу измерения или незначительно превышающую его (рис. 1.2.20б). При этом прибор должен показать размер, равный установленной мере.

Разметка и измерение штангенрейсмусом

Примеры применения штангенрейсмуса для измерения высот и глубины приведены на рисунке 1.2.21, а приемы измерения высот и разметки – на рисунке 1.2.22.

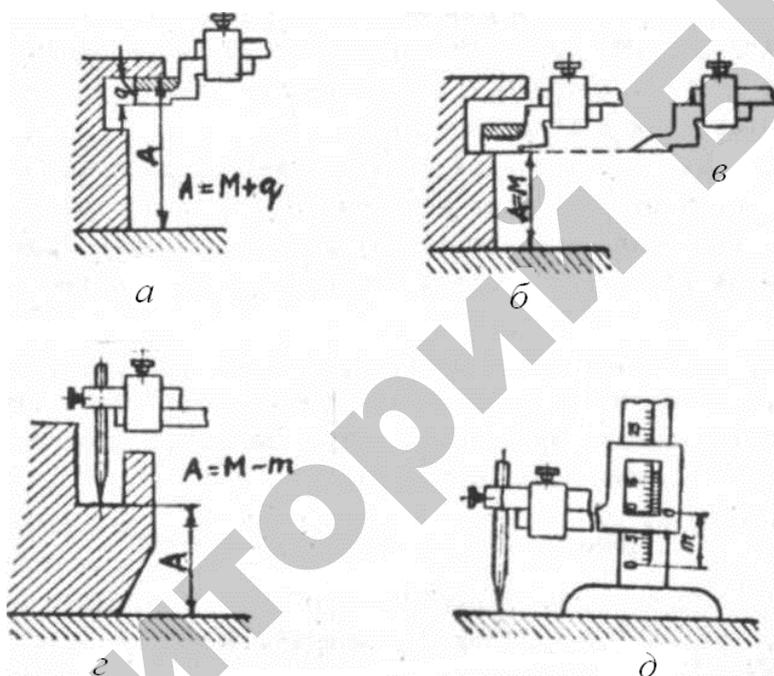


Рис. 1.2.21. Примеры применения штангенрейсмуса:
а, б, в – измерение высот; *г* – измерение глубины;
д – определение показания *т* при измерении глубины *А*

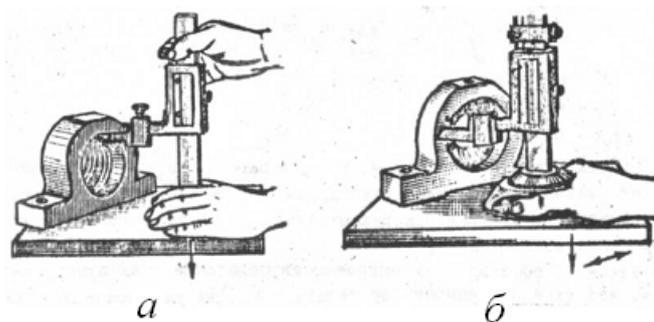


Рис. 1.2.22. Измерение и разметка штангенрейсмусом:
а – измерение высоты; *б* – разметка

Измеряемую деталь и штангенрейсмус устанавливают на поверочную плиту. При измерении высоты (рис. 1.2.22а) левой рукой прижимают основание инструмента к поверочной плите, а правой при помощи винта микроподачи доводят измерительную ножку до соприкосновения с поверхностью детали и стопорят рамку. При измерении высоты иглой, закрепленной в державке (рис. 1.2.21з), надо от показания инструмента M вычесть m (рис. 1.2.21д), что соответствует положению рамки, при котором острие иглы находится в одной плоскости с плоскостью основания.

Разметку на вертикальной поверхности (рис. 1.2.22б) производят острием разметочной ножки, перемещая правой рукой штангенрейсмус по плите вдоль размечаемой заготовки, при этом основание штангенрейсмуса слегка прижимают к плите.

Погрешности штангенинструментов

Основные погрешности штангенинструментов происходят от неточности делений штанги и нониуса, отсутствия плоскостности и параллельности измерительных поверхностей, невозможности обеспечить перпендикулярность измерительных поверхностей к направляющей грани штанги.

В конструкции штангенциркуля не соблюдается принцип последовательного расположения сличаемых величин (принцип Аббе). Вследствие этого на точность измерения оказывает сравнительно большое влияние отклонение от прямолинейности нижней направляющей штанги, по которой перемещается рамка.

Соответствующие погрешности определяются уравнением

$$y = x \frac{L_{\Gamma}}{l_p}, \quad (1.2.10)$$

где x – отклонение от прямолинейности штанги;

L_{Γ} – вылет губки;

l_p – длина рамки.

Отсюда следует, что чем меньше отношение $\frac{L_{\Gamma}}{l_p}$, тем меньше y , это лишний раз подтверждает преимущества одномиллиметрового деления штанги, так как при таком делении и обычных значениях рамка имеет большую длину.

Основной составляющей погрешности показаний всех штангенинструментов является погрешность от параллакса. Для уменьшения параллакса толщина кромки скоса нониуса не должна превышать 0,15 мм при цене деления нониуса 0,05 мм и 0,20 мм при цене деления нониуса 0,1 мм, а зазор между штангой и нониусом не должен превышать 0,07 и 0,09 мм.

Показания штангенинструментов с ценой деления нониуса $i = 0,05$ мм проверяют при помощи концевых мер 3-го класса точности. Штангенциркули с ценой деления нониуса 0,1 мм проверяют мерами 4-го класса. Проверка показаний производится как при закреплённой, так и при освобождённой рамке.

1.2.2. Микрометрические инструменты

Микрометрические инструменты являются универсальными измерительными средствами, широко применяемыми в машиностроении и ремонтном производстве.

К микрометрическим инструментам общего назначения относятся микрометр гладкий, микрометрический нутромер и микрометрический глубиномер. Эти инструменты применяются для измерения линейных размеров абсолютным методом.

Кроме указанных инструментов приборостроительные заводы выпускают специальные микрометры – листовые, трубные, зубомерные, с резьбовыми вставками и др.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов

В основе отсчетного устройства микрометрических инструментов лежит принцип действия микрометрической винтовой пары (винт–гайка). В этой паре осевое перемещение микровинта 2 (рис. 1.2.23) и соединённого с ним жёстко барабана 1 относительно неподвижной резьбовой втулки (гайки) 3 за каждый оборот барабана равно шагу микровинта.

Большинство микрометрических инструментов имеют шаг микрометрической пары, равный 0,5 мм.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из двух шкал (продольной и круговой) и двух указателей. На стебле 4 нанесена продольная линия с двумя рядами штрихов (длина деления – 1 мм), расположенных по обе стороны от линии и сдвинутых относительно друг друга на 0,5 мм. Оба ряда штрихов образуют, таким образом, одну продольную шкалу с ценой деления 0,5 мм, равной шагу микровинта.

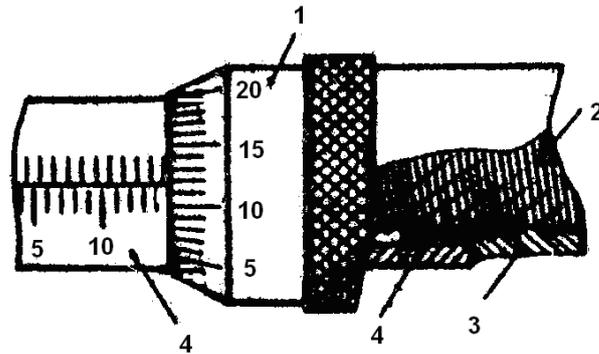


Рис. 1.2.23. Отсчетное устройство и принцип его действия:
1 – барабан; 2 – микровинт; 3 – резьбовая втулка (гайка); 4 – стембель

На коническом срезе барабана 1 нанесена круговая шкала, имеющая 50 делений (при шаге винта 0,5 мм). Круговая шкала обычно имеет длину деления 0,75–1 мм или в угловых единицах $7^{\circ}12'$. Таким образом, поворот барабана на одно деление соответствует осевому перемещению микровинта 2 на величину:

$$i = \frac{t}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ (мм)},$$

где i – цена деления круговой шкалы, мм;

t – шаг микровинта, мм;

n – число делений круговой шкалы.

Отсчет показаний микрометрических инструментов

По продольной шкале стембля отсчитывают целые миллиметры (группа штрихов с цифрами) и 0,5 мм (группа штрихов без цифр). Указателем для этой шкалы является край конического среза барабана. По круговой шкале отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра. Указателем для этой шкалы является продольная линия, нанесенная на стембле 4.

Примеры отсчета показаны на рисунке 1.2.24.

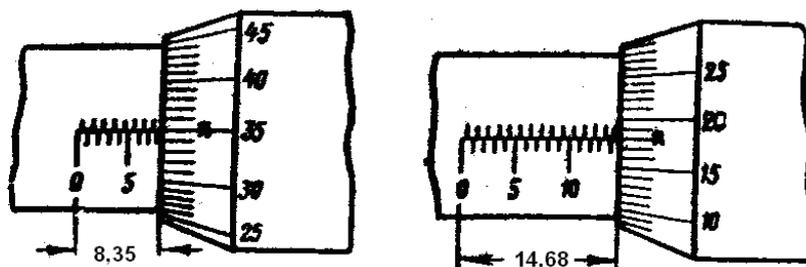


Рис. 1.2.24. Примеры отсчета по шкалам микрометра

На рисунке 1.2.24 видно, что показания равны $8 + 0,35 = 8,35$ мм и $14 + 0,5 + 0,18 = 14,68$ мм. Часто при изучении отсчетного устройства микрометрических инструментов возникают затруднения – учитывать или не учитывать показавшийся у края барабана штрих продольной шкалы. Это бывает, в основном, в тех случаях, когда число сотых близко к 50 или к 0.

Во избежание ошибок следует помнить, что показавшийся штрих продольной шкалы учитывают тогда, когда нулевой штрих круговой шкалы не перешел (у микрометра) или перешел (у микрометрического нутромера) продольную линию на стебле (при вращении микровинта по часовой стрелке у микрометра и против часовой стрелки у микрометрического нутромера). У микрометрического глубиномера показавшийся штрих продольной шкалы учитывается, если нулевой штрих круговой шкалы перешел продольную линию на стебле при вращении микровинта по часовой стрелке.

В противном случае, соответственно для всех трех видов микрометрических инструментов, показавшийся штрих продольной шкалы не учитывается.

Микрометр гладкий

Микрометр гладкий типа МК служит для измерений наружных размеров с точностью 0,01 мм. Микрометры изготавливают со следующими пределами измерения: 0–25; 25–50; 50–75; 75–100; 100–125; 125–150; 150–175; 175–200; 200–225; 225–250; 250–275; 275–300; 300–400; 400–500 и 500–600 мм.

Микрометр гладкий (рис. 1.2.25) состоит из скобы 1, в которую с одной стороны запрессована пятка 2 с измерительной поверхностью *a*, с другой стороны – стембель 3.

Правый конец стебля имеет внутреннюю цилиндрическую и наружную коническую резьбу. На всей длине резьбы стембель имеет три равномерно расположенных продольных прореза. По внутренней резьбе стебля перемещается микрометрический винт 4 с измерительной поверхностью *б*. На наружную коническую резьбу стебля навинчивается гайка 5, с помощью которой можно стягивать внутреннюю резьбу стебля и тем самым регулировать возникновение в процессе износа резьбы осевого люфта микровинта относительно внутренней резьбы стебля. На стембель надевается барабан 6, жестко соединенный с микрометрическим винтом при помощи установочного колпачка 7.

Для обеспечения постоянства измерительной силы микрометр имеет специальное устройство – так называемую трещотку. Устройство трещотки следующее: в торце установочного колпачка 7 просверлено глухое отверстие, куда вставляются пружина 8 и штифт 9 со скошенным торцом.

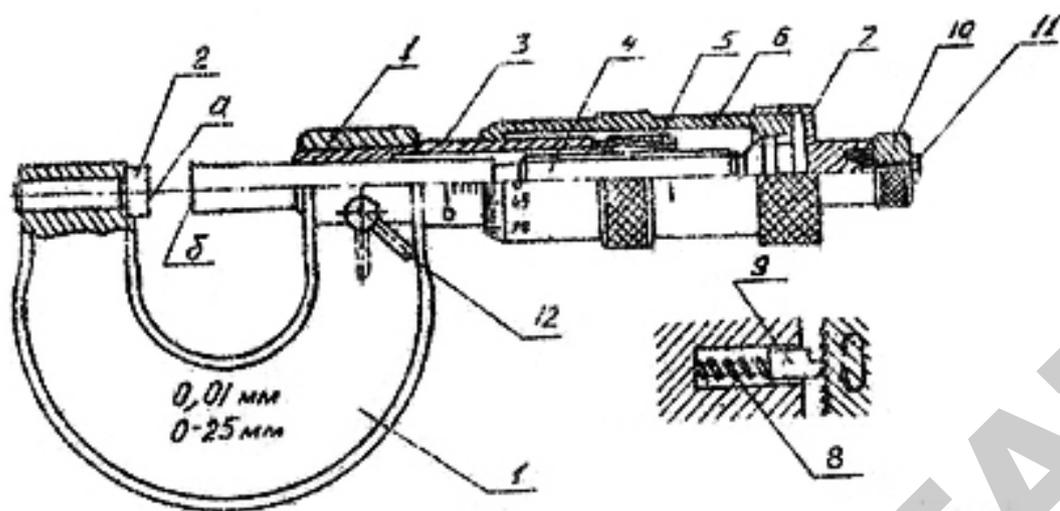


Рис. 1.2.25. Микрометр гладкий:
a, б – измерительные поверхности;
 1 – скоба; 2 – пятка; 3 – стембель; 4 – микрометрический винт;
 5 – контргайка; 6 – барабан; 7 – установочный колпачок; 8 – пружина;
 9 – штифт; 10 – храповик; 11 – винт; 12 – стопор

К установочному колпачку при помощи винта 11 крепится храповик 10, между зубчиками которого входит штифт.

При вращении храповика по часовой стрелке одновременно будет вращаться и поступательно перемещаться и микрометрический винт. Когда измерительная поверхность микрометрического винта коснется изделия, винт остановится и перестанет вращаться. При дальнейшем вращении храповика штифт опустится, и храповик начнет вращаться вхолостую с характерным треском, не вращая микрометрического винта. Пружина трещотки обеспечивает постоянство измерительной силы в пределах 7 ± 2 Н.

Вращать микрометрический винт разрешается только за наружную поверхность храповика.

Для фиксации микровинта в требуемом положении при чтении показаний микрометра, при необходимости сохранить замеренный размер, при установке микрометра на требуемый размер и при настройке микрометра на нуль предусмотрен стопор 12.

Микрометры гладкие могут отличаться друг от друга различным оформлением приспособления для стабилизации измерительного усилия, стопорного устройства и устройства для установки микрометра на нуль. Основной составной частью всех микрометрических инструментов является микрометрическая головка, включающая в себя микровинт в сборе со стемблем (гайкой), барабаном и трещоткой.

Проверка микрометра гладкого перед работой

Перед началом измерений необходимо произвести осмотр и проверить качество сборки микрометра. На измерительных поверхностях, стебле и скошенной части барабана микрометра не допускаются забоины, царапины, следы коррозии и другие дефекты, влияющие на точность измерения. Вращая микровинт за трещотку, переместить его несколько раз в обе стороны. Барабан должен плавно и не слишком туго перемещаться вдоль стебля (без трения об него), а микровинт не должен иметь ощутимой качки и осевого люфта. Проверить действие трещотки и стопора в различных положениях микровинта. При зажатом стопоре микровинт не должен вращаться под действием нормального усилия, создаваемого трещоткой.

Проверить установку микрометра на нуль. Для микрометра с пределами измерений 0–25 мм проверка производится на нулевом делении продольной шкалы, а для микрометров с пределами измерений 25–50, 50–75 мм и т. д. – на делении нижнего предела (25, 30 мм и т. д.) при помощи специальной концевой меры (установочной меры), прилагаемой к микрометру.

Вращением микровинта за трещотку привести в соприкосновение измерительные поверхности микровинта и пятки (у микрометров с пределами измерения 0–25 мм) или в соприкосновение с установочной мерой (у микрометров с пределами измерения 50–75, 75–100 мм и т. д.) (рис. 1.2.26).

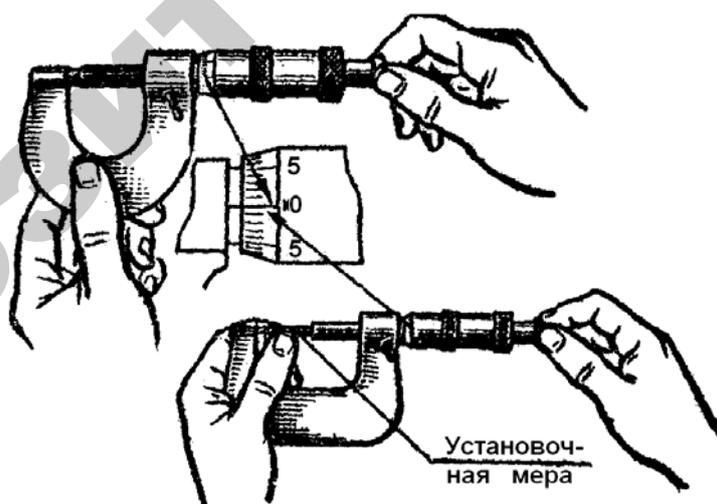


Рис. 1.2.26. Проверка нулевого положения микрометра

Вращение прекратить после трех-четырех щелчков трещотки, при этом край конического среза барабана должен установиться так, чтобы штрих начального деления продольной шкалы (0, 25, 50 мм и т. д.) был полностью

виден, а нулевое деление круговой шкалы барабана совпало с продольной линией на стебле (рис. 1.2.26).

Микрометр считается настроенным на нуль, если несовпадение нулевого деления круговой шкалы не превышает 0,5 ее длины деления. При большем несовпадении (рис. 1.2.27) микрометр необходимо установить на нуль.

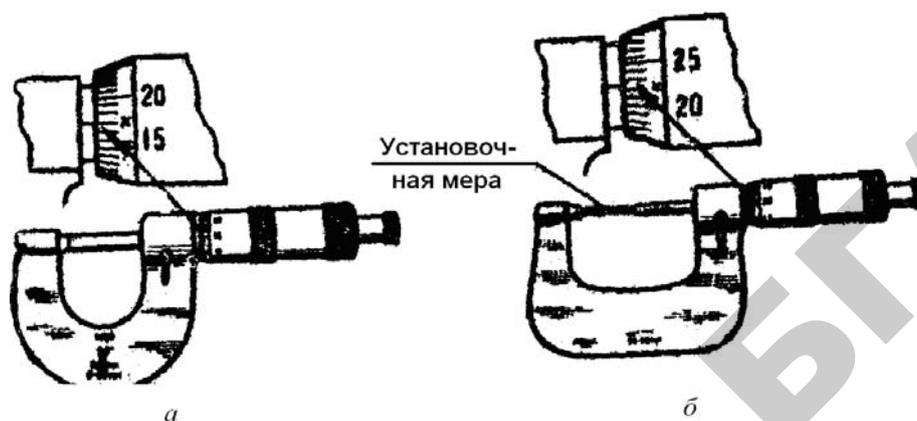


Рис. 1.2.27. Неправильное нулевое положение микрометра:
а – с пределами измерения 0–25 мм; б – с пределами измерения 25–50, 50–75 мм и т. д.

Для этого, застопорив микрометрический винт (при сведенных измерительных поверхностях микрометра или с установочной мерой), придерживая левой рукой за накатной выступ барабана 1, отвернуть правой рукой установочный колпачок 2 на 0,5–1 оборот (рис. 1.2.28).

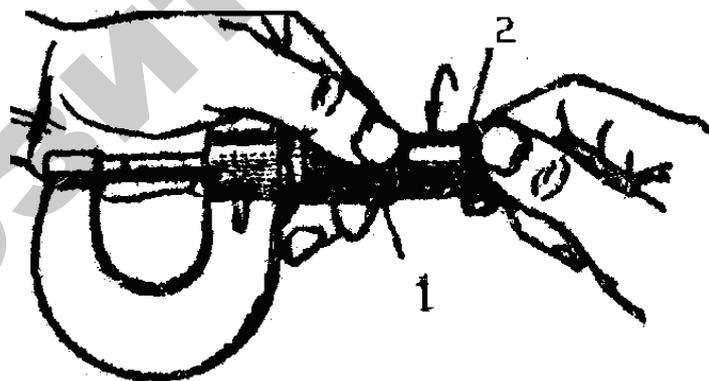


Рис. 1.2.28. Отсоединение барабана от микровинта:
1 – барабан; 2 – установочный колпачок

Затем, повернув свободно сидящий на стебле барабан до совпадения нулевого штриха круговой шкалы с продольной линией на стебле и придерживая барабан за накатной выступ, снова закрепляют барабан установочным колпачком (рис. 1.2.29).

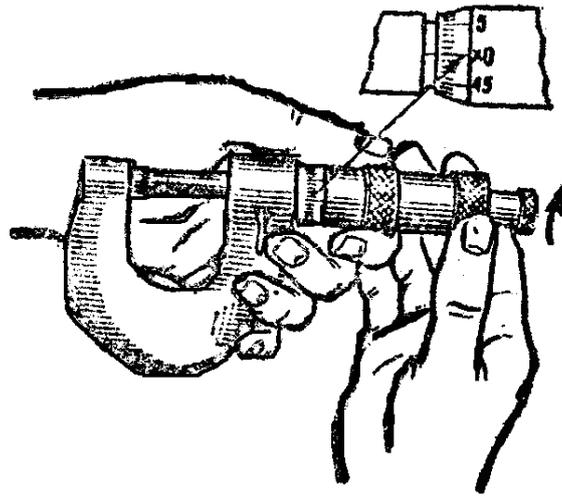


Рис. 1.2.29. Установка барабана и закрепление его

Следует иметь в виду, что при затягивании установочного колпачка настройка на нуль может нарушиться, поэтому необходимо снова проверить ее и в случае необходимости восстановить.

Измерение микрометром гладким

Перед измерением устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, вращая микровинт за трещотку и не забыв его отстопорить. Затем, слегка прижимая пятку к измеряемой поверхности, доводят с помощью трещотки микровинт до соприкосновения с измеряемой поверхностью. Как только измерительные поверхности микрометра коснутся детали, производят легкие покачивания микрометра во взаимно перпендикулярных плоскостях с одновременной работой трещотки (3–4 щелчка). Это позволяет найти наименьший размер в сечении измеряемой детали и тем самым исключить ошибки, вызванные неправильным положением инструмента. При измерении микрометром диаметра цилиндрической детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 1.2.30а), а при измерении расстояния между параллельными плоскостями линия измерения должна быть им перпендикулярна (рис. 1.2.30б). После последнего щелчка трещотки стопорят микровинт и читают показание.

