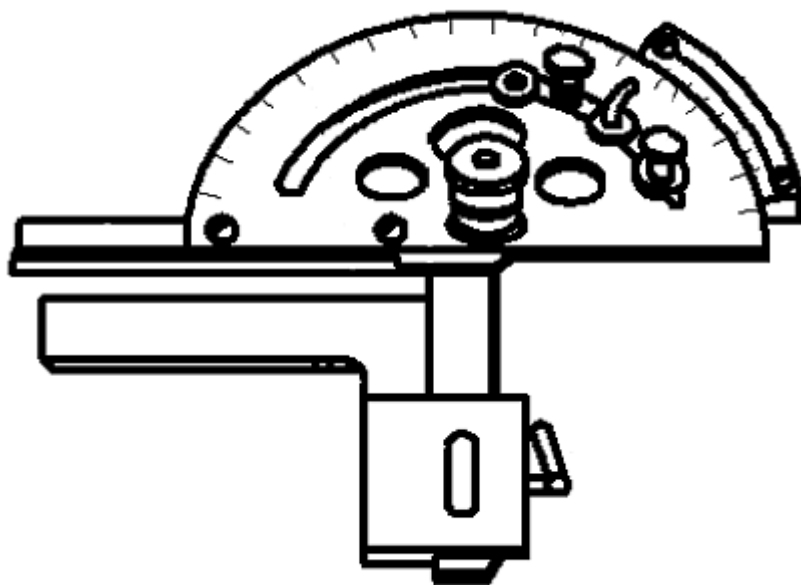


М.Н. Жукова

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

*Учебно-методическое пособие к лабораторным работам
для студентов всех форм обучения*



Санкт-Петербург

2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

М.Н. Жукова

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ
ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

*Учебно-методическое пособие к лабораторным работам
для студентов всех форм обучения*

Санкт-Петербург

2017

УДК 668.516(075)
ББК 30.10 я 7
Ж 862

Жукова М.Н. Метрология, стандартизация и сертификация. Технические измерения: учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов всех форм обучения / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2017.- 103 с.: ил. 55.

Учебно-методическое пособие состоит из семнадцати работ, которые выполняются в лаборатории взаимозаменяемости кафедры материаловедения и технологии машиностроения. Настоящее издание содержит необходимые теоретические сведения и позволяет студентам подготовиться к лабораторным работам.

Рецензент: зам. директора института безотрывных форм обучения ВШТЭ СПбГУПТД, канд. техн. наук, доцент В.О. Варганов.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой материаловедения и технологии машиностроения Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (протокол №8 от 25.05.2017).

Утверждено к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол №6 от 01.06.2017).

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ВШТЭ в качестве учебно-методического пособия.

© Высшая школа технологии
и энергетики СПбГУПТД, 2017

© Жукова М.Н., 2017

Учебное издание

Мария Николаевна Жукова

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ.
ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие к лабораторным работам
для студентов всех форм обучения

Редактор и корректор Т.А. Смирнова
Техн. редактор Л.Я. Титова
Компьютерный набор и верстка М.С. Локтевой

Темплан 2017г., поз.87

Подп. к печати 29.05.17. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Печать офсетная. Объем 6,75 печ. л.; 6,75 уч. – изд. л.
Тираж 100 экз. Изд. №87. Цена "С". Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики
СПбГУПТД, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Физические величины

Физическая величина – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении – индивидуальное для каждого объекта (длина, масса, температура и т. д.).

Размер физической величины – количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.

Значение физической величины – выражение физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Отвлеченное число, входящее в значение физической величины, называется числовым значением. Например, диаметр отверстия $\varnothing 25$ мм.

Действительное значение физической величины – значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него. При технических измерениях значение физической величины, найденное с допустимой по техническим требованиям погрешностью, принимается за действительное значение.

Истинное значение физической величины – значение физической величины, которое идеальным образом характеризовало бы в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину.

Единица измерения физической величины – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

В качестве единицы измерения длины в системе СИ принят метр. 17-я Генеральная конференция мер и весов, проходившая в 1983 году, приняла определение метра.

Метр – это длина пути, проходимого в вакууме светом за $1/299792458$ долю секунды.