Следует помнить, что трещотку необходимо вращать плавно, без рывков, особенно в момент приближения измерительной поверхности микровинта к детали. Иначе микровинт, продвигаясь вдоль оси по инерции, может создать измерительную силу на контролируемую поверхность больше установленной, увеличив тем самым погрешность измерения.

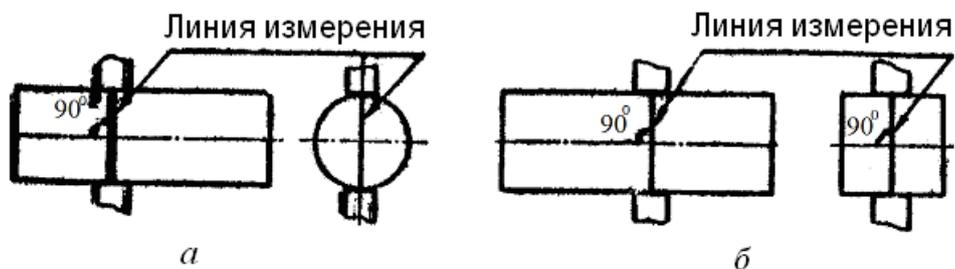


Рис. 1.2.30. Положение измерительных поверхностей микрометра относительно измеряемых поверхностей:
a – при измерении цилиндрической детали; *б* – при измерении плоской детали

Следует также помнить, что при чтении показаний микрометр необходимо держать прямо перед глазами во избежание искажений результатов измерений.

На рисунках 1.2.31–1.2.33 показаны различные приемы измерения микрометром гладким.

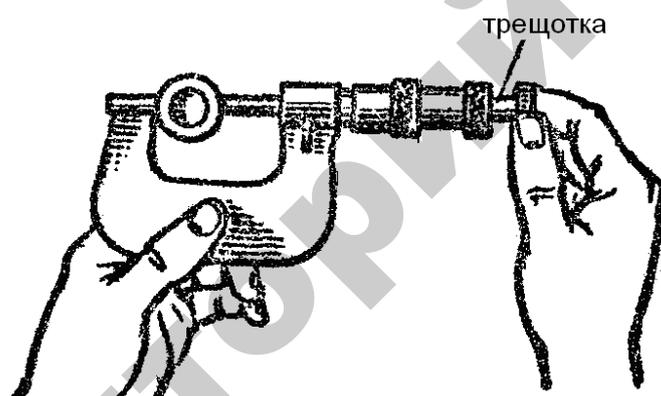


Рис. 1.2.31. Измерение при горизонтальном положении оси микрометра

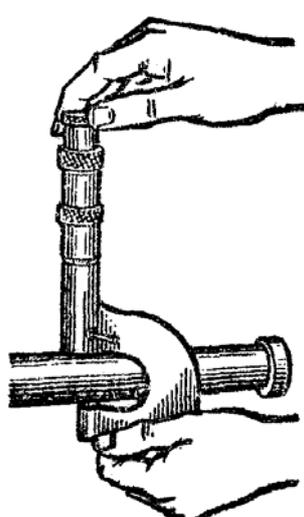


Рис. 1.2.32. Измерение при вертикальном положении оси микрометра

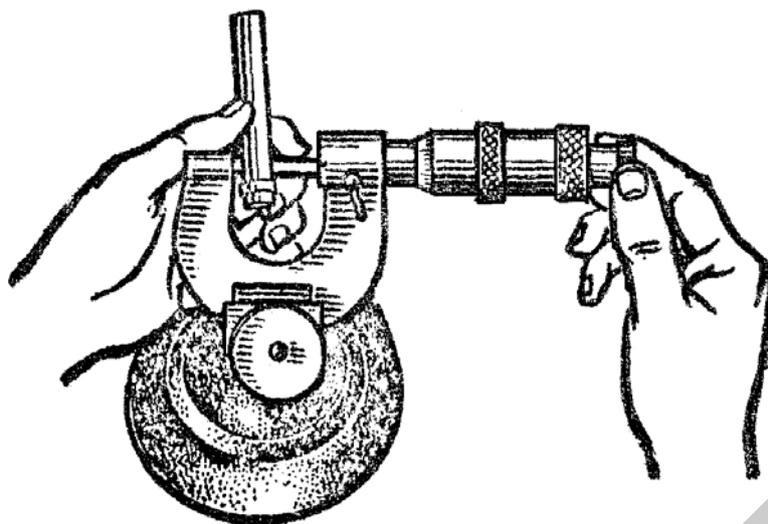


Рис. 1.2.33. Измерение микрометром, закрепленным в стойке

Гладкие электронные микрометры

Микрометры гладкие типа МКЦ (рис. 1.2.34) предназначены для измерения наружных размеров изделий. Микрометры оснащены электронным цифровым отсчетным устройством, более удобным и быстрым при считывании показаний, а также позволяющим проводить относительные измерения за счет установки нулевого значения на любом размере в диапазоне измерений.



Рис. 1.2.34. Микрометр гладкий типа МКЦ

Особенности электронного блока:
– кнопочное управление;

- метрическая и дюймовая системы исчисления;
- кнопка выключения/автоматическое отключение;
- установка абсолютного нуля;
- абсолютные и относительные измерения;
- установка пределов допуска;
- классифицированное измерение;
- функция удержания данных на экране;
- разъем для вывода данных.

У микрометров гладких типа МКЦМ (рис. 1.2.35) отсчет производится по шкалам стебля и барабана, а также дополнительной шкале барабанного типа; цифрам механических бегунков, расположенным на стебле микрометрической головки, что облегчает считывание.



Рис. 1.2.35. Микрометр гладкий типа МКЦМ

Микрометрический нутромер

Микрометрический нутромер (штихмас) типа НМ служит для измерений внутренних размеров свыше 50 мм с точностью 0,01 мм. Микрометрические нутромеры изготавливают с пределами измерений 50–75; 75–175; 75–600; 150–1250; 800–2500; 1050–4000; 2300–6000; 4000–10 000 мм. Наибольшее распространение получили микрометрические нутромеры с пределами измерения 75–175 и 75–600 мм. Микрометрический нутромер (рис. 1.2.36) состоит из трех узлов: измерительного наконечника сменного *1*, микрометрической

головки 2 и удлинителей 3. Основным узлом нутромера является микрометрическая головка. В комплект нутромера входит установочная мера 4 в виде скобы, по которой производится установка инструмента на нуль.

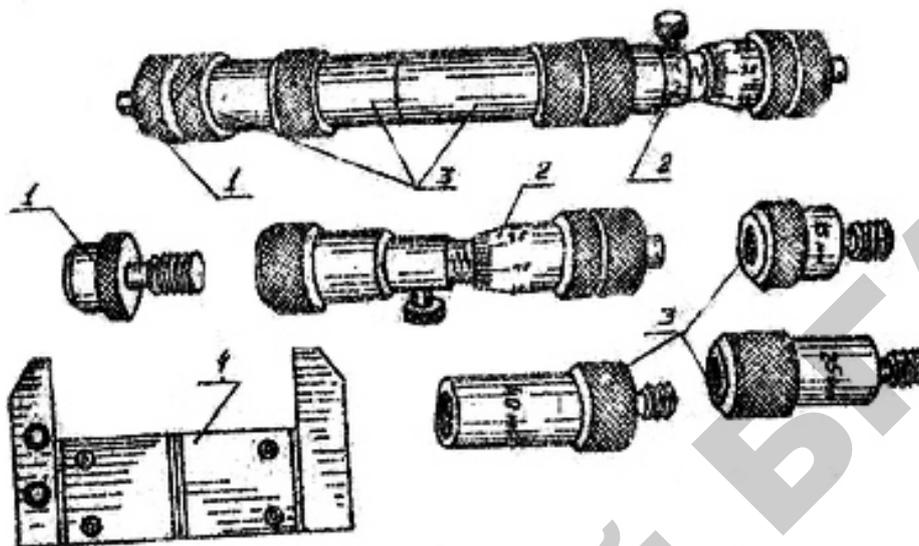


Рис. 1.2.36. Микрометрический нутромер:
1 – наконечник сменный; 2 – микрометрическая головка;
3 – удлинители; 4 – установочная мера

Микрометрическая головка нутромера конструктивно несколько отличается от микрометрической головки микрометра гладкого. Она не имеет трещотки, поэтому плотность соприкосновения при измерении определяется на ощупь, а вместо трещотки микровинт оканчивается измерительной поверхностью. Ход микровинта головки равен 13 или 25 мм. Таким образом, диапазон измерений микрометрической головки нутромера может быть 13 мм (при измерении размеров до 600 мм) или 25 мм (при измерении размеров свыше 600 мм). Например, для головки длиной 75 мм (в этот размер входит длина сменного наконечника) нижний предел измерения составляет 75 мм при нулевом положении барабана, а верхний (без удлинителей) $75 + 13 = 88$ (мм) при вывернутом до предела барабане. Верхний предел измерения нутромером можно увеличить, применяя специальные удлинители 3.

Для обеспечения требуемых пределов измерения микрометрические нутромеры выпускаются наборами (рис. 1.2.36). Так, в набор нутромера с пределами измерения 75–175 мм кроме микрометрической головки длиной 75 мм входят три удлинителя равной длины (13, 25 и 50 мм). К нутромеру прилагается таблица, составленная заводом-изготовителем, которая облегчает подбор удлинителей.

Проверка микрометрического нутромера перед работой

Проверка микрометрического нутромера перед работой осуществляется в той же последовательности, что и микрометра гладкого. Однако имеется и некоторое отличие, вызванное конструктивными особенностями нутромера. Это касается настройки нутромера на нуль.

Для проверки нулевой установки (рис. 1.2.37) установочная мера *1* крепится к футляру *4* в вертикальном положении. В нижней части меры имеется два отверстия. Одним отверстием мера надевается на штифт *6* в металлической планке футляра, а через другое отверстие ввертывается в ту же планку винт *5*, который плотно прижимает меру к планке.

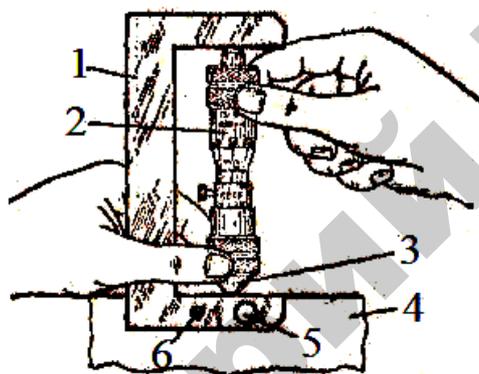


Рис. 1.2.37. Проверка нулевой установки микрометрического нутромера:
1 – установочная мера; *2* – микрометрическая головка; *3* – наконечник сменный;
4 – футляр; *5* – винт; *6* – штифт

Микрометрическая головка *2* в сборе со сменным наконечником *3* ставится между рабочими поверхностями установочной меры, причем измерительная поверхность сменного наконечника прижимается левой рукой к нижней рабочей поверхности меры.

Правой рукой, придерживая за накатную часть барабана и покачивая верхнюю часть головки во взаимно перпендикулярных направлениях, одновременно поворачивают барабан, находя кратчайшее расстояние между рабочими поверхностями меры. Измерительные поверхности головки (при качании ее в обоих направлениях) должны касаться рабочих поверхностей меры с легким трением.

После этого микровинт стопорят и головку вынимают из меры. Если нулевое деление круговой шкалы барабана не совпадает с продольным штрихом стебля, то, придерживая левой рукой за накатный выступ барабана, отворачивают правой рукой установочный колпачок (на нем в торце выгравиро-

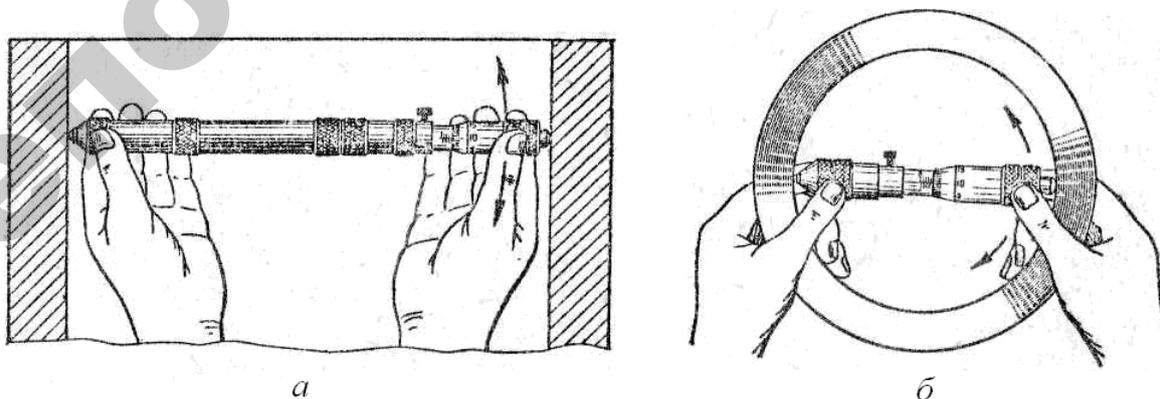
ваны тип и номер нутромера) на 0,5–1 оборот. Затем, повернув свободно сидящий на стебле барабан до совпадения нулевого штриха круговой шкалы с продольной линией на стебле и придерживая барабан за накатный выступ, снова закрепляют барабан установочным колпачком. После чего следует снова проверить нулевую установку и в случае необходимости повторить ее.

Измерение микрометрическим нутромером

После установки микрометрической головки на нуль, если размер измеряемого отверстия выходит за пределы измерения самой головки (например, за пределы 75–88 мм), сменный наконечник вывертывается из стебля и к стеблю присоединяется необходимое количество удлинителей согласно прилагаемой к нутромеру таблице порядка подбора.

При использовании головки с несколькими удлинителями микрометрический нутромер собирают в следующем порядке: сначала на головку навинчивают удлинитель больших размеров, а потом меньших. После этого микрометрический нутромер устанавливают на размер несколько меньше проверяемого, вращая микровинт за накатную часть барабана, и, не забыв его отстопорить, вводят в измеряемую деталь.

Измерительную поверхность наконечника упирают в поверхность отверстия, а головкой при одновременном подвинчивании микровинта за накатную часть барабана и покачивании в двух взаимно перпендикулярных направлениях добиваются касания (с легким трением) с противоположной стороной отверстия, находя, таким образом, размер в нормальном сечении детали (рис. 1.2.38). После этого стопорят микровинт, вынимают нутромер из детали и читают показание.



*Рис. 1.2.38. Измерение микрометрическим нутромером:
а – покачивание в осевом направлении; б – в поперечном направлении*

Примеры чтения показаний (при использовании головки длиной 75 мм) приведены на рисунке 1.2.39 (в отличие от микрометра при отсчете размера к сумме показаний продольной и круговой шкал следует добавлять длину головки и длину удлинителей (если они используются)).

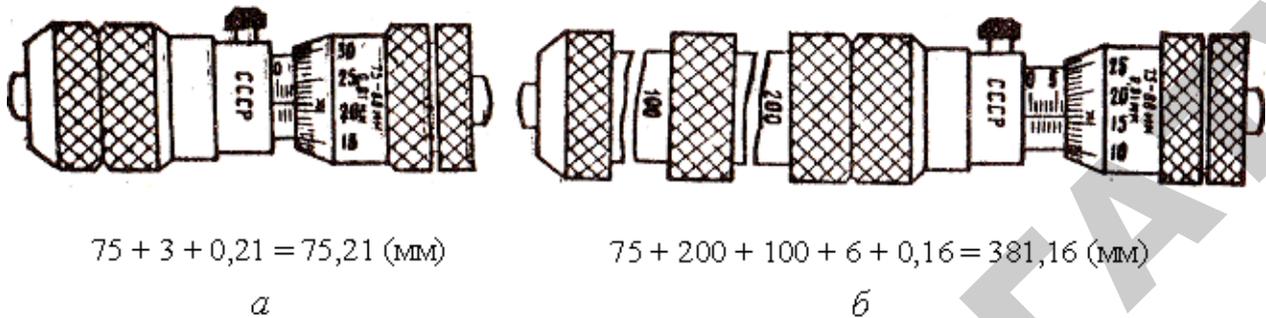


Рис. 1.2.39. Чтение показаний:
a – измерение без удлинителей; *б* – измерение с удлинителями

При измерении цилиндрического отверстия (рис. 1.2.40*a*) линия измерения должна быть наибольшим размером в плоскости, перпендикулярной оси отверстия, и наименьшим размером в плоскости, проходящей через ось. При измерении расстояния между параллельными плоскостями (рис. 1.2.40*б*) линия измерения должна быть наименьшим размером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

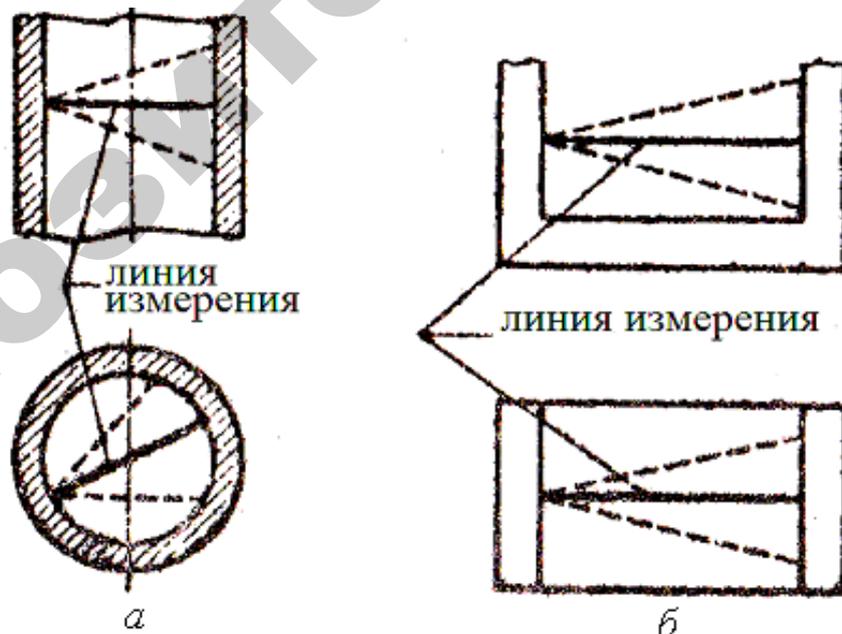


Рис. 1.2.40. Положение измерительных поверхностей микрометрического нутромера:
a – измерение цилиндрического отверстия;
б – измерение расстояния между плоскими поверхностями

Нутромеры микрометрические трехточечные

Для измерения особо точных проходных, глухих отверстий, центрирующих кромок используют нутромеры трехточечные. Отличие трехточечных микрометрических нутромеров от обычных нутромеров состоит в том, что в процессе измерения контакт измерительной головки с поверхностью измеряемой детали осуществляется по трем точкам. Это позволяет производить измерения с большей точностью, поэтому трехточечные нутромеры, как правило, имеют цену деления не более 0,005 мм.

Нутромеры трехточечные типа НМТ, с реализованной с помощью микрометрической шкалы стебля и барабана системой считывания значений, представлены на рисунке 1.2.41.



Рис. 1.2.41. Нутромер трехточечный типа НМТ

Считывание значений у электронных нутромеров трехточечных типа НМТЦ (рис. 1.2.42) происходит с помощью цифрового индикатора системы. Головка у этих нутромеров – самоцентрирующаяся. Они применяются для абсолютных и относительных измерений.

Микрометрический глубиномер

Микрометрический глубиномер типа ГМ служит для измерения глубины пазов, отверстий и высот уступов до 150 мм с точностью 0,01 мм.

Микрометрические глубиномеры изготавливают двух типов: с пределами измерения 0–100 и 0–150 мм, устанавливаемых с помощью сменных измерительных стержней.



Рис. 1.2.42. Нутромер трехточечный типа НМТЦ

Микрометрический глубиномер (рис. 1.2.43) состоит из основания 1, микрометрической головки (с трещоткой) 2 и стопора 3. Ход микровинта у глубиномера и диапазон измерения по шкале головки, как и у микрометров, составляет 25 мм.

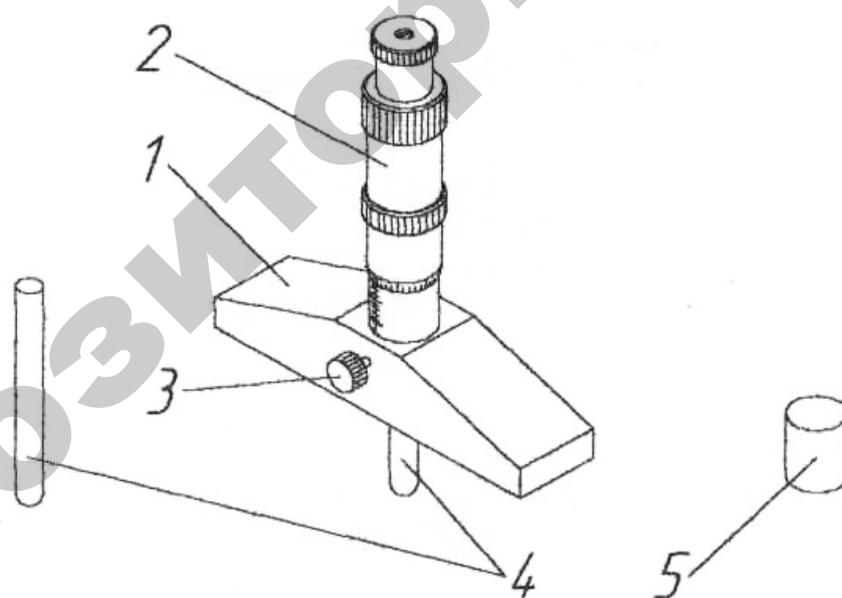


Рис. 1.2.43. Микрометрический глубиномер:
1 – основание; 2 – микрометрическая головка; 3 – стопор;
4 – сменные измерительные стержни; 5 – установочная мера

Конструктивной особенностью головки глубиномера является наличие цилиндрического гнезда в нижнем конце микровинта для установки сменных измерительных стержней 4.

В остальном головка глубиномера конструктивно не отличается от головки микрометра. Для глубиномера с пределами измерения 0–100 мм четыре сменных стержня выполняют для измерения следующих размеров (выгравированных на боковых поверхностях стержней): 0–25, 25–50, 50–75 и 75–100. Для глубиномера с пределами измерения 0–150 мм к четырем указанным стержням добавляется еще два для измерения размеров 100–125 и 100–150 мм.

Размеры между торцами стержней выдержаны очень точно: по существу эти стержни являются концевыми мерами длины, поэтому наружный конец стержня является одной измерительной поверхностью инструмента. Второй измерительной поверхностью является нижняя поверхность основания 1. Глубиномеры отличаются от других микрометрических инструментов продольной шкалой, имеющей обратный отсчет (шкала кончается нулем), и круговой шкалой (шкала имеет обратное направление).

Проверка микрометрического глубиномера перед работой

Проверка микрометрического глубиномера перед работой осуществляется в той же последовательности, что и микрометра гладкого.

Проверка нулевой установки глубиномера обычно делается по самому короткому сменному стержню (0–25 мм). Барабан микрометрической головки вывертывают до тех пор, пока измерительный стержень не утонет в отверстии основания. Затем, прижав одной рукой основание к контрольной плите или стеклянной пластине, другой рукой, вращая трещотку, приводят измерительную поверхность в соприкосновение с плитой или пластиной (рис. 1.2.44а).

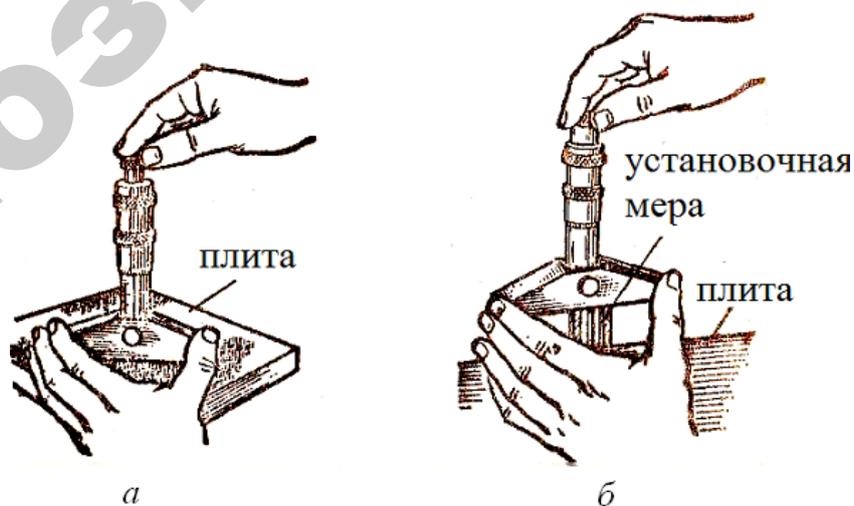


Рис. 1.2.44. Проверка нулевого положения микрометрического глубиномера:
а – пределы измерения 0–25 мм; б – пределы измерения более 25 мм

Застопорив микровинт, проверяют положение нулевого штриха круговой шкалы барабана. Если нулевая установка нарушена, то ее восстанавливают таким же образом, как и у микрометра.

Если с глубиномером соединены стержни для измерения размеров в пределах 25–50 и 50–75 мм, то для установки на нуль в этом случае можно использовать установочную меру (в виде втулки), входящую в комплект глубиномера. Порядок установки остается прежним, но основание в данном случае прижимают к торцу установочной меры, поставленной на контрольную плиту или стеклянную пластину (рис. 1.2.44б).

В зависимости от длины стержня проверка нулевой установки производится или по нулевому штриху продольной шкалы, или по штриху, соответствующему 25 мм.

При смене стержня нулевая установка не должна нарушаться.

Измерение микрометрическим глубиномером

Измерения микрометрическим глубиномером выполняют следующим образом.левой рукой прижимают основание глубиномера к поверхности детали (к измерительной базе), а правой рукой вращают барабан микрометрической головки за трещотку. После совмещения торца измерительного стержня глубиномера с поверхностью детали, до которой измеряется размер, и трех-четырех щелчков трещотки стопорят микровинт и читают показание (рис. 1.2.45), не забывая при этом, что шкалы глубиномера, в отличие от микрометра, имеют обратный отсчет.

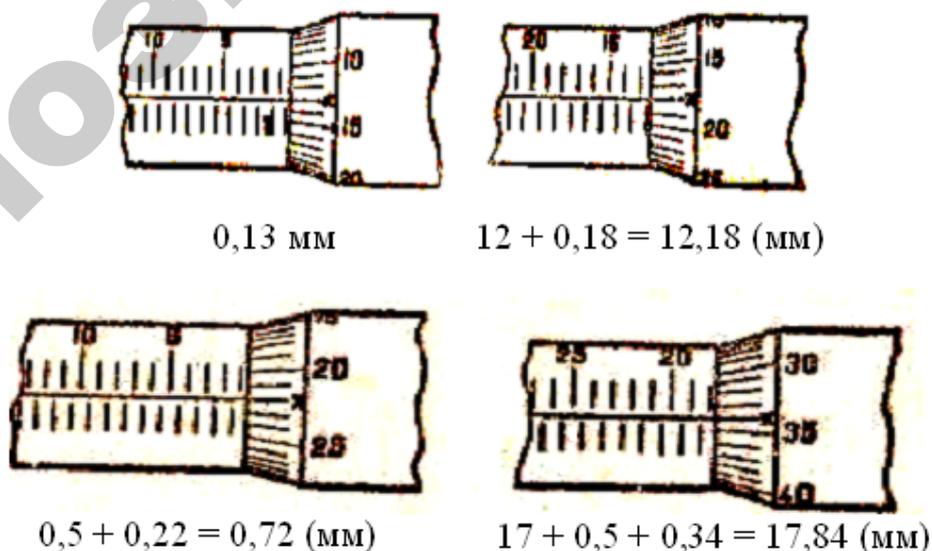


Рис. 1.2.45. Чтение показаний микрометрического глубиномера

Приемы измерений различных элементов деталей показаны на рисунке 1.2.46.

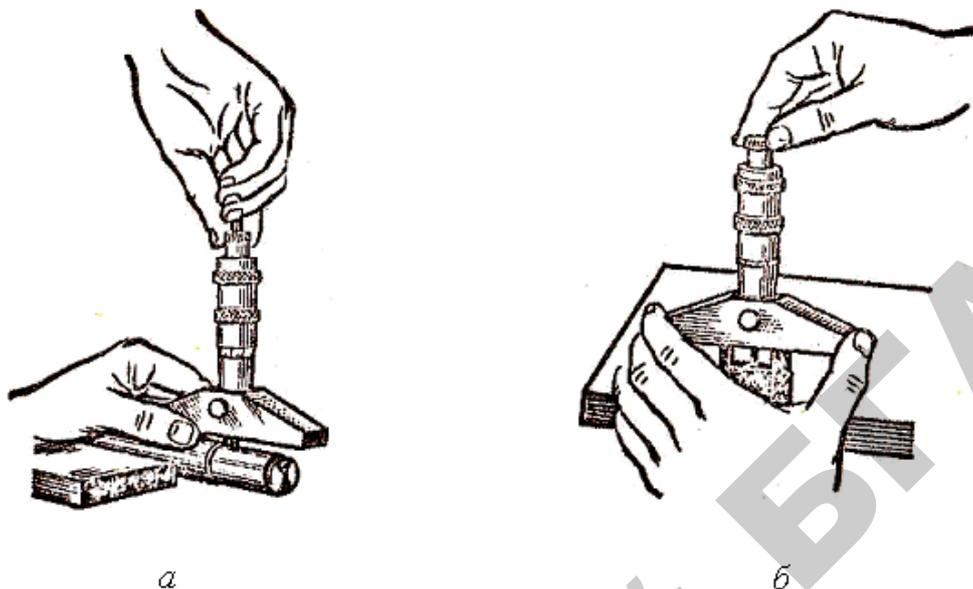


Рис. 1.2.46. Измерение микрометрическим глубиномером:
а – высота уступов цилиндрических деталей; *б* – глубина пазов плоских деталей

Погрешности микрометрических инструментов

Величину общей погрешности микрометрического инструмента определяют: погрешность микровинтовой пары, зависящая от погрешности микровинта и гайки и их сочетания, не параллельность продольного штриха стебля и оси микровинта, погрешность шкал стебля и барабана, погрешность отсчета показаний, вызванная наличием расстояния от стебля до круговой шкалы на барабане, деформация скобы микрометрического инструмента, начальное несовпадение нулевых положений штрихов продольной и круговой шкалы, не плоскостность и не параллельность измерительных поверхностей, перекосы из-за наличия зазоров в направляющих микровинта, погрешность изготовления и аттестации установочной меры (для микрометрических инструментов с верхним пределом измерения свыше 25 мм).

По предельной допускаемой погрешности микрометры бывают 0 и 1 класса, а при переаттестации могут быть классифицированы и 2 классом.

Микрометрические нутромеры по предельной допускаемой погрешности делятся на 1 и 2 классы.

Погрешности измерения микрометрическим нутромером значительно (в 1,5–2 раза) превышают погрешности измерения микрометрами. Это

объясняется наличием удлинителей, отсутствием устройства, обеспечивающего постоянство измерительного усилия (трещотки), и трудностью установки нутромера в отверстие в правильном положении.

Все типы глубиномеров по предельной допускаемой погрешности делят на 1 и 2 классы.

Глубиномер микрометрический цифровой

Цифровые глубиномеры типа ГМЦ (рис. 1.2.47) применяются для более точных измерений по сравнению с механическими. Они оснащены электронным цифровым отсчетным устройством, более удобным и быстрым при считывании показаний.



Рис. 1.2.47. Глубиномер микрометрический цифровой ГМЦ

1.2.3. Индикаторы часового типа

Индикатор часового типа предназначен для абсолютных и относительных измерений линейных размеров, контроля отклонений от заданной геометрической формы, а также взаимного расположения поверхностей.

Индикатор часового типа представлен на рисунке 1.2.48.

С корпусом 5 неподвижно соединен ободок 6, который, в свою очередь, связан со шкалой-циферблатом 1. Циферблат вместе с рифленным ободком 6 может поворачиваться относительно корпуса головки и, таким

образом, любое деление шкалы может быть совмещено с концом стрелки 2. В необходимом положении шкалу закрепляют винтом 4. Для определения целых оборотов основной большой стрелки имеется маленькая стрелка 8 со своим циферблатом. Измерительный стержень 9 перемещается в направляющей гильзе 11. Гильза 11 и ушко 7 служат для крепления индикатора к измерительным приборам. В торец измерительного стержня 9 может быть ввернут наконечник 10. В процессе измерения, когда деталь должна быть введена под наконечник, измерительный стержень поднимают вверх за головку 3. Пределы измерения индикатора часового типа определяются осевым ходом измерительного стержня. Один оборот большой стрелки 2 индикатора соответствует перемещению измерительного стержня 9 на 1 мм. Целые миллиметры отсчитывают с помощью малой стрелки 8. Доли миллиметров отсчитывают по перемещению стрелки 2.

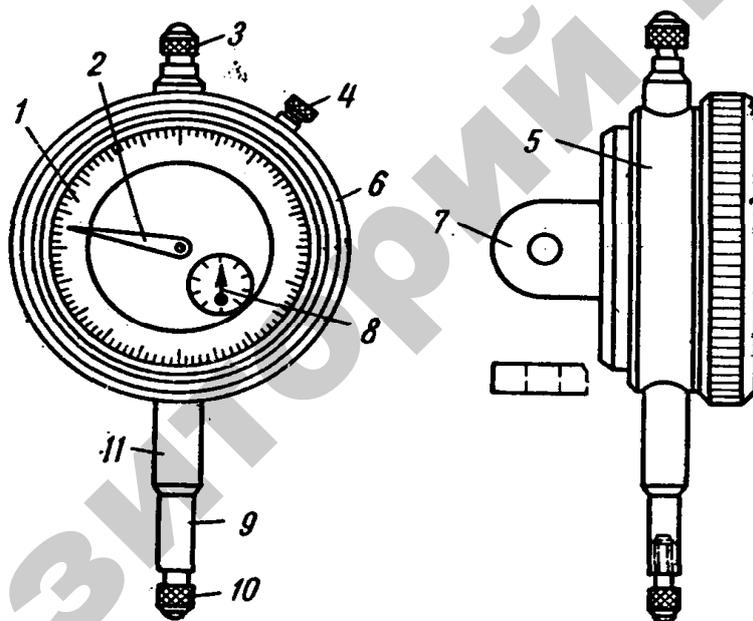
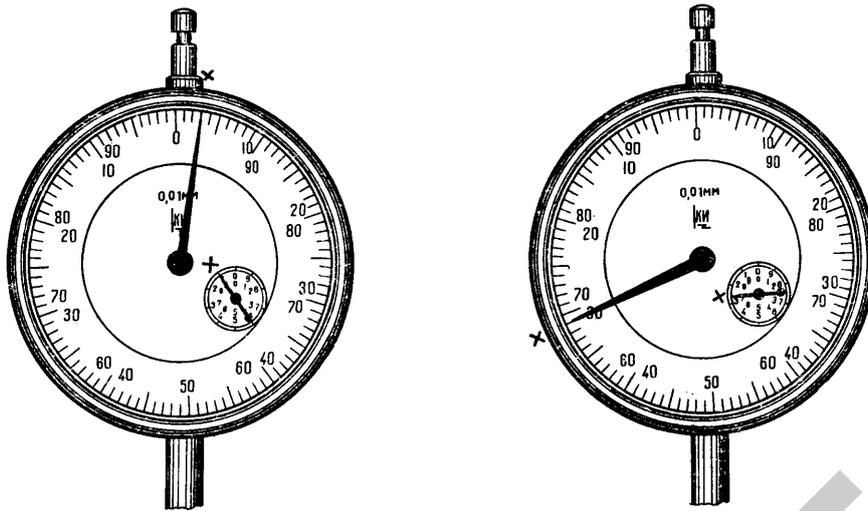


Рис. 1.2.48. Индикатор часового типа:

- 1 – циферблат; 2 – стрелка; 3 – головка измерительного стержня; 4 – стопор;
 5 – корпус; 6 – ободок; 7 – ушко; 8 – указатель чисел оборотов;
 9 – измерительный стержень; 10 – наконечник; 11 – гильза

На рисунке 1.2.49 приведены примеры отсчета показаний индикатора часового типа.

При подъеме измерительного стержня (прямой ход) показания читают по наружным цифрам большой шкалы (увеличение по часовой стрелке). При опускании измерительного стержня (обратный ход) показания читают по внутренним цифрам большой шкалы (увеличение против часовой стрелки).



Прямой ход: $1 + 0,03 = 1,03$ (мм).
Обратный ход: $8 + 0,97 = 8,97$ (мм).

Прямой ход: $2 + 0,69 = 2,69$ (мм).
Обратный ход: $7 + 0,31 = 7,31$ (мм).

Рис. 1.2.49. Примеры отсчета показаний

Принцип действия индикаторных измерительных головок часового типа основан на преобразовании возвратно-поступательного движения измерительного стержня во вращательное движение стрелки при помощи зубчатого передаточного механизма. На рисунке 1.2.50 приведена схема индикатора часового типа.

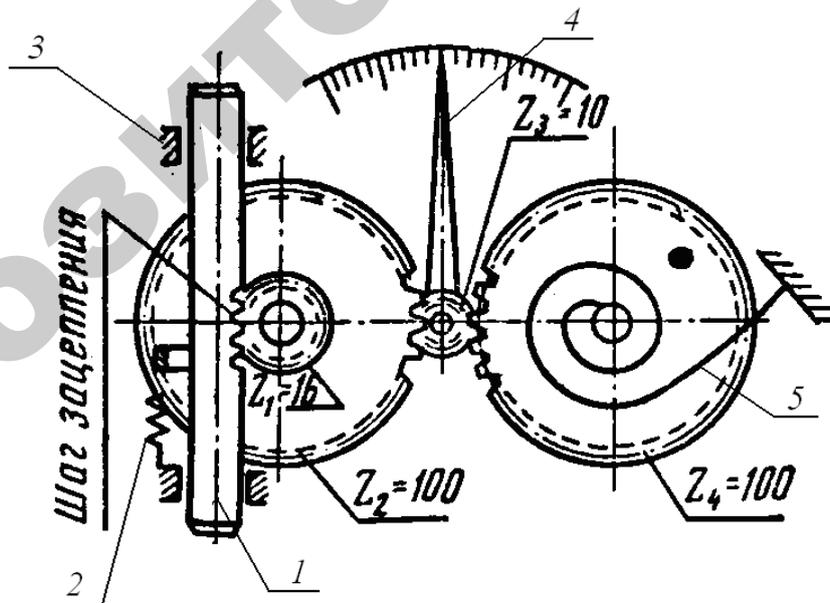


Рис. 1.2.50. Схема индикатора часового типа:

- 1 – измерительный стержень; 2 – пружина для создания измерительной силы;
- 3 – направляющие втулки; 4 – большая стрелка индикатора;
- 5 – пружина для устранения мертвого хода

Зубчатая рейка, нарезанная на измерительном стержне 1, находится в зацеплении с зубчатым колесом Z_1 , на оси которого жестко закреплено колесо Z_2 . При измерении линейное перемещение измерительного стержня в точных направляющих втулках 3 вызывает поворот колес Z_1 , Z_2 и соответственно зубчатого колеса Z_3 с закрепленной на его оси большой стрелкой 4 индикатора. Поступательному перемещению измерительного стержня на 0,01 мм соответствует перемещение стрелки 4 на одно деление шкалы, полный оборот стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм. Колесо Z_4 на оси которого неподвижно посажена втулка 5 со спиральной пружиной 6, также находится в зацеплении с колесом Z_3 . Пружина 6 обеспечивает работу передачи по одной стороне профиля зуба, что устраняет мертвый ход. Измерительная сила 15–20 Н создается пружиной 2, удерживающей измерительный стержень в крайнем положении.

Передаточное отношение индикатора часового типа (см. рис. 1.2.50):

$$K = \frac{2R}{mZ_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} = 150,$$

где K – передаточное отношение;

R – длина стрелки, $R \approx 25$ мм;

m – модуль зубчатой передачи, равный 0,199.

Для проведения измерений измерительные головки устанавливают на стойки или штативы. Все эти приборы состоят из следующих основных конструктивных элементов (рис. 1.2.51).

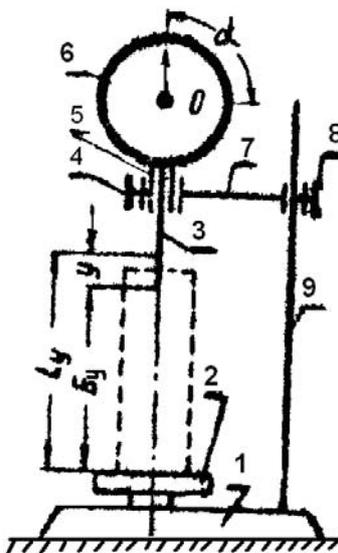


Рис. 1.2.51. Принципиальная схема устройства приборов для относительных измерений наружных поверхностей

На основании *1* закреплена жесткая стойка *9*, вдоль которой перемещается кронштейн *7*, фиксируемый в нужном положении стопорным винтом *8*. С кронштейном *7* при помощи винта *4* соединяется втулка *5* измерительной головки *6*. На основании *1* установлен стол *2*, на котором располагают детали, подлежащие измерению. В некоторых конструкциях стол сделан подвижным и может занимать относительно основания различные положения, перемещаясь вдоль оси. Необходимое расстояние, равное B_y , можно установить как за счет изменения положения кронштейна *7* относительно стола прибора, так и за счет изменения положения самого стола относительно основания *1*. Объект измерения помещают между измерительным стержнем *3* и столом *2* так, чтобы измерительный наконечник располагался перпендикулярно к измерительной поверхности.

Общий вид универсального штатива и стойки с индикаторами приведен на рисунке 1.2.52.

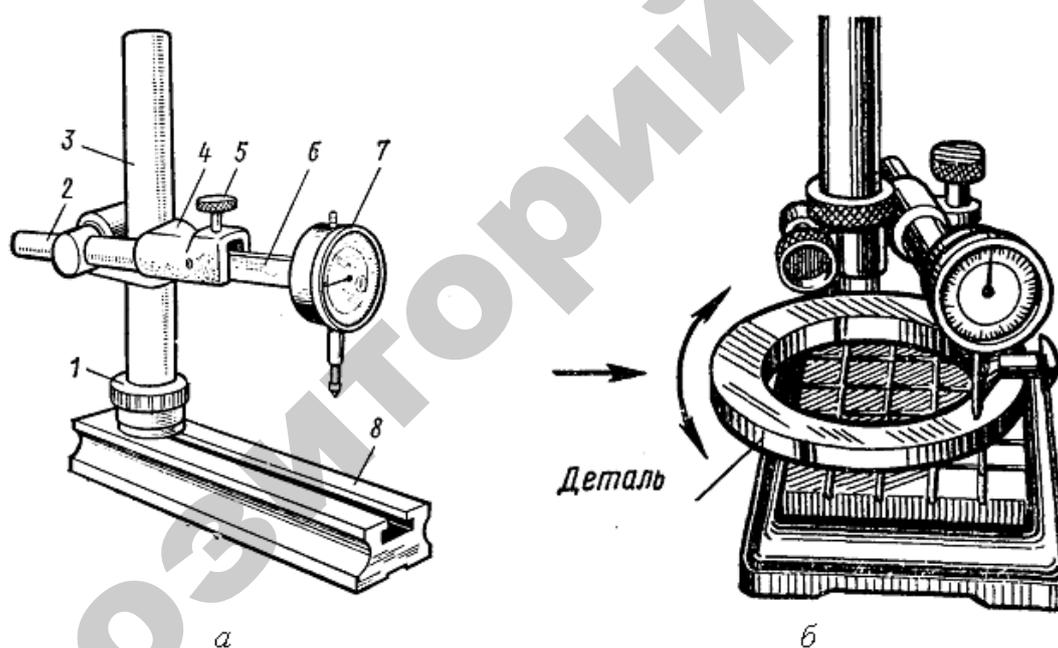


Рис. 1.2.52. Общий вид штатива и стойки:

а – индикатор на универсальном штативе; *1* – гайка крепления колонки; *2* – стержень; *3* – колонка; *4* – муфта; *5* – винт микроподачи; *6* – державка; *7* – индикатор; *8* – основание;
б – пример измерения детали на стойке

На штатив крепится только измерительная головка. Он состоит из основания с точно обработанными плоскостями и пазом, колонки, державки для индикатора и винтов. Штатив позволяет индикатору занять любое положение, с тем, чтобы его измерительный наконечник располагался перпендикулярно к проверяемой поверхности.

Измерительная стойка (рис. 1.2.52б) позволяет устанавливать на столе с массивным основанием контролируемое изделие, а в отверстии державки – измерительную головку. Державка входит в муфту, которая закрепляется на нужной высоте, на колонке, запрессованной в основании.

После установки индикатора в стойку или штатив проверяют правильность его показаний, а также плавность и надежность работы его механизмов. С этой целью, заметив первоначальное показание стрелки, приподнимают за головку 3 (рис. 1.2.48) измерительный стержень и плавно опускают его. Под действием пружины стержень возвращается в исходное положение. При этом стрелка должна дать прежнее показание.

Настройка приборов для относительных измерений

На практике индикаторы часового типа вместе со стойками или штативами широко используют для определения отклонений от заданного размера, от предписанной геометрической формы изделия и для определения размеров прямым методом измерения, если размер детали не превышает пределов измерения головки. Метод настройки прибора зависит от цели измерения.