Единицей измерения плоского угла является радиан, который равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

В машиностроении применяются дольные единицы (единицы, в целое число раз меньшие системной или внесистемной единицы): линейные

единицы - миллиметры и микрометры; угловые единицы - градусы, минуты и секунды.

Истинный размер – размер, полученный в результате обработки, изготовления, значение которого нам не известно, хотя оно и существует.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Линейный размер (размер) – числовое значение линейной величины в метрах или его частях.

Угловой размер – угол между двумя поверхностями или осями в радианах, градусах, минутах или секундах. Частный случай – отклонение от прямого угла или точность расположения зубьев зубчатого колеса в микрометрах.

1.2. Измерения

Измерение физической величины – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получения значения этой величины.

Контроль – частный случай измерения, при котором устанавливается соответствие физической величины допускаемым предельным значениям.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно.

Косвенное измерение - определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Метод измерения – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерения.

Принцип измерения – физическое явление или эффект, положенное в основу измерения (механический, индуктивный, пневматический, оптоэлектронный).

Метод непосредственной оценки – метод измерения, в котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерения.

Метод сравнения с мерой – метод измерения, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Дифференцированный метод измерения – метод измерения, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей

известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Например, сначала настраивают измерительный прибор по мере, а потом измеряют отклонение от настроенного размера. Действительный размер в этом случае равен алгебраической сумме размера меры и измеренного отклонения.

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

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

Для проведения измерений используются различные средства измерений.

ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Деление шкалы прибора – промежуток между двумя соседними отметками его шкалы.

Длина (интервал деления шкалы) – расстояние между осями двух соседних отметок шкалы.

Цена деления шкалы – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы: например, 0,001 мм при длине (интервале) деления шкалы прибора равной 1 мм.

Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, в пределах которой нормированы допустимые погрешности средств измерения.

Измерительная сила – сила воздействия измерительного наконечника на контролируемую поверхность в зоне контакта.

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

Погрешность измерения – разность между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины.

Точность измерений – характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов. При высокой точности погрешности всех видов минимальны.

Точность средств измерений – качество средств измерений, характеризующее близость к нулю их погрешностей.

Чувствительность измерительного прибора – отношение измерения сигнала на выходе измерительного средства к вызвавшему его измерению измеряемой величины.

Поправка – величина, которая алгебраически должна быть прибавлена к показанию измерительного прибора или к номинальному значению меры, чтобы исключить систематические погрешности и получить значение измеряемой величины или значение меры, более близкое к их истинным значениям.

Для обеспечения высокой точности измерений в нашей стране создана Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). В систему ГСИ включены ГОСТ 8.001-71-8.098-73, ГОСТ 8.050-73 на нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ ЕДИНИЦЫ ДЛИНЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ

Плоскопараллельные концевые меры длины составляют основу современных линейных измерений в машиностроении. Основное их назначение – поддержать единство мер в промышленности. Концевые меры длины широко применяются для проверки приборов, калибров для точной разметки, наладки станков и настройки приборов.

Плоскопараллельные концевые меры длины (ГОСТ 8306-90) представляют собой стальные прямоугольные плитки или цилиндрические стержни, имеющие две параллельные зеркально отполированные поверхности

(рис. 1, а и б).

Изготавливаются плоскопараллельные концевые меры длины из закаленной стали ($HRC \geq 62$) или твердого сплава. За размер плоскопараллельной концевой меры длины принимают ее длину l , определяемую длиной перпендикуляра, опущенного из любой точки одной из ее измерительных поверхностей на противоположную измерительную поверхность. Так как

практически невозможно получить идеальную плоскость и параллельность измерительных поверхностей, то за размер концевой меры принимается ее средняя длина l_{cp} (рис. 1, в), то есть длина перпендикуляра, опущенного из середины одной рабочей поверхности меры на другую рабочую поверхность. Отклонением от плоскопараллельности называется разность между срединной длиной концевой меры и ее длиной в любой точке.