Обязательным для любого метода настройки является создание в системе «прибор–деталь» предварительного натяга. Натяг достигается уменьшением установочного размера L_y на какое-то значение y (рис. 1.2.51). Осуществляется это путем опускания кронштейна 7. Установочный размер L_y получают по блоку концевых мер, составленному на заданный размер и помещенному между столом 2 и измерительным стержнем 3. Натяг в приборах, соединенных с индикатором часового типа, может колебаться в широких пределах: от доли оборота большой стрелки до нескольких ее оборотов. Но необходимо помнить, что чем больше оборотов стрелки, тем больше будет погрешность измерений.

Настройка приборов для измерения отклонений от заданного размера с целью определения действительного размера

Заданным размером чаще всего бывает номинальный размер изделия. Блок концевых мер, равный номинальному размеру, устанавливают на прибор и опускают на него наконечник индикатора, создавая установочный натяг. Чтобы иметь возможность определять как положительные, так и отрицательные отклонения, установку производят с таким расчетом, чтобы большая стрелка сделала один-два оборота, и тогда она получит возможность вращаться

в обе стороны. Поскольку индикатор обладает высокой чувствительностью и выставить его так, чтобы стрелка расположилась против нулевого деления, очень трудно, совмещают ее с нулем поворотом ободка. Приподняв измерительный стержень за головку, убирают блок концевых мер, вновь проверяют работу индикатора, ставят контролируемую деталь и определяют величину отклонения стрелки.

Действительные размеры охватываемой поверхности (вала) получают алгебраическим суммированием размера концевых мер и показания (отклонения) индикатора.

Настройка приборов для определения отклонения от заданной геометрической формы

Допуск на размер T ограничивает одновременно и отклонение формы, т. е. любые отклонения формы не могут превзойти допуск на размер. Предельные (допустимые) отклонения формы указывают на чертежах только в тех случаях, если по условиям эксплуатации они должны быть меньшими, чем допуск на размер, или если допускается (необходима) их большая величина.

Индикаторы часового типа на стояках и штативах широко используют для определения отклонения от заданной геометрической формы. Пределы измерения головки должны превышать значение отклонения. Настраиваются приборы по самому объекту измерения. Измерительную головку опускают настолько (рис. 1.2.53), чтобы создать натяг в 1–2 оборота большой стрелки и совмещают ее с нулевым штрихом.

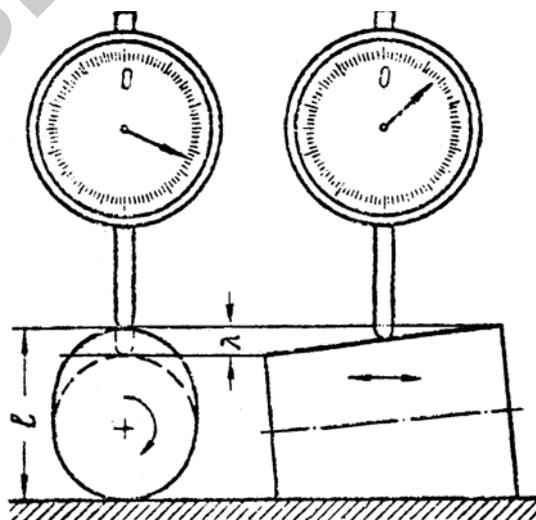


Рис. 1.2.53. Схема измерения отклонения от заданной геометрической формы деталей

Созданный натяг должен быть таким, чтобы стержень касался измеряемого объекта в любой его точке, при этом большая стрелка головки свободно бы перемещалась в любом направлении, т. е. натяг должен быть немного больше возможного значения λ (рис. 1.2.54). При измерениях в зависимости от того, в какой плоскости определяют отклонения, деталь поворачивают вокруг оси или перемещают вдоль нее. Отклонения от предписанной геометрической формы определяют как разность показания стрелки, учитывая знаки отклонения. Наибольшее отклонение стрелки вправо – верхнее отклонение, наименьшее отклонение стрелки вправо – нижнее отклонение, тогда $\lambda = \Delta_{\text{В}} - \Delta_{\text{Н}}$.

Настройка приборов для абсолютных методов измерения

Для абсолютных методов измерения индикаторы часового типа со стойками или штативами можно применять, если контролируемый размер детали не превышает пределов измерения головки.

У стоек, штативов индикаторную головку опускают настолько, чтобы измерительный наконечник коснулся стола или другой базовой плоскости и малая стрелка установилась бы против нулевого деления. Затем поворотом циферблата с нулем совмещают большую стрелку, проверяют работу индикатора и, подводя деталь под наконечник, производят измерения. Малая стрелка покажет целое число миллиметров, а большая – число сотых долей миллиметра.

Индикаторный нутромер

Индикаторные нутромеры относятся к рычажно-механическим приборам с рычажной передачей, так как передача движения от подвижного измерительного стержня к стержню индикаторной головки осуществляется через двуплечий рычаг. Отсчитывающим устройством в этих приборах является индикатор часового типа.

Применяются индикаторные нутромеры для измерения внутренних диаметров.

На рисунке 1.2.54 представлен индикаторный нутромер с рычажной передачей.

С корпусом 15 скреплена втулка 12, в которую с одной стороны ввернут регулируемый стержень 14, а с другой – свободно перемещающийся вдоль оси стержень 2. Измерительные стержни – подвижный и неподвижный – располагаются на одной оси. Стержень 14 после установки на размер B_A закрепляют

гайкой 13. Продольное перемещение стержня 2 передается стержню 10 через двуплечий рычаг 11, который вращается на оси 3. Стержень 10 давит на стержень индикаторной головки 8, передавая размер к показывающей стрелке индикатора. Индикатор к нутромерам крепят вместе с кожухом 7, который предохраняет головку от случайных повреждений.

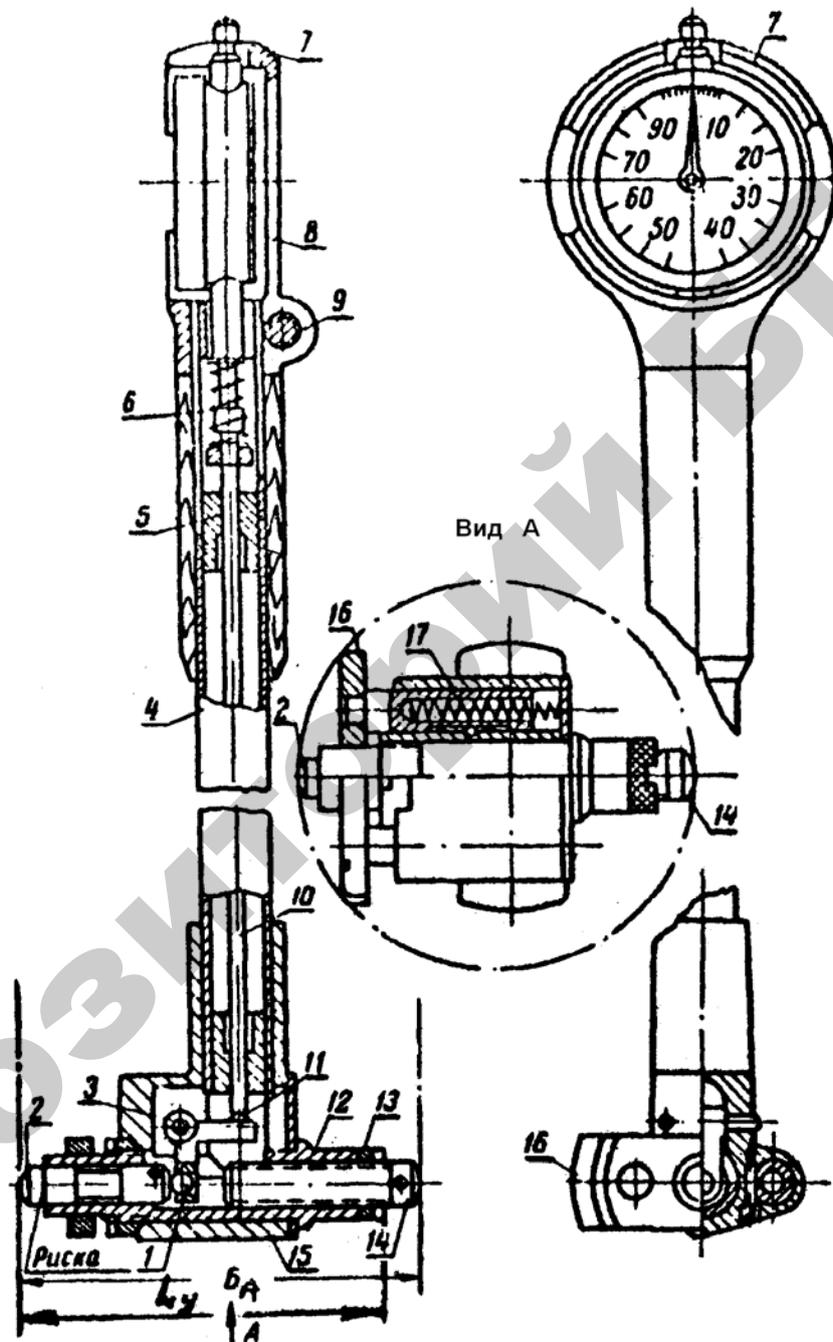


Рис. 1.2.54. Индикаторный нутромер с рычажной передачей:

- 1 – шарнир; 2 – неподвижный стержень; 3 – ось; 4 – трубка;
 5 – теплоизоляционная накладка; 6 – пружина; 7 – кожух; 8 – индикатор;
 9 – стопорный винт; 10 – стержень; 11 – двуплечий рычаг; 12 – втулка;
 13 – стопорная гайка; 14 – переставной стержень; 15 – корпус;
 16 – центрирующий мостик; 17 – пружина

Измерительное усилие нутромера создается совместным действием пружины 6 и самого индикатора. Чтобы в процессе измерения оси измерительных стержней совпадали с диаметральной направлением, а не располагались по хорде, в конструкции нутромера предусмотрен, центрирующий мостик 16, который под действием пружины 17 все время прижимается к образующим измеряемого объекта (рис. 1.2.54, вид А).

Прежде чем приступить к настройке и измерению, в прибор устанавливают необходимую индикаторную головку. Для этого отпускают винт 9 (рис. 1.2.54) и на конец трубки надевают измерительную головку так, чтобы при измерениях было легко читать показания. Наиболее удобным будет такое положение головки, когда при обращенном вперед циферблате центрирующий мостик 16 направлен вперед, а стержень 14 – к противоположной стороне. При установке индикаторной головки необходимо ее измерительный стержень опустить настолько, чтобы малая стрелка установилась на нуле. В этом положении головку закрепляют стопорным винтом 9. Подбирают сменный стержень 14 в соответствии с размером, который подлежит измерению, и ввертывают его во втулку 12.

Настройка индикаторного нутромера

Составляют блок концевых мер под заданный установочный размер и закрепляют его в струбцинке с боковичками. При измерении внутренних диаметров отверстий установочный размер блока концевых мер чаще всего совпадает с номинальным размером отверстия.

В некоторых случаях вместо струбцинки с боковичками можно использовать штангенциркуль или микрометр, настроенные по концевым мерам под номинальный размер отверстия.

Для измерения положительных отклонений необходимо иметь запас хода подвижного стержня 2, что обеспечивается увеличением размера L_y до B_A (рис. 1.2.54) с помощью переставного стержня 14, т.е. созданием так называемого «натяга». Для этого, уложив нутромер в пазы внутренней поверхности крышки его футляра, взяв в правую руку струбцинку с боковичками или установленный на размер штангенциркуля (микрометр), прижимая стержень 2, охватывают раствором боковичков или штангенциркуля (микрометра) стержни 2 и 14. Гайка 13 не закреплена.левой рукой медленно выворачивают стержень 14, следя за большой стрелкой индикатора до тех пор, пока она не сделает 1–2 оборота. Освобождают нутромер от струбцинки или штангенциркуля

(микрометра) и, не сбивая положения переставного стержня, закрепляют его гайкой 13, после чего снова вводят нутромер в трубочку и окончательно уточняют значение установочного натяга. В этом же положении нутромер устанавливают на нуль: поворотом рифленого ободка индикатора большая стрелка совмещается с нулем. Теперь прибор готов к использованию.

Измерение индикаторным нутромером

Индикаторный нутромер вводят в отверстие наклонно: сначала опускают в сжатом виде мостик 1, а потом – подвижный стержень 2 (рис. 1.2.55). Плавным переводом нутромера из позиции А в позицию Б (рис. 1.2.55 и 1.2.56) и обратно добиваются такого его положения, при котором ось стержней 2 и 14 (рис. 1.2.54) или a и b (рис. 1.2.55) перпендикулярна к оси измеряемого объекта.

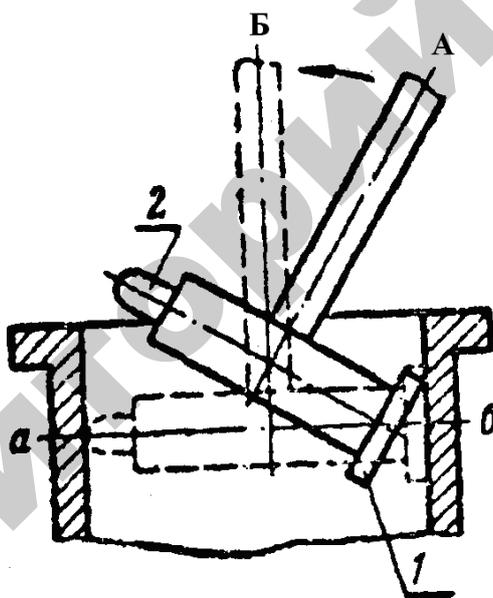


Рис. 1.2.55. Схема, иллюстрирующая порядок ввода индикаторного нутромера в отверстие

В это время наблюдают за индикаторной стрелкой и отмечают ее наибольшее отклонение вправо. Искомый размер измеряемой величины соответствует алгебраической сумме этого отклонения с номинальным размером.

Так как прибор настроен на D_{\min} , то отклонения от него будут только со знаком «плюс», поэтому большая стрелка правильно настроенного индикатора должна отклоняться влево от нуля, т. е. против часовой стрелки. Примеры подсчета действительных размеров при измерении индикаторным нутромером приведены на рисунке 1.2.57.

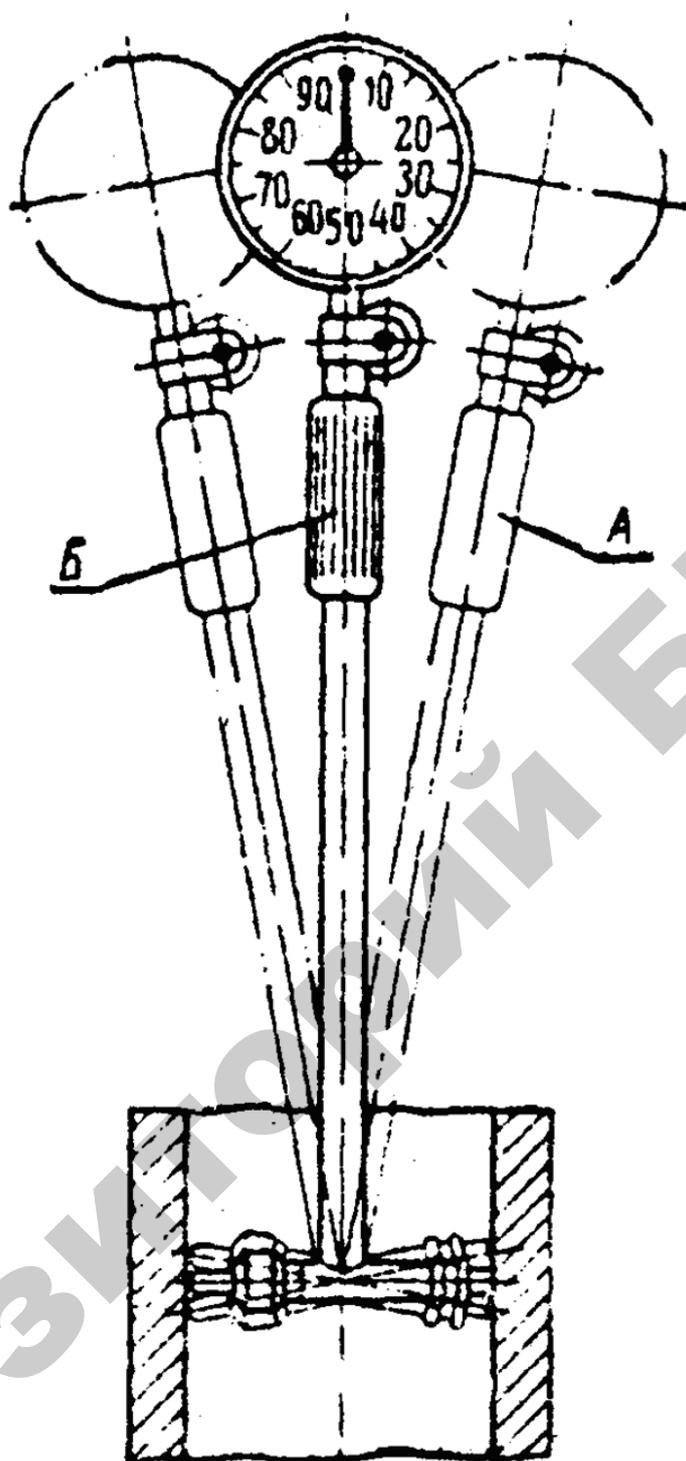


Рис. 1.2.56. Положение индикаторного нутромера при измерениях

Положительные отклонения, полученные при прямом ходе (направленные движения малой стрелки), отнимают от установочного размера, отрицательные – прибавляют к нему.

По окончании измерений для вывода нутромера из отверстия необходимо снова поджать мостик 1 (рис. 1.2.55) и наклонить прибор так, чтобы стержень 2 занял крайнее левое положение. После этого прибор извлекают из

отверстия. Если это правило не соблюдать, можно поломать стрелку или зубчатые колеса индикатора.



Рис. 1.2.57. Примеры подсчета действительных размеров при измерении индикаторным нутромером

Индикаторная скоба

Индикаторные скобы с универсальной измерительной головкой типа ИЧ предназначены только для относительных измерений линейных размеров.

Наибольшее распространение получили скобы с пределами измерений до 200 мм. Они обеспечивают достаточную точность при контроле изделий, если точность обработки последних не выше 10 качества. Скобы больших размеров изготавливают по специальному заказу. При контроле больших размеров индикаторные скобы имеют явное преимущество перед жесткими скобами.

Индикаторная скоба имеет жесткий корпус с теплоизоляционной накладкой 3 (рис. 1.2.58).

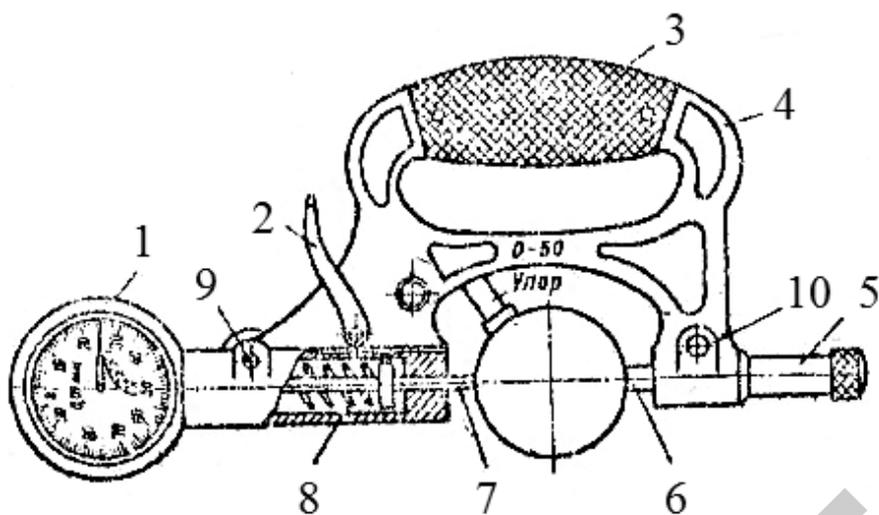


Рис. 1.2.58. Индикаторная скоба:

1 – индикатор; 2 – отводка; 3 – теплоизоляционные накладки;
 4 – корпус; 5 – колпачок; 6 – переставная пятка; 7 – подвижная пятка;
 8 – пружина; 9 – винт; 10 – стопор

Подвижная пятка 7 находится в постоянном контакте с измерительным стержнем индикатора. Измерительное усилие скобы создается совместным действием силы упругости пружины 8 и пружины индикатора. Переставную пятку 6 можно передвигать в пределах от 60 до 100 мм. Положение пятки фиксируют стопором 10.

Во всех индикаторных скобах измерительный стержень индикаторной головки непосредственно не соприкасается с измеряемой деталью. На стержень действуют только осевые усилия, что значительно улучшает стабильность показаний прибора.

Индикаторные скобы малых размеров имеют плоские поверхности пяток, что обеспечивает получение правильных результатов при измерениях даже в том случае, если линия измерения не проходит через центр измеряемого объекта. Это важно при индивидуальных измерениях, когда нет смысла настраивать упор под диаметр измерительной детали. При массовых же измерениях одной и той же детали процесс работы значительно облегчается, а производительность резко возрастает, если упор будет заранее настроен с учетом измеряемой величины. Упор устанавливают так, чтобы линия измерения проходила через центр измеряемого объекта.

Чтобы предохранить измерительные поверхности пяток от быстрого износа, а стрелку индикаторной головки от поломки, скоба имеет отводной рычаг 2, с помощью которого поднимают подвижную пятку 7. Это облегчает ввод измеряемых деталей между измерительными поверхностями пяток.

Деталь слегка прижимают к переставной пятке. Покачиванием устраняют перекося, т. е. определяют правильное положение измерительных поверхностей относительно проверяемых. Масса скобы не должна передаваться на подвижную пятку.

Для ускорения процесса измерения скобу можно устанавливать в специальную стойку.

Настройка индикаторной скобы

Устанавливают в прибор необходимую индикаторную головку 1 (рис. 1.2.58) и закрепляют ее стопорным винтом 9. Ставят малую и большую стрелки индикаторной головки на нуль. Затем, отвернув предохранительный колпачок 5 и ослабив стопорный винт 10, устанавливают переставную пятку 6 так, чтобы между ее торцом и торцом подвижной пятки 7 легко размещался установочный блок концевых мер.

Создают в системе необходимый натяг, чтобы индикатор мог показывать как отрицательные, так и положительные отклонения от размера концевых мер, по которому настроена скоба. Для этого переставную пятку 6 перемещают в сторону индикатора настолько, чтобы его большая стрелка сделала 1–2 оборота. Затем закрепляют стопорный винт 10 и заворачивают предохранительный колпачок 5. Прибор готов к использованию.

При подсчете действительных размеров положительные отклонения, полученные при прямом ходе, прибавляют к размеру, по которому установлена скоба, а отрицательные – отнимают от него (рис. 1.2.57).

Индикаторный глубиномер

Индикаторный глубиномер (рис. 1.2.59) предназначен для измерения глубины отверстий, пазов, высоты уступов и др.

Он состоит из сменного измерительного стержня 1, основания (траверсы) 2 и индикаторной головки 3. Стопорный винт 4 находится во втулке траверсы. Пределы измерения индикаторного глубиномера зависят от длины сменных стержней, которые изготавливают в пределах 0–10, 10–20 мм и т. д. до 100 мм через каждые 10 мм. Сменный стержень держится во втулке за счет трения, создаваемого пружинящими половинками разрезного конца, которым он вставляется во втулку. Точность измерения прибора определяется точностью используемого индикатора.

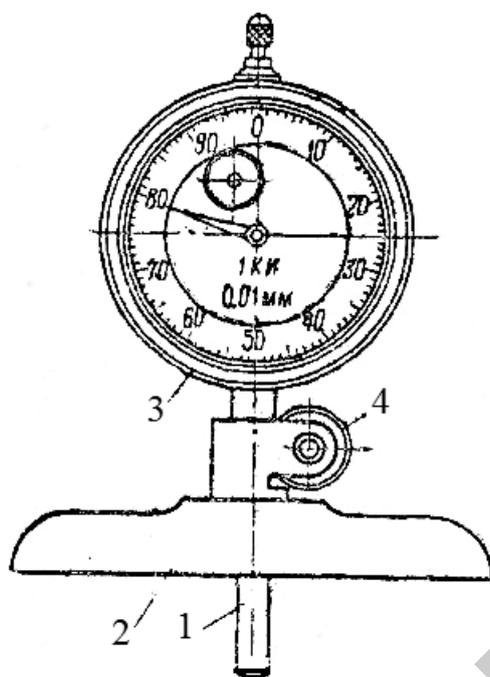


Рис. 1.2.59. Индикаторный глубиномер:
 1 – измерительный стержень; 2 – основание;
 3 – индикаторная головка; 4 – стопорный винт

Перед измерением прибор устанавливают на нуль. В этом положении, поворачивая ободок, устанавливают большую стрелку тоже на нуль и закрепляют головку винтом 4. Натяг можно не создавать, т. к. пределы измерительного стержня больше, чем измеряемая величина. Если пределы измерения не превышают 10 мм, индикаторный глубиномер можно устанавливать на нуль без применения концевых мер.

Настройка индикаторного глубиномера

В зависимости от контролируемого размера выбирают сменный стержень и вставляют его в прибор. Для настройки индикаторного нутромера собирают два блока плоскопараллельных концевых мер длины, размеры которых равны номинальному размеру измеряемой величины, и устанавливают их на плиту под траверсу глубиномера. Отстопорив втулку винтом 4, индикаторную головку передвигают во втулке вниз до тех пор, пока малая стрелка после нулевого деления не сделает еще один-два оборота. В этом положении, поворачивая ободок, устанавливают большую стрелку на нуль и закрепляют головку винтом 4. Если измеряемая величина не превышает 10 мм, то индикаторный глубиномер можно устанавливать на нуль без применения концевых мер. В прибор вставляют сменный стержень с пределами измерения 0–10 мм,

доведенную плоскость траверсы помещают прямо на плиту и передвигают индикатор во втулке вниз до тех пор, пока малая стрелка не установится против десятого деления. В этом же положении устанавливают большую стрелку на нуль и закрепляют головку винтом 4.

При измерении траверсу ставят на боковую поверхность измеряемой детали, подняв правой рукой измерительный стержень.левой рукой слегка прижимают основание к поверхности детали и отпускают измерительный стержень. Когда наконечник стержня коснется дна детали, определяют отклонение. Действительные размеры подсчитывают так же, как у индикаторных нутромеров: положительные отклонения, полученные при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка прибора, а отрицательные к нему прибавляют.

1.2.4. Рычажно-механические приборы

Рычажный микрометр

При проведении особо точных измерений широкое применение получили рычажные микрометры, представляющие собой сочетание нормальной микрометрической головки с рычажно-зубчатым механизмом (рис. 1.2.60). Эти приборы объединяют в себе свойства обычного гладкого микрометра для абсолютных линейных измерений и скобы с отсчетным устройством для проведения относительных измерений. При измерении рычажным микрометром с барабана микровинта снимается замер с точностью 0,01 мм, а по отсчетному устройству учитывается часть измеряемого размера менее 0,01 мм с точностью 0,002 мм.

На рисунке 1.2.61 представлена схема рычажного микрометра. В правую часть скобы встроена обычная микрометрическая головка, но в ней отсутствует трещотка, ее роль в этом приборе выполняет подвижная пятка 4, связанная с чувствительным рычажно-зубчатым механизмом. Рычажно-зубчатый механизм встроен в корпус скобы. При измерениях пятка 4, перемещаясь влево, действует на рычаг 7 с зубчатым сектором 8. Зубчатый сектор, в свою очередь, связан с колесом 9, на оси которого закреплена стрелка 11. Стрелка показывает на шкале 12 перемещение пятки 4.

Мертвый ход рычажно-зубчатого механизма устраняется пружиной 10, а для отвода пятки 4, когда необходимо ввести или вывести измеряемый объект, служит рычаг 2 с кнопкой 1. Шкала рычажно-зубчатого механизма имеет

указатели отклонений (рис. 1.2.60), которые устанавливают специальным ключом, вводимым в гнезда при отвернутой крышке 10, для фиксирования необходимого размера служит стопорное кольцо 6.

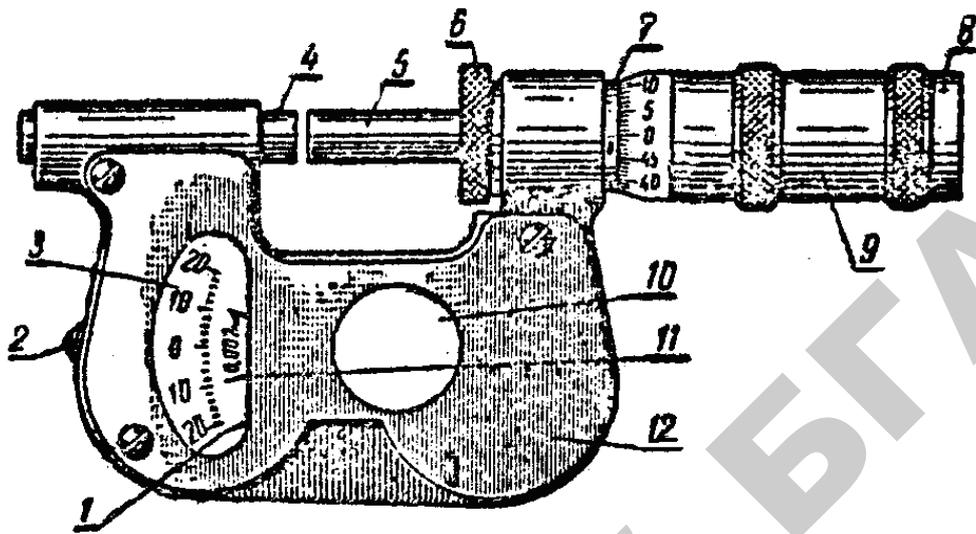


Рис. 1.2.60. Рычажный микрометр:

- 1 – стрелка; 2 – кнопка отводного рычага; 3 – шкала рычажного механизма;
 4 – подвижная пятка; 5 – пятка микровинта; 6 – стопорное кольцо; 7 – стембель;
 8 – гайка для установки барабана микровинта на нуль; 9 – барабан;
 10 – барабан, закрывающий гнездо для ключа; 11 – указатели отклонений; 12 – корпус

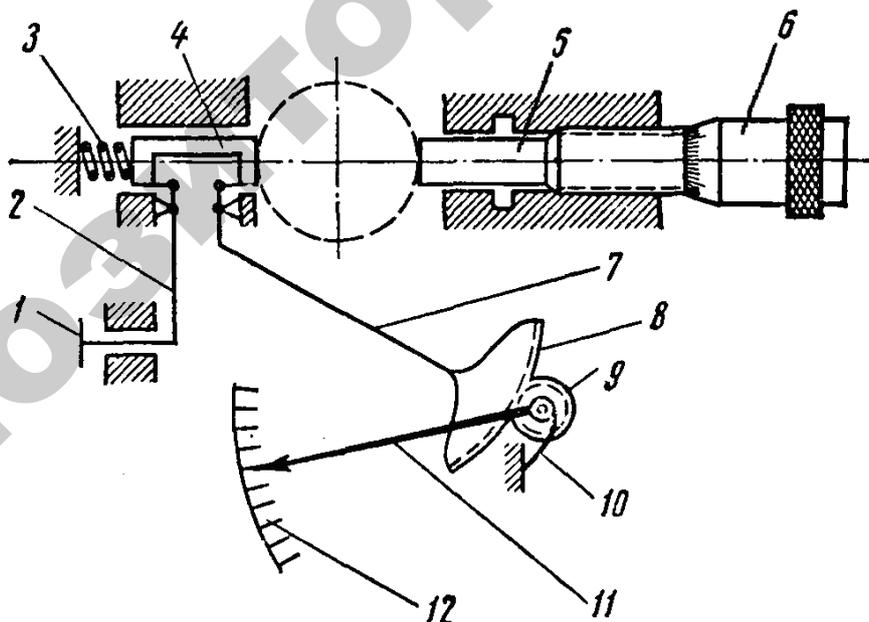


Рис. 1.2.61. Схема рычажного микрометра:

- 1 – кнопка отводного рычага; 2 – отводной рычаг; 3 – возвратная пружина;
 4 – подвижная пятка; 5 – пятка микровинта; 6 – барабан; 7 – рычаг сектора;
 8 – зубчатый сектор; 9 – зубчатое колесо; 10 – спиральная пружина; 11 – стрелка;
 12 – шкала рычажного механизма

При абсолютных измерениях рычажный микрометр можно использовать просто как микрометр, когда требования к точности измерения не выходят за пределы 0,01 мм, и как микрометр в сочетании с рычажным механизмом, когда требования к точности измерения выше, чем 0,01 мм.

Настройка рычажного микрометра для измерений абсолютным методом

Прежде всего необходимо установить прибор на нуль. Для этого у микрометра с пределами измерения 0–25 мм вращают барабан 9 (рис. 1.2.60) до тех пор, пока после соприкосновения измерительных пяток 4 и 5 стрелка 1 рычажного механизма не станет против нулевого штриха. У микрометров с пределами измерения 25–50 мм между пятками сначала устанавливают концевую меру в 25 мм и только после этого подводят стрелку к нулю.

Нулевому положению стрелки 1 должно соответствовать нулевое положение шкалы стебля и шкалы барабана, т. е. нулевой штрих барабана 9 должен совпадать с горизонтальной чертой шкалы стебля 7 (как у гладкого микрометра).

Если такого совпадения не наблюдается, то при нулевом положении стрелки 1 стопорят микровинт кольцом 6 и ослабляют гайку 8, в результате чего барабан и стебель разобщаются. Затем совмещают нулевой штрих барабана с продольной чертой стебля. В этом положении легко подтягивают гайку 8 и, отстопорив микровинт, закрепляют гайку окончательно. После этого необходимо еще раз проверить совпадение нулей. Если настройка удалась с первого раза, можно начинать измерения. Если совпадение нулей не наблюдается, операцию настройки повторяют еще раз.

Снятие показания с прибора при абсолютном методе измерений

Для проведения измерений пятку микровинта 5 (рис. 1.2.60) отводят вправо настолько, чтобы измеряемая деталь легко вошла между обоими пятками. Затем, вращая барабан, зажимают деталь между измерительными поверхностями пяток так, чтобы конец стрелки 1 остановился против нулевого штриха.

Если рычажным микрометром производят измерения с точностью до 0,01 мм, то отсчет снимают только со шкал стебля и барабана, как с гладкого микрометра, при этом стрелка 1 должна быть на нуле. Из рисунка 1.2.62а видно, что измеряемый размер равен 12,77 мм, хотя горизонтальный указа-

тель стебля показывает величину несколько большую. Об этой величине мы судить не можем, т. к. стрелка стоит на нуле.

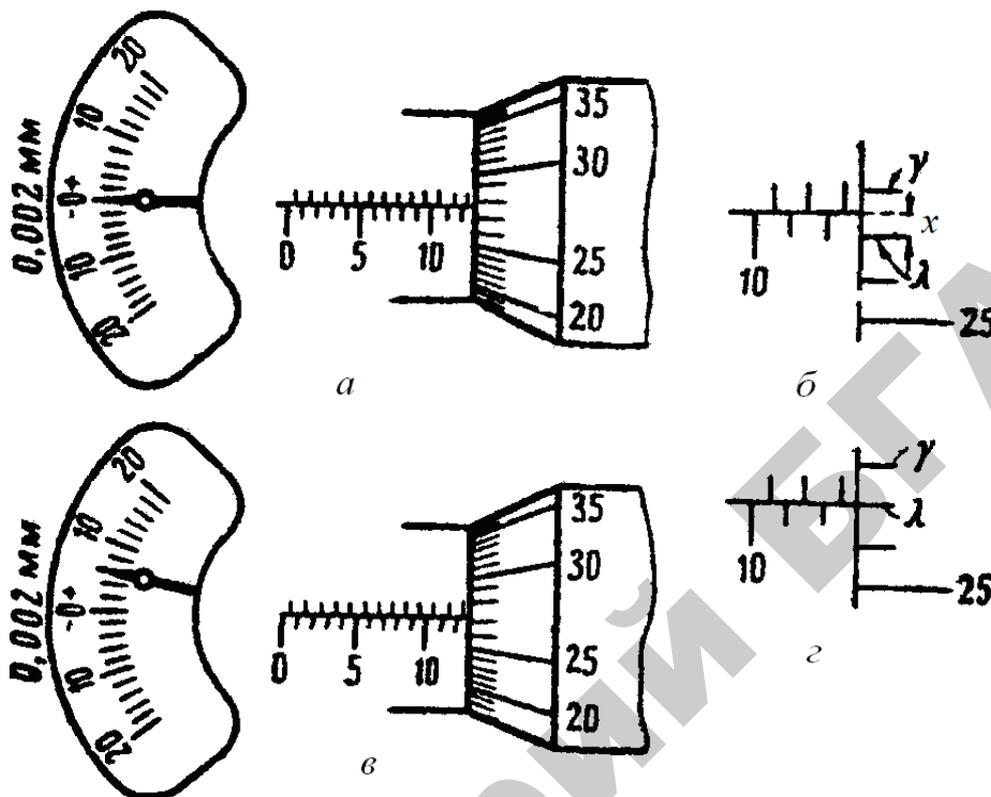


Рис. 1.2.62. Примеры отсчета по шкалам рычажного микрометра

Чтобы снять отсчет с рычажного микрометра, учитывая показания рычажного механизма, т. е. произвести измерение с точностью до 0,002 мм, в нашем примере к размеру 12,77 следует добавить часть 28-го деления барабана. Для этого поворачивают барабан дальше настолько, чтобы его 27-й штрих совпал с продольной чертой на стебле, тогда стрелка покажет тысячные доли измеряемой величины. Из рисунка 1.2.62в видно, что общий размер с учетом показаний рычажного механизма равен 12,776 мм.

Настройка рычажного микрометра для измерений относительным методом

При измерениях точных деталей микрометр устанавливают по блоку концевых мер, чтобы исключить влияние погрешностей микрометрической головки, и со шкалы рычажного механизма снимают отклонения от размера, на который настроен прибор.

Установку всех шкал прибора на нуль выполняют так же, как и при настройке для измерения абсолютным методом. Затем устанавливают микрометр

на величину, от которой ведут относительные измерения. Это может быть или номинальный размер изделия, или какой-нибудь другой установочный размер. Допустим, деталь изготавливают на размер $21,35^{+0,015}_{-0,010}$ мм. Установочный размер 21,35 мм настраивают по блоку концевых мер. Охватывают блок концевых мер измерительными поверхностями пяток (рис. 1.2.63) и, вращая барабан, зажимают блок между ними, при этом стрелка должна установиться против нулевого штриха. Совместные показания шкал стебля и барабана могут отличаться от установочной величины на часть интервала на барабане. В этом положении закрепляют микровинт кольцом и выводят блок концевых мер из прибора, нажав на кнопку.

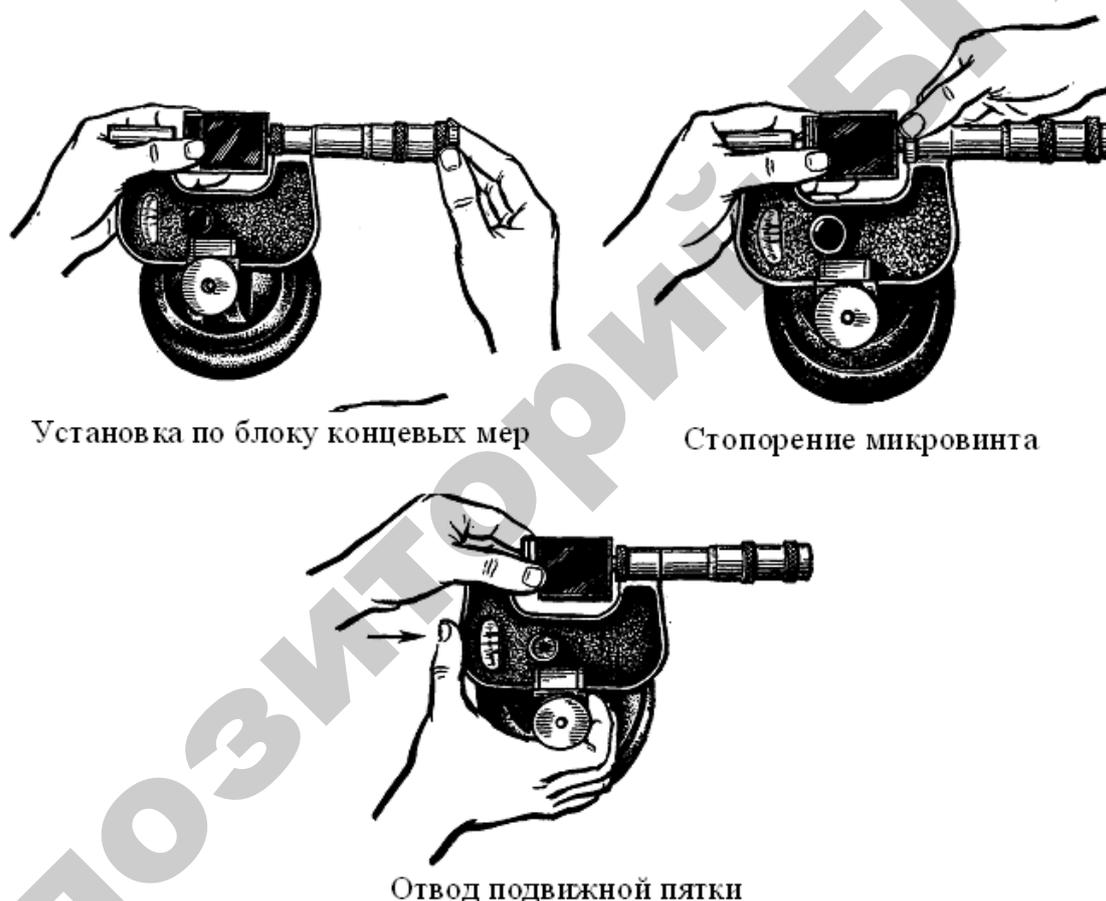


Рис. 1.2.63. Настройка прибора

После вывода блока концевых мер из прибора на шкале устанавливают указатели отклонений (при массовых измерениях или заданных отклонениях). Для этого отвертывают крышку и, пользуясь широко расставленными штифтами специального ключа, ставят стрелку на нижнее отклонение, а узко расставленными штифтами этого же ключа ставят стрелку на верхнее отклонение. Прибор готов к проведению измерений.

Снятие показаний с прибора при относительном методе измерений

Нажимая на кнопку 2, вводят в прибор измеряемый объект и, плавно опустив кнопку, определяют отклонение, его знак по показанию стрелки I (рис. 1.2.60). Действительный размер определяют как алгебраическую сумму размера блока концевых мер и отклонения. В процессе массовых измерений не обязательно знать конкретный размер каждого измеряемого изделия. Достаточно убедиться, что стрелка при измерении находится между установленными ранее указателями отклонений.

При измерениях относительным методом:

1. Установить рычажный микрометр на нуль.
2. Составить блок концевых мер на заданный размер или определить установочный размер, измерив деталь один раз микрометром гладким, и на него составить блок концевых мер.
3. Охватить блок концевых мер измерительными поверхностями так, чтобы стрелка шкалы рычажного механизма установилась против нулевого деления.
4. Закрепить микровинт и вывести блок концевых мер.
5. Установить указатели отклонений на границах поля допуска, если размер задан с отклонениями.
6. Нажать на кнопку отводного механизма и ввести измеряемую деталь в прибор.
7. Плавно отпустить кнопку отводного механизма и определить отклонение по показанию стрелки на шкале рычажного механизма.
8. Определить действительный размер детали и сделать заключение о ее годности.

Рычажная скоба

Рычажные скобы с отсчетным устройством, аналогичным отсчетному устройству рычажных микрометров, предназначены лишь для относительных измерений линейных размеров.

Рычажная скоба (пассаметр) (рис. 1.2.64а) представляет собой прибор, в котором передаточное отношение осуществляется рычажно-зубчатым механизмом, встроенным в корпус.

Применение рычажных скоб, особенно в условиях мелкосерийного производства, позволяет во много раз сократить номенклатуру предельных скоб. Кроме того, они дают возможность не только констатировать годность контролируемых деталей, но и фиксировать величину отклонения действительного

размера от заданного. Прибор обеспечивает высокую точность и стабильность показаний. Перемещение подвижной пятки 10 (рис. 1.2.64б) передается на малое плечо рычага 13. Большим плечом этого рычага служит зубчатый сектор 14, он и передает вращение шестерне 15, на оси которой закреплена стрелка 5. Для устранения мертвого хода передачи с осью шестерни связана спиральная пружина 16. Измерительное усилие создается пружиной 11.