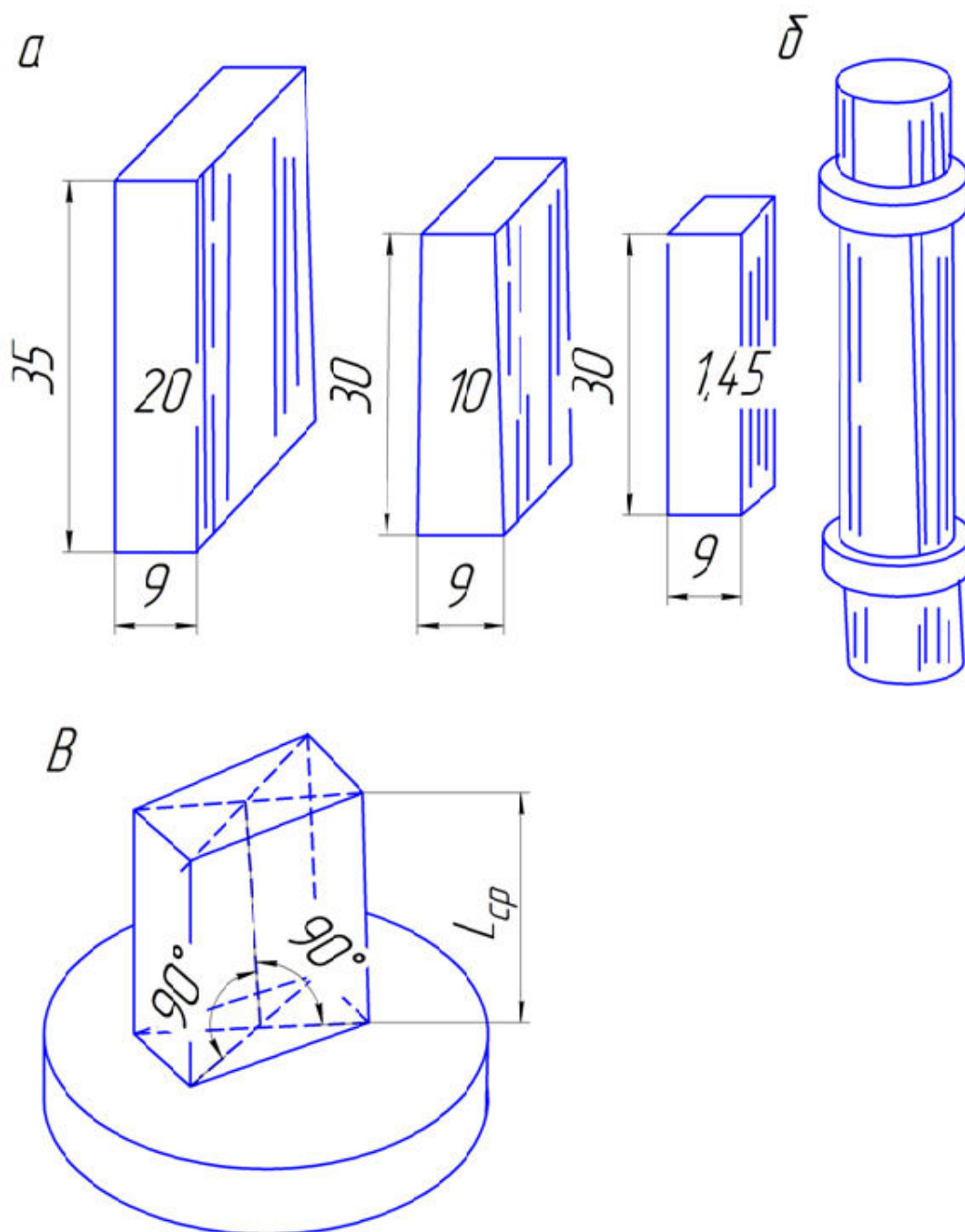


Рис.1. Плоскопараллельные меры длины: а – призматические;
 б – цилиндрическая; в - срединная

Характерной особенностью плоскопараллельных концевых мер является притираемость их друг к другу измерительными поверхностями, способность прочно сцепляться рабочими поверхностями. Это дает возможность из одного набора мер составлять различные комбинации размеров. Притирку мер в блок производят в определенной последовательности: к мерам больших размеров последовательно притирают меры меньших размеров, причем меньшую меру накладывают на край большей (рис. 2), сдвигают верхнюю вдоль длинного ребра меры до совпадения плоскостей обеих мер.