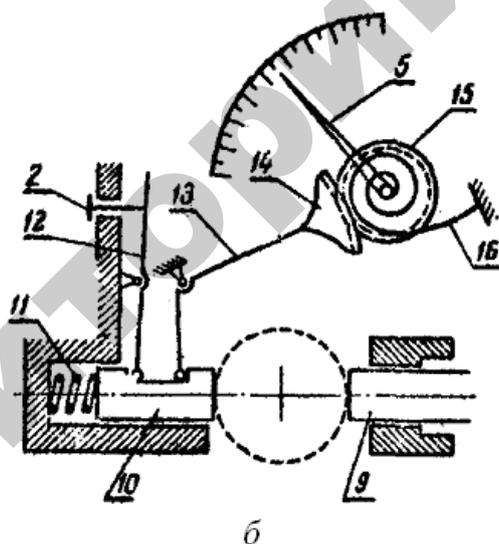
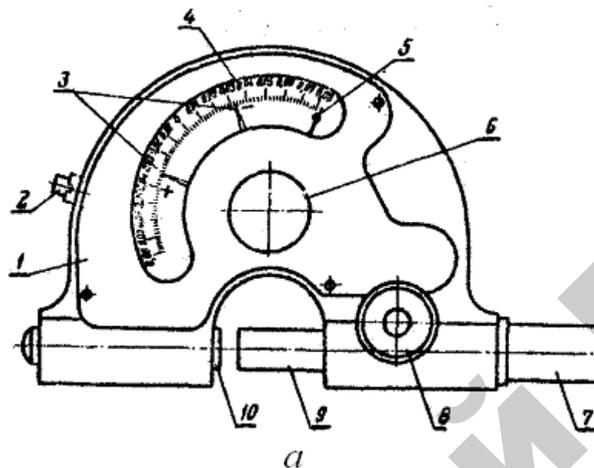


Рис. 1.2.64. Рычажная скоба (а) и ее принципиальная схема (б):

- 1 – корпус; 2 – кнопка отводного рычага; 3 – указатели отклонений; 4 – шкала;
 5 – стрелка; 6 – крышка механизма перевода стрелок; 7 – предохранительный колпачок;
 8 – стопорный винт переставной пятки; 9 – переставная пятка; 10 – подвижная пятка;
 11 – пружина; 12 – отводной рычаг; 13 – рычаг; 14 – зубчатый сектор; 15 – шестерня;
 16 – спиральная пружина

Чтобы не повредить пятки и уменьшить их износ, при установке скобы на измеряемую деталь используют отводной рычаг 12. При нажиме на кнопку 2 этого рычага пятка 10 отходит влево и тем самым увеличивает расстояние между измерительными поверхностями. Переставную пятку 9 перемещают

вдоль своей оси винтом, закрытым предохранительным колпачком 7, стопорят ее винтом 8. Размер между измерительными пятками устанавливают при помощи блока концевых мер.

Настройка рычажной скобы

На заданный размер составляют блок концевых мер. Устанавливают указатели отклонений прибора. Стрелки, показывающие границы полей допусков (отклонения), устанавливают специальным ключом. Отвертывают крышку 6 (рисунок 1.2.64, а) и, пользуясь широко расставленными штифтами ключа, сначала устанавливают стрелку на нижнее отклонение, затем на верхнее отклонение.

Вводят блок концевых мер между пятками 9 и 10, для чего отвертывают предохранительный колпачок 7, снимают со стопора переставную пятку 9 и передвигают ее так, чтобы расстояние между торцами пяток было немного больше, чем размер блока концевых мер. Затем настраивают стрелку 5 на нуль. Для этого перемещают пятку 9 влево, пока стрелка не станет на нуль, и закрепляют ее стопорным винтом 8, а стержень – колпачком 7. Теперь прибор подготовлен для проведения измерений. Операции настройки рычажной скобы иллюстрирует рисунок 1.2.65.

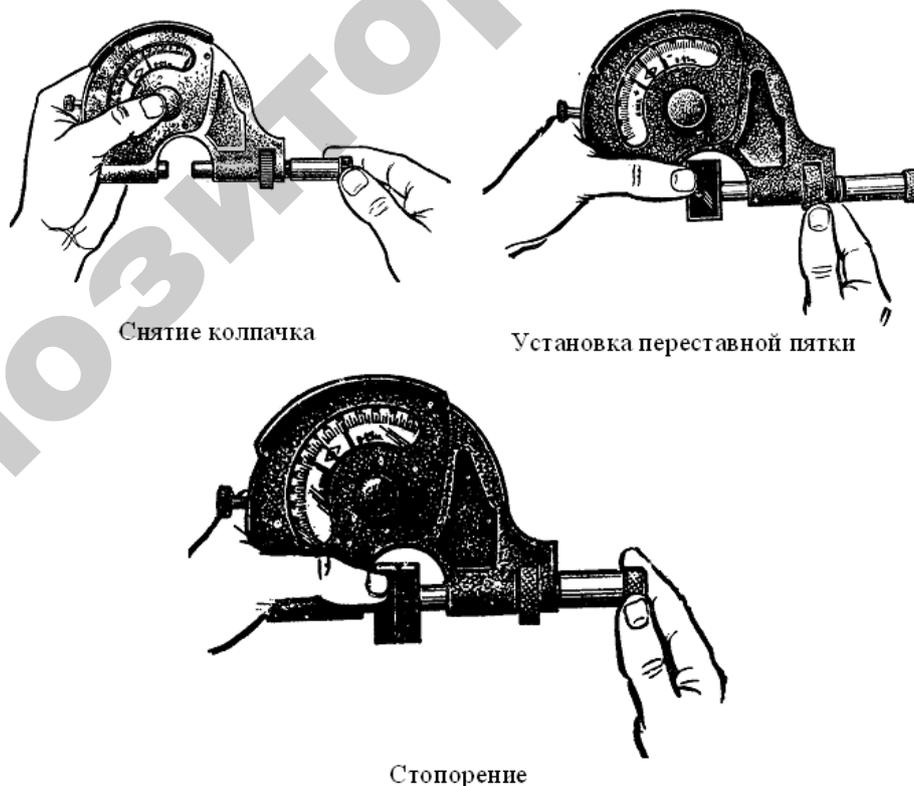


Рис. 1.2.65. Настройка рычажной скобы

Действительный размер детали определяют как алгебраическую сумму размера блока концевых мер и отклонения.

Пример выполнения работы при измерениях рычажной скобой

1. Составить блок концевых мер на заданный размер или определить установочный размер, измерив деталь один раз микрометром гладким, и на него составить блок концевых мер.

2. Установить указатели отклонений на границах поля допуска, если размер задан с отклонениями.

3. Ввести блок концевых мер между переставной и подвижной пятками и установить стрелку прибора против нулевого деления шкалы.

4. Закрепить нулевое положение стрелки стопорным винтом, а стержень – колпачком.

5. Снять с прибора отклонения, определить действительный размер детали и дать заключение об ее годности.

Микрокатор

Микрокаторы относятся к наиболее распространенным измерительным приборам для высокоточных измерений линейных величин относительным методом. В этих приборах преобразование перемещений измерительного стержня в увеличенные перемещения указателя (стрелки) осуществляется с помощью пружинного механизма.

Микрокаторы – наиболее точные измерительные головки, отличающиеся высокой стабильностью показаний. Принцип их действия основан на зависимости между растяжением скрученной металлической ленты *11* и ее поворотом относительно продольной оси (рис. 1.2.66).

Лента *11* от середины скручена в разные стороны: одна половина имеет правую спираль, другая – левую. В средней ее части установлена стрелка *9*. При растяжении ленты стрелка *9* поворачивается в плоскости, перпендикулярной к направлению растяжения ленты.

Передаточный механизм микрокатора осуществляется через эту же металлическую ленту *11*. Один ее конец соединен с регулируемой стойкой *12*, а другой – с концом плоской пружины *6*. Перемещение измерительного стержня вверх отклоняет плоскую пружину *6* влево, что вызывает растяжение скрученной ленты *11*, и стрелка *9* поворачивается на соответствующий

угол. Для успокоения стрелки в приборе имеется специальное устройство – демпфер 10.

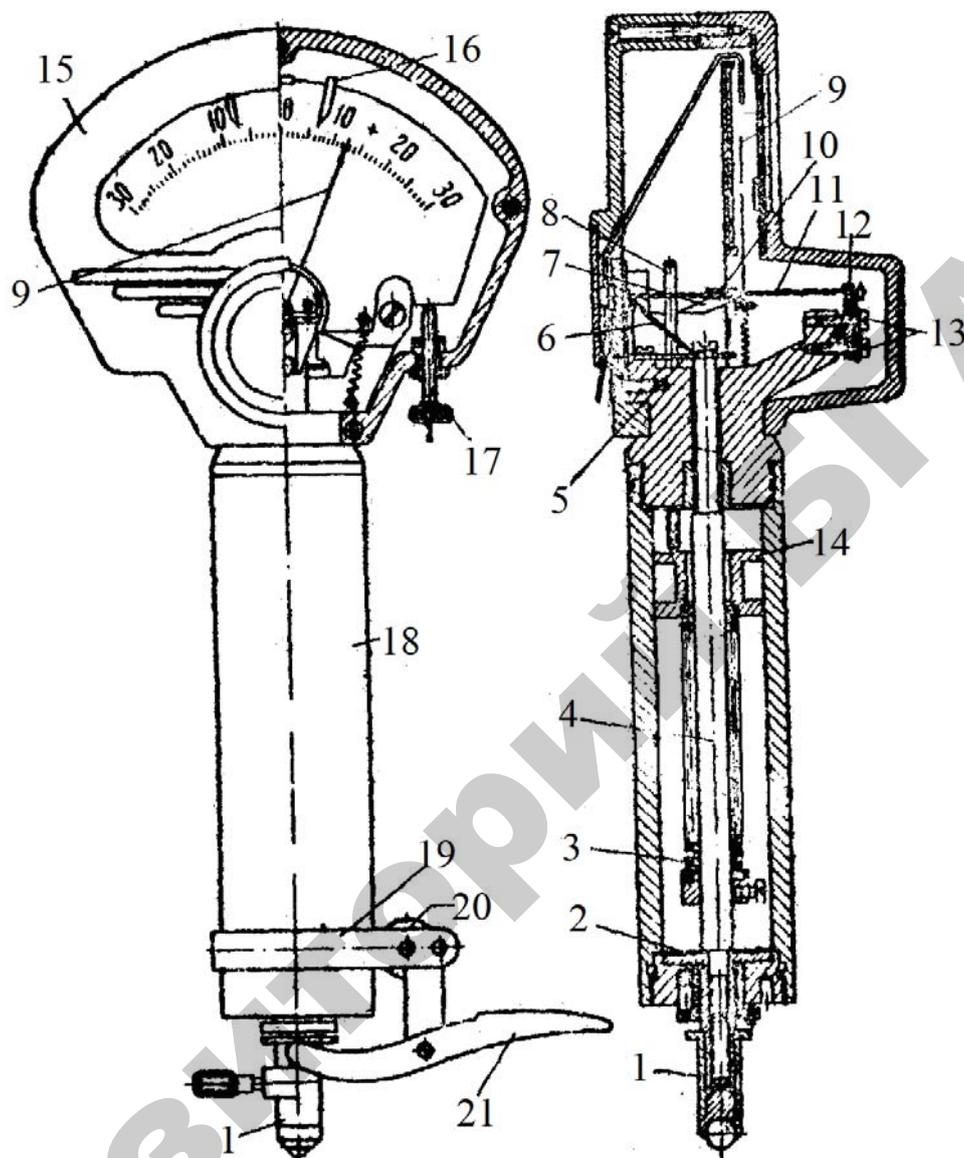


Рис. 1.2.66. Микрокатор:

- 1 – измерительный наконечник; 2, 5, 6 – плоские пружины; 3 – отжимная пружина;
 4 – измерительный стержень; 7 – стойка; 8 – регулировочный винт; 9 – стрелка;
 10 – демпфер; 11 – скрученная плоская лента; 12 – регулируемая стойка;
 13 – установочные винты; 14 – регулируемая втулка; 15 – корпус;
 16 – указатель отклонений; 17 – винт точной установки; 18 – соединительная трубка;
 19 – хомут; 20 – стяжной винт; 21 – отводной рычаг

Для точной установки прибора на нуль шкала может быть повернута винтом 17 на ± 3 деления. Чтобы измеряемый объект ввести под измерительный стержень, последний поднимают с помощью отводного рычага 21. Для соединения микрокатора с контрольно-измерительными приборами служит трубка 18, диаметр которой равен 28 мм.

Миниметр

Миниметры относятся к рычажным измерительным приборам, т. к. имеют измерительные головки с рычажной передачей. Широкошкальные миниметры изготавливаются четырех типов: с 60 делениями на шкале (рис. 1.2.67а), предназначены они для измерений линейных размеров деталей машин относительным методом.

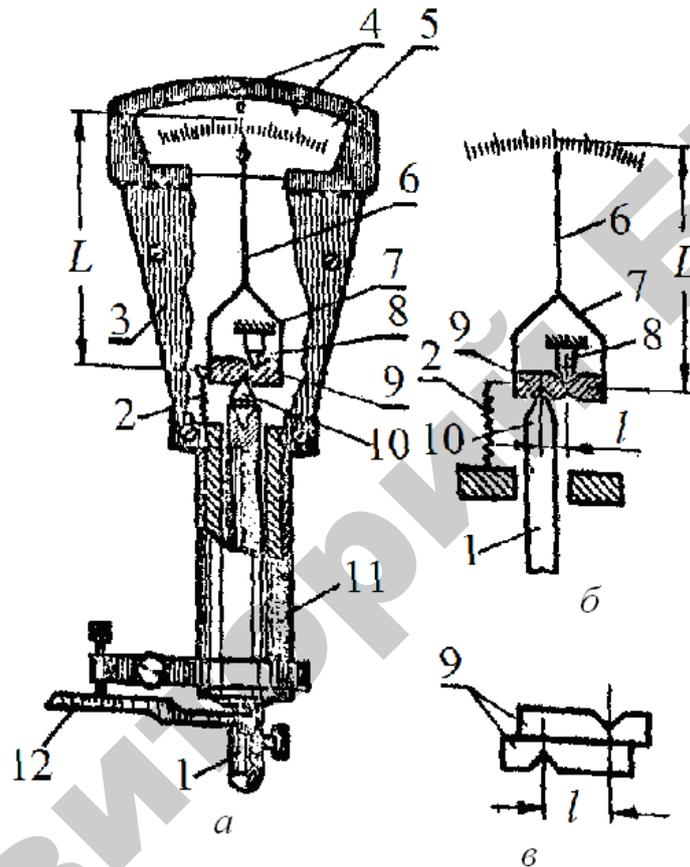


Рис. 1.2.67. Головка миниметра в разрезе (а), принципиальная схема головки (б) и составная призма (в):

1 – измерительный стержень; 2 – пружина; 3 – корпус; 4 – указатели отклонений; 5 – шкала; 6 – стрелка; 7 – рамка; 8 – стержень (ножевая опора); 9 – составная призма; 10 – самоустанавливающийся нож (ножевая опора); 11 – соединительная трубка; 12 – отводной рычаг

Головка миниметра состоит из корпуса 3, стрелки 6, шкалы 5, соединительной трубки 11, измерительного стержня 1, отводного рычага 12, при помощи которого поднимают измерительный стержень вверх, перед тем как ввести под него или вывести из-под него измеряемый объект.

Схема миниметра основана на принципе неравноплечего рычага (рис. 1.2.67б), у которого большим плечом является длина стрелки L ,

а малым плечом – расстояние между ножевыми опорами l . Одна из ножевых опор делается неподвижной, а вокруг нее происходит вращение призмы и стрелки. Другая опора связана с поступательно перемещающимся измерительным стержнем. Передаточное отношение K миниметра за счет неравноплечего рычага равно $L:l$. Так как обычно расстояние между штрихами шкалы равно 1 мм, то цена деления равна $1/K$. Длина стрелки с целью ограничения размеров головки у всех типов миниметров равна 100 мм. Тогда для получения цены деления 0,001 мм необходимо, чтобы $K = 1000$, а плечо $l = 0,1$ мм. Столь малый размер плеча вынуждает применять в рычажном устройстве ножевые опоры 8 и 10. Малое плечо l образуется при помощи составной призмы (рис. 1.2.67в), позволяющей регулировать его размер в соответствии с передаточным отношением миниметра путем сдвига одной призмы относительно другой. Такое устройство призмы обеспечивает возможность собирать миниметры с различными передаточными отношениями из одних и тех же деталей.

При перемещении измерительного стержня l вверх (рис. 1.2.67а) рамка 7 со стрелкой 6 будет поворачиваться вокруг неподвижного лезвия ножа 10 по часовой стрелке. О величине перемещения измерительного стержня судят по показаниям стрелки, скользящей вдоль шкалы 5. В исходное положение рамка 7 и стрелка 6 возвращаются под действием пружины 2, а измерительный стержень – под действием пружины, размещенной в трубке 11.

Миниметры в соединении со стойками тяжелого типа образуют распространенные приборы для измерения валов.

Настройка приборов для относительных измерений валов

Вертикальные стойки тяжелого типа (рис. 1.2.68) в комплекте с измерительными головками (микрокатером, миниметром) образуют распространенные приборы для измерений валов относительным методом.

Стойки тяжелого типа предназначены для намерения изделий высотой до 180 мм и диаметром не более 150 мм. Стойка имеет массивное чугунное основание, на котором установлены колонка 8 и регулируемый предметный столик 6. Вдоль колонки 8 перемещается кронштейн 9, на конце которого укреплена измерительная головка (микрокатер, миниметр). Кронштейн 9 крепится к колонке 8 стопорным винтом 10, а измерительная головка к кронштейну – стопорным винтом 7. Кольцо 11 фиксирует положение кронштейна 9 на колонке и тем самым осуществляет грубую установку наконечника измерительной

головки относительно стола 6. Для точной установки прибора на размер служит микровинт 1. Положение стола фиксируется стопорным винтом 2. Регулируемый стол состоит из двух основных частей: собственно измерительного стола 6 и основания 4. Плоскость измерительного стола устанавливается перпендикулярно к оси измерительного стержня. При регулировке используют плоский наконечник. Поверхность стола и плоскость наконечника должны быть параллельны.

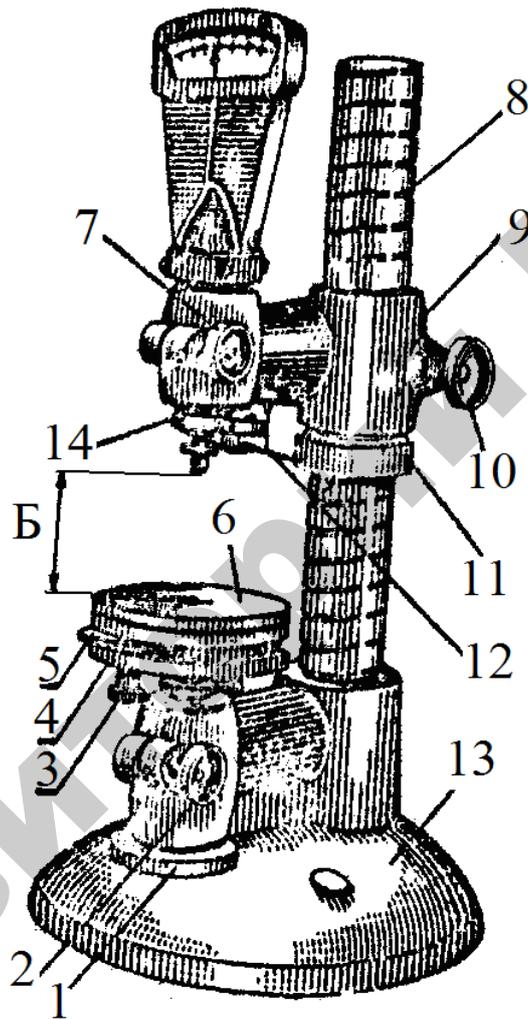


Рис. 1.2.68. Вертикальная стойка тяжелого типа с регулируемым столом:

- 1 – микровинт для точной настройки; 2 – стопорный винт стола;
- 3 – стопорный винт регулировочной гайки; 4 – основание стола;
- 5 – гайка регулировки стола; 6 – стол; 7 – стопорный винт измерительной головки;
- 8 – колонка; 9 – кронштейн; 10 – стопорный винт кронштейна; 11 – установочное кольцо;
- 12 – отводной рычаг; 13 – основание; 14 – хомут

При измерениях цилиндрических деталей диаметром более 10 мм применяют сферические наконечники, такие же наконечники применяют при измерениях плоских деталей. При измерениях цилиндрических деталей до 10 мм

применяют ножевидные наконечники; лезвие наконечника устанавливается перпендикулярно к оси измеряемого изделия. Плоские наконечники применяют при измерениях деталей, ограниченных сферическими поверхностями.

Настройка приборов на нуль осуществляется при помощи блока концевых мер. Составляют блок концевых мер в соответствии с необходимым размером. Приводят предметный стол в крайнее положение. Для этого нужно ослабить винт 2 и вращать микровинт 1 против часовой стрелки до легкого упора, после чего отпустить его на пол-оборота. Затем установить блок концевых мер на предметный стол б так, чтобы между плоскостью блока концевых мер и концом измерительного стержня был зазор около 1–1,5 мм. Для этого ослабляют винт 10 и, поддерживая одной рукой кронштейн, другой рукой вращают кольцо 11 (рис. 1.2.68) до тех пор, пока кронштейн не окажется на нужной высоте (рис. 1.2.69а). В этом положении кронштейн закрепляют винтом (рис. 1.2.69б). Блок концевых мер должен быть притерт к столу. После макронастройки производят микронастройку. Микровинтом 1 (рис. 1.2.68) поднимают предметный стол (рис. 1.2.70). Когда блок концевых мер коснется измерительного наконечника, а стрелка измерительной головки станет на нуль, положение стола закрепляют винтом 2 (рис. 1.2.68). Проверяют установку стрелки на нуль, поднимая и опуская измерительный стержень отводным рычагом 12. Если при проверке стрелка не устанавливается на нуль, операцию макронастройки повторяют.

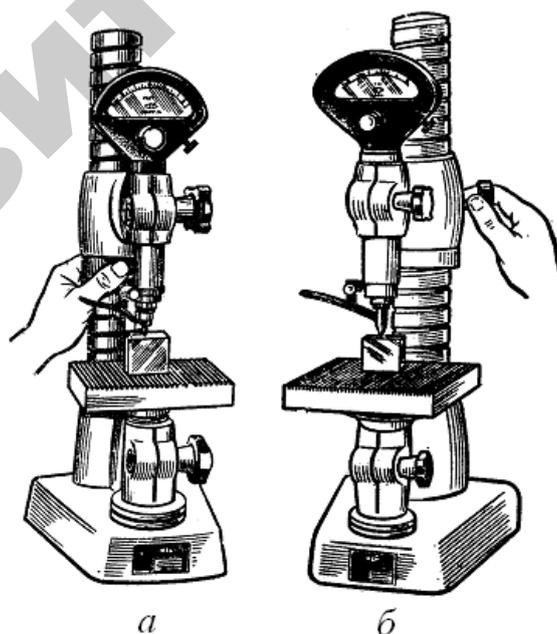


Рис. 1.2.69. Макронастройка микрометра:
а – перемещение кронштейна; б – крепление кронштейна

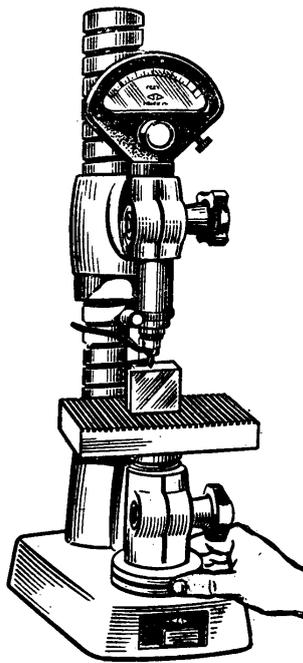


Рис. 1.2.70. Микронастройка микрометра – перемещение измерительного столика

Установив прибор на нуль, переходят к измерениям. Для выведения блока концевых мер, а также введения и выведения измеряемой детали отводят измерительный наконечник, нажимая на отводной рычаг 12 (рис. 1.2.68).