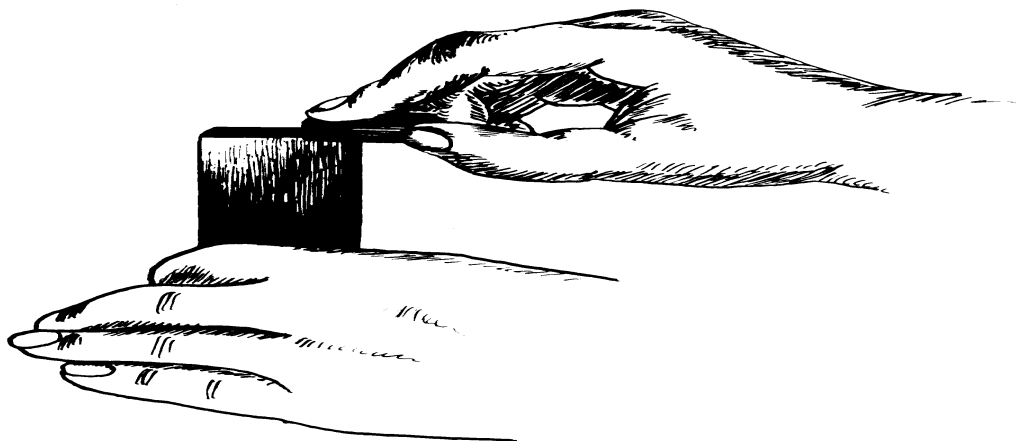


Рис. 2. Притирка концевых мер длины

По точности изготовления концевые меры делятся на четыре основных класса: 0, 1, 2 и 3 и два дополнительных 4 и 5. Отечественной промышленностью выпускается 15 различных наборов концевых мер от 4 до 116 мер в наборе. Градация размеров мер, используемых в работах, приведена в табл. 1.

Размеры мер в наборах

Таблица 1

Размеры мер, мм		Градация мер, мм	Количество мер
от	до		
1,00	1,49	0,01	50
1,5	9,5	0,5	17
10	100	10	10
0,5	-	-	1
1,005	-	-	1

Для более широкого использования концевых мер к ним выпускаются наборы принадлежностей, включающих различные боковички (радиусные, центровые, чертильные и др.), а также державки (струбцины) для крепления блоков концевых мер с боковичками, благодаря которым можно собрать однопредельные скобы и неполные пробки для непосредственных измерений наружных и внутренних размеров деталей.

Приступая к работе с плоскопараллельными концевыми мерами длины, следует предварительно рассчитать, какие меры нужно взять для составления данного блока. Количество мер в блоке должно быть минимальным, так как погрешность блока складывается из погрешностей отдельных мер. Расчет мер на наружный размер следует начать с подбора меньших мер, показатель которых содержит последний знак десятичной дроби составляемого размера.

Пример: Требуется составить блок мер размером 88,875 мм.

Подбираем необходимые меры, мм:

первая мера, входящая в блок.....	1,005
остаток.....	87,87
вторая мера.....	1,37
остаток.....	86,5
третья мера.....	6,5
остаток.....	80
четвертая мера	80

Таким образом, в блок войдут меры 1,005 мм; 1,37; 6,5; 80. Затем нужно извлечь из футляра необходимые меры, очистить их от защитной смазки, промыть бензином и насухо вытереть чистой тряпочкой.

Притирку мер в блок производят по описанной выше методике. После использования блока концевых мер для настройки или проверки измерительного средства, меры необходимо законсервировать и уложить в соответствующие ячейки футляра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗМЕРЕНИЕ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

К штангенинструментам относятся штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмас, штангензубомер и др. (рис. 3).