Прокатывая деталь, если это вал, под измерительным наконечником, замечают наибольшее отклонение стрелки влево или вправо от нуля. Действительный размер получают как алгебраическую сумму отклонения и размера блока, концевых мер, на который настроен прибор (рис. 1.2.71).

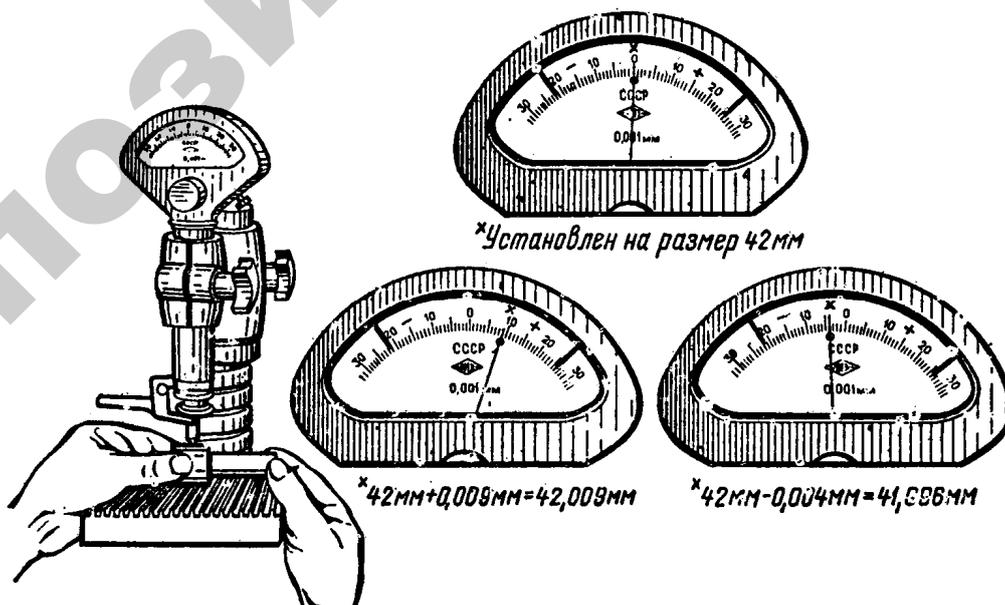


Рис. 1.2.71. Определение отклонений и подсчет действительных размеров

При массовом контроле процесс измерений может быть ускорен, если воспользоваться указателями отклонений 16 (рис. 1.2.66) и 4 (рис. 1.2.67), ограничивающими поле допуска. Для установки указателей отклонений микрометра на соответствующие деления шкалы с обратной стороны головки отодвигают задвижку и отверткой ослабляют винты, находящиеся в пазу. Эти винты связаны с указателями отклонений, их перемещают в нужном направлении и, установив указатели, закрепляют винты отверткой.

У микрокататора каждый указатель перемещается отдельно (рис. 1.2.72).

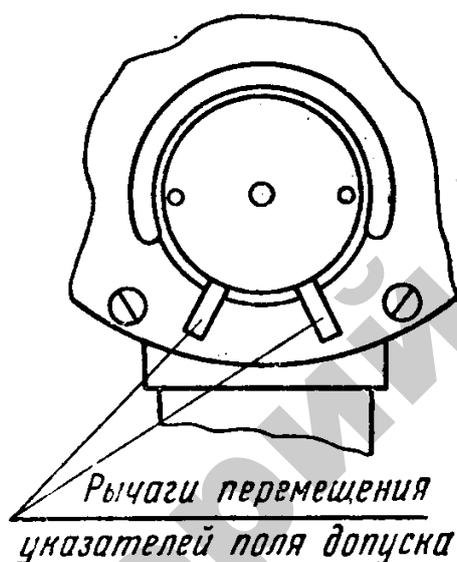


Рис. 1.2.72. Рычаги перемещения указателей отклонений микрокататора

Пример выполнения работы при измерении наружного диаметра вала на вертикальной стойке тяжелого типа в комплекте с измерительной головкой

1. Составить блок концевых мер на заданный размер или определить установочный размер, измерив деталь один раз микрометром гладким, и на него составить блок концевых мер.
2. Установить прибор на нуль по блоку концевых мер.
3. Установить указатели отклонений на границах поля допуска, если размер задан с отклонениями.
4. Ввести деталь в прибор и определить отклонения по показаниям стрелки измерительной головки.
5. Определять действительный размер детали и дать заключение об ее годности.

Рычажно-зубчатый индикатор

Рычажно-зубчатый индикатор (рис. 1.2.73а) предназначен преимущественно для измерения отклонений деталей от заданной геометрической формы в труднодоступных местах и используется, как правило, с универсальной стойкой.

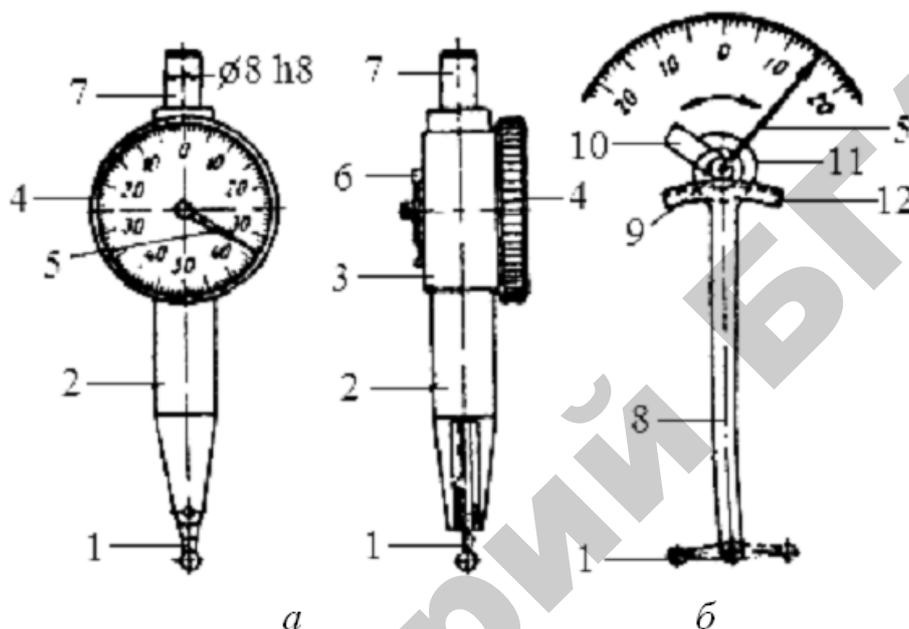


Рис. 1.2.73. Рычажно-зубчатый индикатор (а) и его схема (б):
1 – измерительный рычаг; 2 – соединительная гильза; 3 – корпус;
4 – ободок; 5 – стрелка; 6 – поводок для переключения стрелки;
7 – соединительный стержень; 8 – рычаг; 9 – зубчатое колесо; 10 – поводок;
11 – спиральная пружина; 12 – зубчатый сектор

Рычажно-зубчатый индикатор может быть использован для измерения размеров относительным методом.

Схема индикатора приведена на рисунке 1.2.73б, и принцип его работы заключается в следующем.

Отклонение измерительного рычага 1 от установленного положения, соответствующее отклонению измеряемой величины, вызывает поворот рычага 8, с которым соединен зубчатый сектор 12, находящийся в постоянном зацеплении с зубчатым колесом 9. На оси колеса 9 насажены стрелка 5 для устранения люфта и спиральная пружина 11. Измерительное усилие создается плоской пружиной, которая соединена в нижней части с рычагом 8, а в верхней – со втулкой. Втулка при помощи поводка 10 может поворачиваться вокруг оси и тем самым изменять направление действия пружины, что перево-

дит зубчатый сектор из одного крайнего положения в другое и меняет направление вращения стрелки индикатора. Крепится индикатор за цилиндрическую часть присоединительной гильзы 2 или присоединительного стержня 7 (рис. 1.2.73а). Измерительный рычаг 1 закреплен на фрикционном шарнире и может быть установлен к оси индикатора под любым углом. Угол наклона рычага изменяется по дуге на 180° . Измерительная поверхность рычага армирована твердым сплавом. Возможность переключения стрелки поводом 6 для работы в одну или другую сторону является характерной особенностью этой головки. Установка шкалы на нуль осуществляется смещением циферблата относительно конца стрелки путем поворота ободка 4, который связан со шкалой.

1.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: определить по чертежу анализ требований к точности изготовления деталей гладкого цилиндрического соединения, обосновать выбор средств измерений и дать заключение о годности деталей по каждому из контролируемых параметров.

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю.

Годность действительных размеров устанавливают либо путем их измерения, либо путем контроля. Под *измерением* понимают процесс нахождения значений физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств, а под *погрешностью измерения* – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешность измерения в значительной степени зависит от точности измерительного средства.

Проконтролировать – значит установить факт годности (негодности) проверяемого размера, что часто возможно и без определения его действительной величины.

Методы контроля подразделяются на *пассивные* и *активные*. При активных методах по существу контролируют ход технологического процесса. При этом предупреждение выдается до момента появления брака и служит сигналом для подналадки данного технологического процесса. При пассивных методах контроля констатируют годность или негодность деталей.

Наиболее часто используют схему расположения контролируемых сечений наружной цилиндрической поверхности, представленную на рисунке 1.3.1.

Годность детали определяется по результатам шести измерений в трех сечениях по длине детали 1–1, 2–2, 3–3 в двух взаимно перпендикулярных направлениях А–А и Б–Б. При данной схеме измерения можно выявить отклонения от правильной геометрической формы: конусообразность, седлообразность, бочкообразность, а также овальность поверхности.

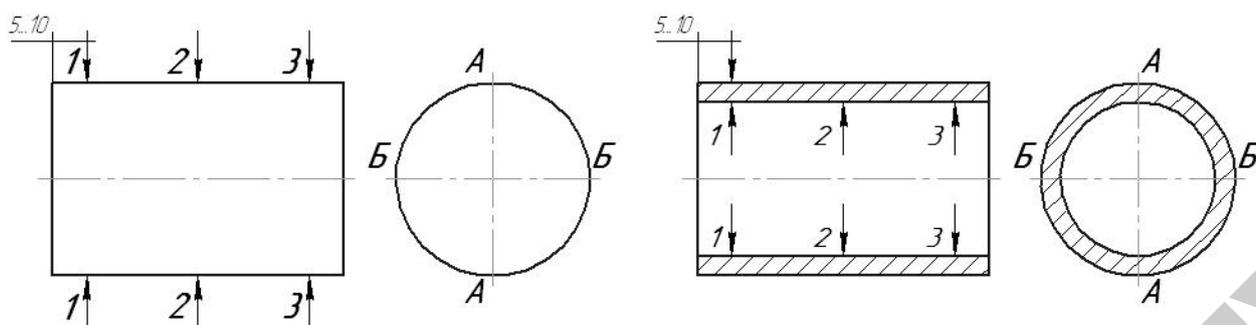


Рис. 1.3.1. Схема измерений размеров гладких наружных (а) и внутренних (б) цилиндрических поверхностей

Для оценки погрешностей формы детали определяют экстремальные значения диаметров (наибольший и наименьший действительные размеры) в продольных и поперечных ее сечениях. Для определения экстремальных значений размеров в случае таких погрешностей формы как седлообразность или бочкообразность следует уточнить методику выполнения измерений. Например, увеличить число наблюдений в сечениях, близких к сечению 2–2, перемещая прибор вдоль оси детали и принимая за окончательный результат измерения наибольшее (наименьшее) из наблюдаемых значений. Эта методика распространяется и на поиск экстремальных диаметров в поперечном сечении для выбора направлений А–А и Б–Б, что реализуется относительным поворотом средства измерения и детали.

При измерении размеров гладких наружных и внутренних цилиндрических поверхностей применяют метод непосредственной оценки с использованием станковых средств, а также метод сравнения с мерой с использованием средств, настройка которых осуществляется по плоскопараллельным кольцевым мерам или аттестованной образцовой детали.

2. Выбрать методику выполнения измерений размеров каждой поверхности (схему измерений, количество контролируемых сечений, средства измерений, вспомогательные устройства, метод поиска экстремальных диаметров и др.). Вычертить схему измерения (рис. 1.3.1) и эскиз детали.

3. Исходные данные детали занести в таблицу 1.3.1.

4. Оценить погрешности измерения, сравнить их с предельными погрешностями средств измерения (СИ) (условие пригодности к достоверному измерению – $\delta_{\text{ин}} \leq \delta$), выбрать методику выполнения измерений, обеспечивающую требуемую точность измерений.

5. Метрологические показатели выбранных средств измерений занести в таблицу 1.3.2.

Таблица 1.3.1

Исходные данные

Наименование детали	Контролируемый параметр (по чертежу)	Предельные размеры, мм		Допускаемая погрешность измерения δ , мм
		$d_{\min} (D_{\min})$	$d_{\max} (D_{\max})$	

Таблица 1.3.2

Метрологические показатели средств измерения (СИ)

Наименование СИ	Тип или модель	Диапазон измерений, мм	Диапазон показаний по вспомогательной шкале, мм	Длина деления вспомогательной шкалы, мм	Цена деления, мм	Предельная погрешность СИ $\delta_{\text{ин}}$, мм	Пригодность к достоверному измерению (годен, негоден)

6. Выполнить измерения размеров контролируемой поверхности, при необходимости уточнить методику выполнения измерений, результаты измерения записать в таблицу 1.3.3а или 1.3.3б.

Таблица 1.3.3а

Результаты измерений размеров наружных (внутренних) поверхностей абсолютным методом

Контролируемый параметр (по чертежу), мм	Плоскости измерений	Действительные размеры, мм					Заключение о годности детали
		1-1	2-2	3-3	min	max	
	А-А						
	Б-Б						
	А-А						
	Б-Б						

Результаты измерений размеров наружных (внутренних) поверхностей
относительным методом

Контролируемый параметр (по чертежу), мм	Пояса измерений	Отклонения в плоскостях измерений, мм		Действительные размеры, мм				Заключение о годности детали
		А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	min	max	
	1-1							
	2-2							
	3-3							

7. Вычертить схему расположения стандартного и действительного полей допусков по каждому контролируемому параметру (рис. 1.3.2):

$$es^D(ES^D) = d_{\max}^D(D_{\max}^D) - d_{\Pi}(D_{\Pi});$$

$$ei^D(EI^D) = d_{\min}^D(D_{\min}^D) - d_{\Pi}(D_{\Pi}).$$



Рис. 1.3.2. Схема расположения заданного и действительного полей допусков контролируемого размера

8. Выполнить анализ результатов измерений, сравнить заданные и действительные поля допусков контролируемого размера, дать заключение о годности по каждому контролируемому параметру.

1.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие размеры называют номинальными и как их определяют?
2. Что называют допуском?
3. Что называют отклонением размера?
4. Что называют нулевой линией и полем допуска?
5. В какой размерности указывают отклонения и допуски на чертежах и в справочниках?
6. Какие размеры называют действительными?
7. Что называют квалитетом, единицей допуска?
8. Какими показателями, факторами определяется точность деталей и их соединений?
9. Типы гладких цилиндрических соединений и основные эксплуатационные требования, предъявляемые к ним.
10. Понятие о размерах и их обозначение.
11. Методы измерения гладких цилиндрических поверхностей.
12. Средства измерения гладких наружных цилиндрических поверхностей.
13. Средства измерения гладких внутренних цилиндрических поверхностей.
14. Погрешность измерения и факторы, влияющие на результат измерения.
15. Требования к выбору средств измерений.

2. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ

2.1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Точность формы характеризуется отклонением формы реальной поверхности (или профиля) от формы номинальной поверхности (или профиля), заданной чертежом, и определяется в соответствии с ГОСТ 24642-81. Чтобы охарактеризовать всевозможные отклонения от номинальной поверхности или профиля, необходимо дать несколько определений.

Реальная поверхность – это поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды. Реальные поверхности деталей *1* (рис. 2.1.1) получают в результате обработки.

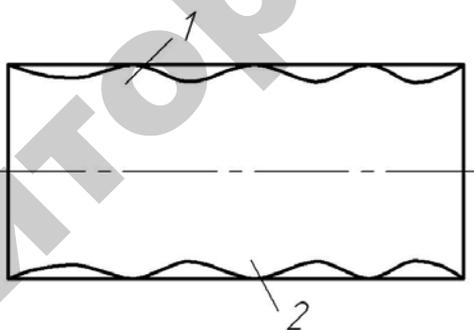


Рис. 2.1.1. Поверхности детали:
1 – реальная поверхность; *2* – номинальная поверхность

Номинальная поверхность – это идеальная поверхность, форма которой задана чертежом или другим техническим документом.

Кроме реальной и номинальной поверхностей различают номинальный и реальный профили, а также номинальное и реальное расположение поверхности (профиля). Номинальное расположение поверхности (профиля) определяется номинальными линейными и угловыми размерами, а реальное расположение поверхности (профиля) – действительными линейными и угловыми размерами, т. е. размерами реальной детали.

База – поверхность, линия, точка детали, определяющие ту плоскость или ось системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение взаимного расположения поверхностей.

Профиль поверхности – это линия пересечения (или контур) поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

Для нормирования и количественной оценки отклонений формы и взаимного расположения поверхностей используют принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей.

Прилегающая прямая – прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы расстояние от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка было минимальным (рис. 2.1.2а).

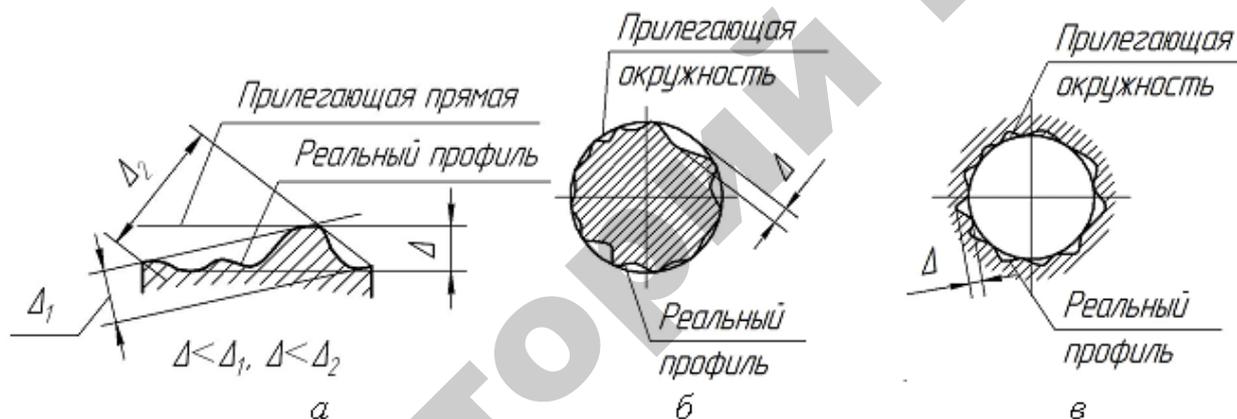


Рис. 2.1.2. Расположение прилегающей прямой (а) и прилегающих окружностей (б, в)

Прилегающая окружность – окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения детали (рис. 2.1.2б), или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 2.1.2в).

Прилегающий цилиндр – цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или цилиндр максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность (рис. 2.1.3).

Прилегающая плоскость – это плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение (рис. 2.1.4).

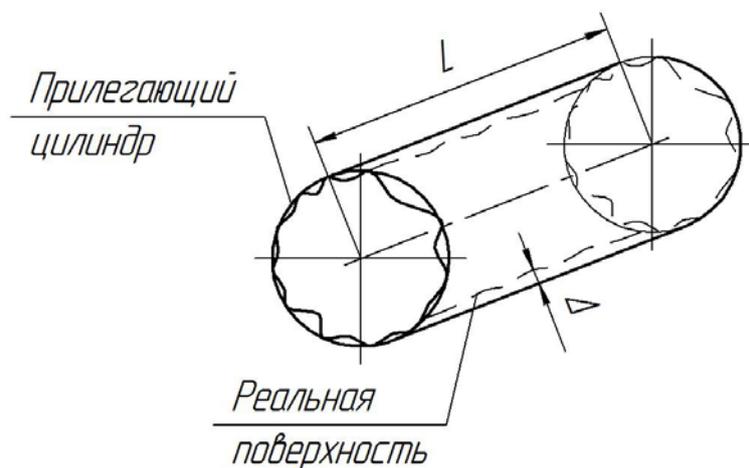


Рис. 2.1.3. Прилегающий цилиндр

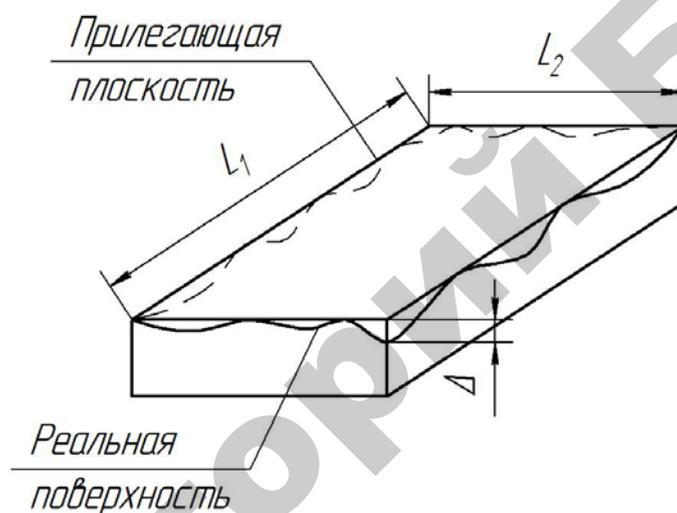


Рис. 2.1.4. Прилегающая плоскость

Приняты следующие условные обозначения:

Δ – отклонение формы или отклонение расположения поверхностей;

T – допуск формы или допуск расположения;

L – длина нормируемого участка.

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием Δ от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

Отклонения формы могут быть комплексными и частными.

Например, для цилиндрических поверхностей комплексным является отклонение от цилиндричности, которое характеризует наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра (рис. 2.1.3).

Отклонение от круглости – комплексный показатель отклонений в плоскости поперечного сечения цилиндрической детали. Отклонением от

круглости называется наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 2.1.5а).

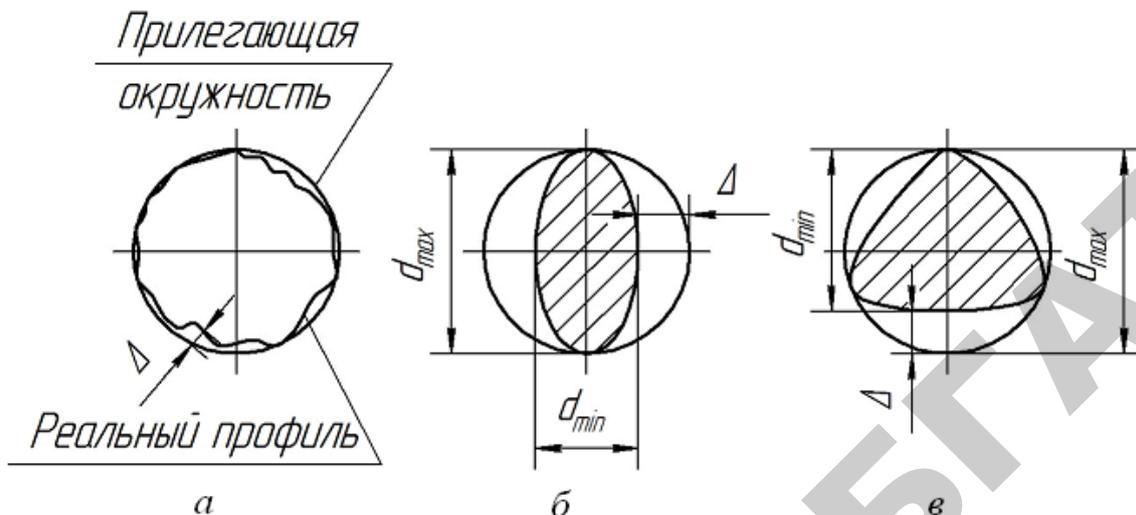


Рис. 2.1.5. Отклонения формы цилиндрической детали в поперечном сечении:
 а – отклонение от круглости; б – овальность; в – огранка

Допуск круглости T – наибольшее допустимое значение отклонения от круглости.

Частными видами отклонения от круглости являются овальность и (рис. 2.1.5б) и огранка (рис. 2.1.5в).

Овальность – это отклонение от круглости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 2.1.5б).

Численно овальность можно выразить в виде полуразности между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}.$$

Овальность возникает в результате биения шпинделя токарного или шлифовального станка, из-за неправильной формы поперечного сечения заготовки, дисбаланса детали и т. д.

Огранка – это отклонение от круглости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой многогранную фигуру (рис. 2.1.5в), очерченную отрезками дуг с центрами кривизны в различных точках. Огранка количественно определяется так же, как и отклонение от круглости, – наибольшим отклонением Δ реального профиля от прилегающей окружности.

Причиной появления огранки является изменение положения мгновенного центра вращения детали при обработке. Она появляется, как правило, при бесцентровом шлифовании и при резании, когда система «станок – приспособление – инструмент – деталь» недостаточно жесткая.

Конусообразность, бочкообразность, седлообразность, отклонение от прямолинейности оси – частные показатели отклонений профиля цилиндрических поверхностей в продольном сечении.

Конусообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 2.1.6а).

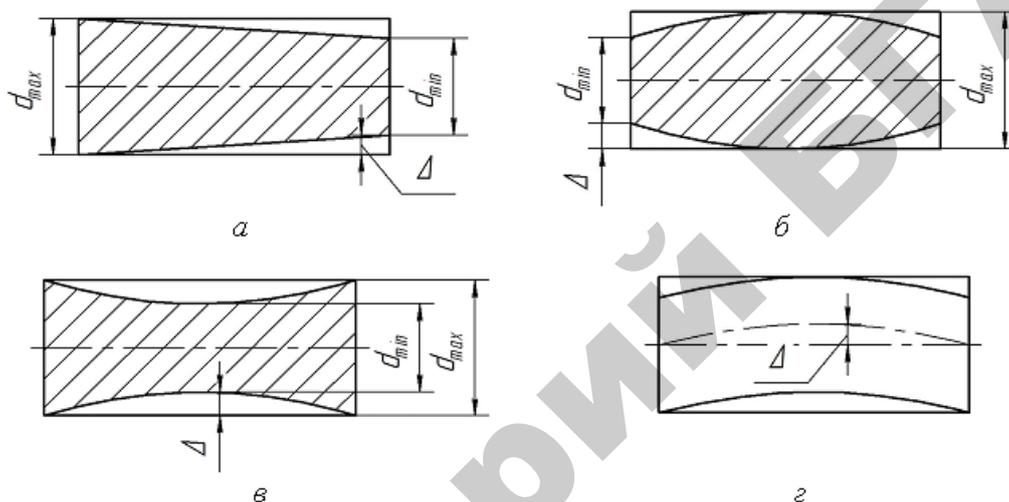


Рис. 2.1.6. Отклонения профиля в продольном сечении

Конусообразность возникает при несовпадении осей шпинделя и пиноли задней бабки станка, непараллельности оси шпинделя направляющим станины и т. п.

Бочкообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 2.1.6б). Чаще всего причиной бочкообразности является прогиб вала при малой его жесткости в процессе обточки в центрах.

Седлообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рисунок 2.1.6, в). Причины возникновения седлообразности – несовпадение центров токарного станка в вертикальной плоскости или обработка толстых коротких валов в нежестких центрах.

Количественно конусообразность, бочкообразность и седлообразность равны полуразности между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном и том же продольном сечении:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}.$$

Зная частные показатели отклонений профиля, можно вносить коррективы в технологический процесс и устранять причины, вызывающие эти отклонения, так как любое из них снижает ресурс подвижных соединений и надежность неподвижных.

Отклонение от плоскостности – комплексный показатель отклонений формы плоских поверхностей. Оно характеризуется совокупностью всех отклонений формы поверхности и численно равно наибольшему расстоянию Δ от реальной поверхности до прилегающей плоскости (рис. 2.1.7а). Вогнутость (рис. 2.1.7б) и выпуклость (рис. 2.1.7в) – частные виды отклонений формы плоских поверхностей.

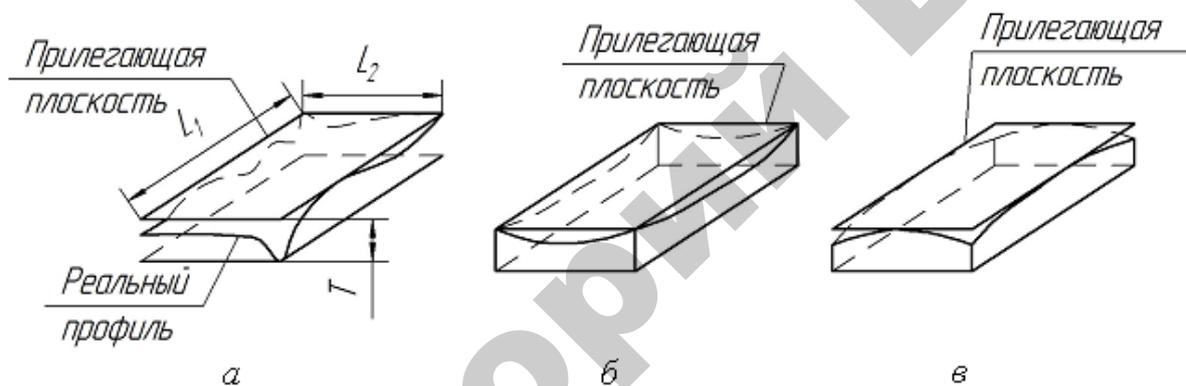


Рис. 2.1.7. Отклонения формы плоских поверхностей:
а – отклонение от плоскостности; б – вогнутость; в – выпуклость

Отклонение от прямолинейности в плоскости (рис. 2.1.8) – комплексный показатель отклонений профиля сечения плоских поверхностей. Численно оно равно наибольшему расстоянию от реального профиля до прилегающей прямой.

Отклонение формы заданного профиля (поверхности) – наибольшее отклонение (рис. 2.1.9) точек реального профиля (поверхности) от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю (поверхности).

Все виды отклонений от правильной геометрической формы отрицательно сказываются на работе соединений. В подвижных соединениях отклонения формы приводят к уменьшению фактической площади контакта, увеличению удельных нагрузок, ухудшению условий смазывания и, в результате, к значительному сокращению ресурса соединения из-за быстрого износа сопрягаемых поверхностей. В соединениях с натягом отклонения формы приво-

дят к уменьшению реального натяга и, как следствие, к снижению надежности соединения.

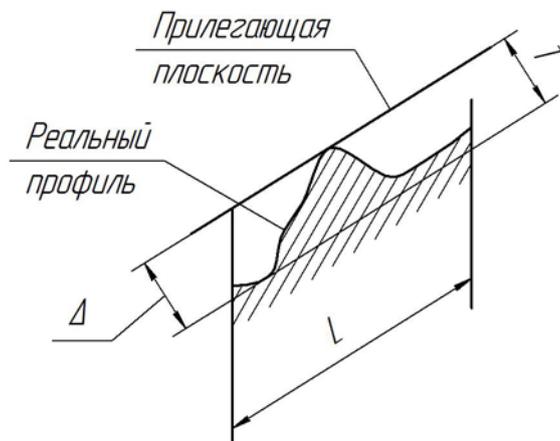


Рис. 2.1.8. Отклонение от прямолинейности в плоскости



Рис. 2.1.9. Отклонение формы заданного профиля

Для взаимозаменяемости соединений ГОСТ 24643-81 устанавливает предельные отклонения в зависимости от принятой степени точности. Стандартом определено 16 степеней точности, в которых предельные отклонения формы соответствуют ряду R5 предпочтительных чисел.

Относительная геометрическая точность формы цилиндрических поверхностей и соотношение допусков формы и размера в зависимости от условий применения следующие: нормальная 60 %, повышенная 40 %, высокая 25 % и очень высокая до 25 %.

Если предельные отклонения формы не установлены, их следует ограничить допуском на размер.

2.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА КОНТРОЛЬ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель работы: изучить методики выполнения контроля отклонений от прямолинейности, от круглости и профиля продольного сечения деталей цилиндрической формы.

2.2.1. Контроль прямолинейности плоской поверхности

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю (на основании чертежа).
2. Выбрать методику и средства измерений.
3. Измерить отклонения каждой контролируемой поверхности от прямолинейности. Результаты измерений представить в табличной форме.
4. Выполнить анализ результатов измерений. Сравнить измеренные отклонения от прямолинейности с допустимыми. Дать заключение о годности детали по контролируемому параметру.
5. Оформить отчет о лабораторной работе.

Средства измерений и вспомогательные устройства

Объект контроля: деталь с одной или с несколькими прямолинейными поверхностями.

Станковые приборы: стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой или пружинной головкой. Набор плоскопараллельных концевых мер, линейка лекальная, плита поверочная.

Выполнение измерений

С качественной стороны отклонения рельефа контролируемой поверхности (линии) от прямолинейности (выпуклость, вогнутость, волнистость) могут быть оценены по просвету при наложении на исследуемую поверх-

ность лекальной линейки (рис. 2.2.1.1). Для количественной оценки применяют измерительную головку и образец прямолинейности (рис. 2.2.1.2).



Рис. 2.2.1.1. Контроль прямолинейности лекальной линейкой

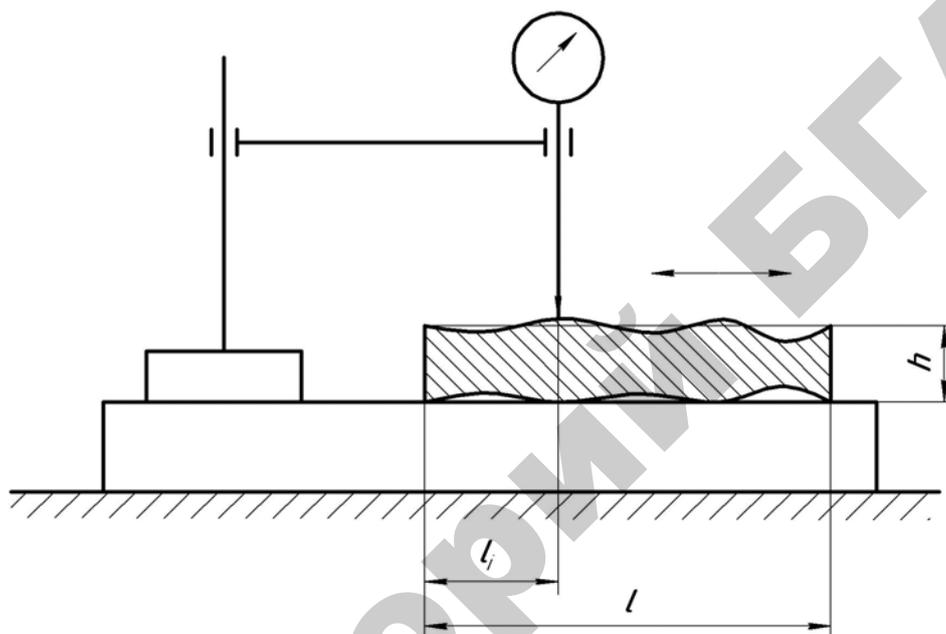


Рис. 2.2.1.2. Контроль прямолинейности измерительной головкой

Предварительная оценка отклонений от прямолинейности позволяет выбрать количество и координаты точек, подлежащих контролю, например, при выпуклости или вогнутости поверхности отклонение от прямолинейности можно оценить по координатам трех точек, а при волнистости необходимо выявить экстремумы. Отклонения от прямолинейности определяются измерением ординат контролируемой поверхности детали. Деталь устанавливается на плиту так, чтобы контролируемая поверхность была примерно параллельна плоскости плиты.

Для установки можно использовать измерительные прокладки и специальные приспособления; контролируемая поверхность может быть обращена вниз (к плите) или вверх.

Измерение ординат осуществляется при перемещении прибора относительно контролируемой детали, причем шаг его перемещения определяется в зависимости от наличия и характера экстремумов. Измерительную головку

устанавливают с натягом на произвольную точку контролируемой поверхности, отклонения записывают с учетом знака. По окончании цикла измерений проверяют, сохранилась ли предварительная настройка прибора.

Диаграмма измерений представлена на рисунке 2.2.1.3.

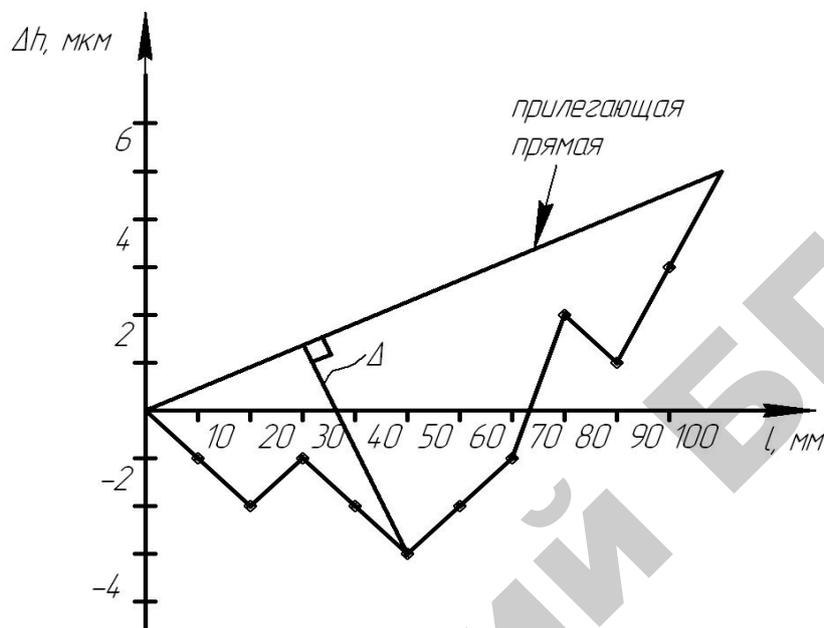


Рис. 2.2.1.3. Диаграмма измерений

Оформление результатов измерений

Если контролируемая поверхность устанавливалась на плите по двум крайним точкам с одинаковыми ординатами и отклонение от прямолинейности имеет характер вогнутости или выпуклости, то отклонение оценивают по алгебраической сумме наибольшего и наименьшего отклонений.

Результаты измерений представляют в виде таблицы 2.2.1.1.

Таблица 2.2.1.1

Результаты измерений

Координаты	Значение координат точек											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Абсцисса, мм												
Ордината № 1, мкм												
Ордината № 2, мкм												

Сравнивая измеренное отклонение от прямолинейности с допуском, дают заключение о годности детали по контролируемому параметру.

2.2.2. Контроль круглости и профиля продольного сечения цилиндрической поверхности

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ требований к точности параметров детали, подлежащих контролю (на основании чертежа).
2. Выбрать методику выполнения и средства измерений.
3. Выполнить измерения отклонений формы профиля в поперечном и продольном сечениях для каждой контролируемой поверхности. Результаты измерений представить в табличной форме.
4. Обработать результаты измерений и провести их анализ, сравнить измеренные отклонения от круглости и профиля продольного сечения цилиндрической поверхности с допустимыми, дать заключение о годности детали по контролируемому параметру.
5. Оформить отчет о лабораторной работе.

Средства измерений и вспомогательные устройства

Объект контроля: цилиндрическая деталь.

Средства измерений: штангенциркуль, станковые приборы (стойка или штатив с индикатором часового типа или другой рычажно-зубчатой или пружинной головкой, стойка с оптикатором и др.).

Меры и вспомогательные устройства: набор плоскопараллельных концевых мер длины, линейка лекальная, плита поверочная.

Выполнение измерений

Оценка погрешностей формы в осевом сечении детали «на просвет» с помощью лекальной линейки (рис. 2.2.2.1) дает представление о виде отклонения при седлообразности (рис. 2.2.2.1а) и бочкообразности (рис. 2.2.2.1б), а также при отклонении оси детали от прямолинейности (рис. 2.2.2.1в), количественная оценка возможна с использованием образцов просвета (рис. 2.2.2.1г) или измерительной головки (рис. 2.2.2.2).

Деталь устанавливается на плиту так, чтобы контролируемая поверхность была примерно параллельна плоскости плиты. Для установки можно использовать измерительные прокладки и специальные приспособления – призмы.

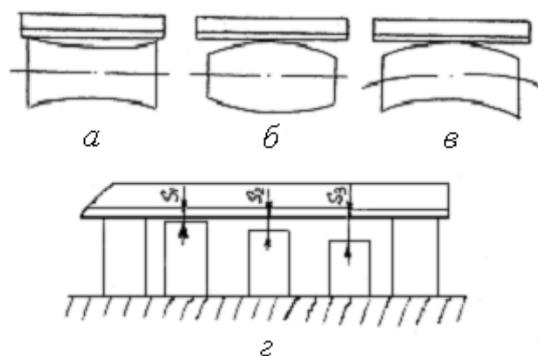


Рис. 2.2.2.1. Оценка погрешностей формы:
a – седлообразность; *б* – бочкообразность; *в* – отклонение оси от прямолинейности;
г – использование образцов просвета

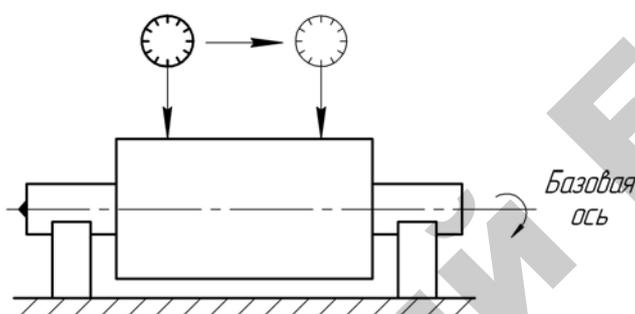


Рис. 2.2.2.2. Измерение отклонений формы профиля в продольном сечении измерительной головкой

Измерение ординат осуществляется при перемещении прибора относительно контролируемой детали. Измерительную головку *устанавливают с натягом* на произвольную точку контролируемой поверхности, *отклонения записывают с учетом знака*. По окончании цикла измерений проверяют, сохранилась ли предварительная настройка прибора.

Оформление результатов измерений

Оформление результатов контроля круглости (овальности) и профиля продольного сечения представляют в виде таблицы 2.2.2.1.

Таблица 2.2.2.1

Результаты измерений

Результаты измерения для детали или поверхности	Сечение детали		
	1-1	2-2	3-3
Показания прибора <i>max</i> , мкм			
Показания прибора <i>min</i> , мкм			
$\Delta\phi$ ($\Delta ов$), мкм			

2.3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение номинальным и реальным поверхностям.
2. Что такое прилегающий элемент?
3. Что такое отклонение формы?
4. Какие допуски формы нормируют в соответствии со стандартом?
5. Как обозначают допуски формы на чертежах?
6. Виды отклонений формы, условные знаки, используемые для указания допуска на чертежах, и примеры обозначения на чертежах.
7. Что такое отклонение от прямолинейности и частные виды отклонений?
8. Как определить допуск формы цилиндрической поверхности детали, если назначен только допуск размера?
9. Какие вы знаете причины возникновения частных видов отклонений профиля продольного сечения?
10. Перечислите все виды отклонений формы цилиндрических поверхностей.
11. Какие вы знаете методы и средства контроля прямолинейности? Предложите методику выполнения измерений (МВИ).
12. Какие вы знаете методы и средства контроля плоскостности? Предложите МВИ.
13. Какие вы знаете методы и средства контроля отклонений от крутости? Предложите МВИ.
14. Какие вы знаете методы и средства контроля отклонений профиля продольного сечения? Предложите МВИ.
15. Какая существует связь между допуском формы и допуском на размер в зависимости от уровня относительной геометрической точности?

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Аристов [и др]. – Москва : Академия, 2006. – 384 с.
2. Никифоров, А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. – Москва : Высшая школа, 2002. – 510 с.
3. Никифоров, А. Д. Метрология, стандартизация и сертификация / А. Д. Никифоров, Т. А. Бакиев. – Москва : Высшая школа, 2002. – 421 с.
4. Пальчевский, Б. Н. Методические указания к лабораторным работам по взаимозаменяемости, стандартизации и техническим измерениям / Б. Н. Пальчевский [и др.]. – Минск : БГАТУ, 1999. – 122 с.
5. Санцевич, В. И. Допуски и технические измерения / В. И. Санцевич. – Минск : Оракул, 1995. – 268 с.
6. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев, В. В. Терегеря. – Москва : Логос, 2001. – 536 с.
7. Соломахо, В. Л. Стандартизация и сертификация / В. Л. Соломахо [и др.]. – Минск : ВУЗ-ЮНИТ, 2001. – 260 с.

Для заметок

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Лабораторный практикум

В двух частях

Часть 1

Составители:

Романюк Николай Николаевич,
Сашко Константин Владимирович,
Вольский Александр Леонидович и др.

Ответственный за выпуск В. Н. Основин

Редактор А. И. Третьякова

Компьютерная верстка А. И. Третьяковой

Подписано в печать 28.06.2012 г. Формат 60×84¹/₈.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 13,48. Уч.-изд. л. 5,27. Тираж 100 экз. Заказ 637.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».

ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.

ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.

Пр. Независимости, 99-2, 220023, Минск.