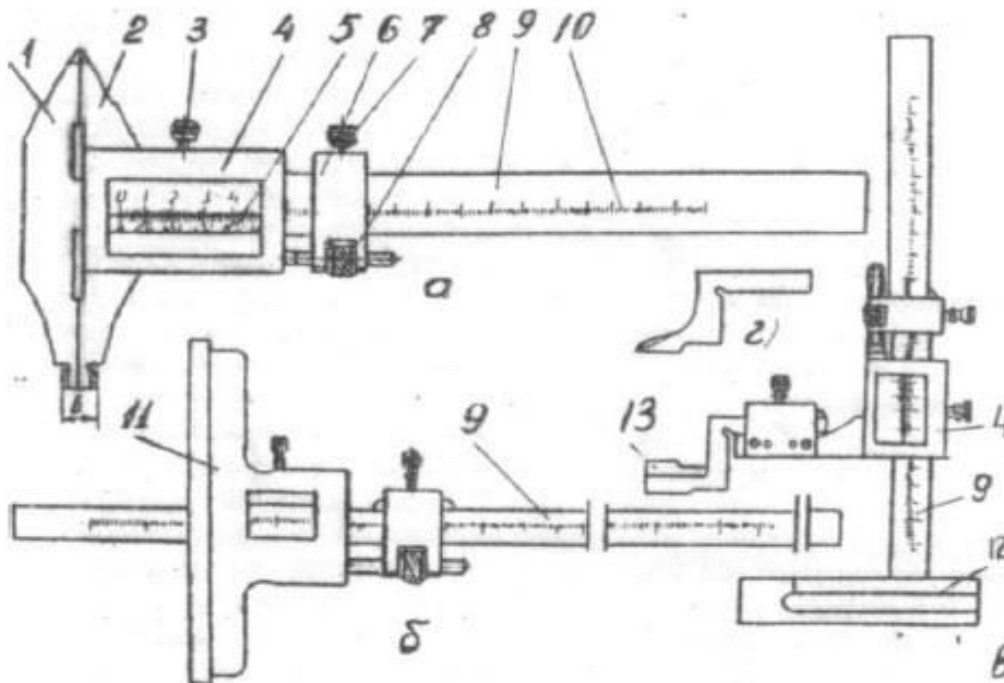


Рис.3. Штангенинструменты:

а – штангенциркуль; б – штангенглубиномер;

в – штангенрейсмас; г – ножка разметочная штангенрейсмаса

Штангенциркуль служит для измерения наружных и внутренних гладких изделий, в некоторых случаях для разметки. Штангенциркуль состоит из штанги 9, на конце которой имеется неподвижная губка 1, рамки 4 с подвижной губкой 2 (рис. 3, а). Для плавного перемещения рамки с подвижной губкой предусмотрен микрометрический винт с гайкой 8 и хомутом 6. Для осуществления микрометрических измерений подвижной губки необходимо открепить винт 3 рамки 4 и закрепить винт 7 хомута 6.

Отличительной особенностью штангенинструментов является наличие у них двух штриховых шкал – основной 10 на штанге и вспомогательной 5 на рамке 4. Основная шкала служит непосредственно для измерения и с показаниями этой шкалы сравнивается измеряемый размер. Дополнительная

шкала, называется нониусом, служит для повышения точности отсчета по основной шкале.

Штангенглубиномер (рис. 3, б) служит для измерения глубины отверстий и состоит из основания 1, которое является базой при измерении, штанги 9 с основной шкалой и микрометрической подачи.

Штангенрейсмас (рис. 3, в) предназначен для разметочных работ в машиностроении, а также для измерения высотных размеров деталей, устанавливаемых для этого на плиту. Штангенрейсмас состоит из основания 12, штанги 9, рамки 4, измерительной ножки 13. Для выполнения разметочных работ применяется ножка разметочная (рис. 3, г).

В данной лабораторной работе студенты должны произвести измерения размеров, указанных на чертеже (рис. 4) деталей, при помощи штангенинструментов. Размеры L_1 и L_2 измеряются штангенрейсмасом, размеры D_1 , D_2 и D_3 измеряются штангенциркулем, а размеры l_1 и l_2 штангенглубиномером.

Перед началом измерения необходимо убедиться, что номера, выбитые на обеих деталях, совпадают и записать этот номер в отчет. Затем нужно проверить начало отсчета – «нольпункт» инструментов, для чего следует у штангенциркуля (рис. 3, а) свести измерительные губки, обеспечив их беззазорное соприкосновение; штангенглубиномер (рис. 3, б) необходимо установить на проверочную плиту основанием 11 и переместить штангу 9 до соприкосновения с поверхностью проверочной плиты; штангенрейсмас установить основанием 2 на проверочную плиту, опустить рамку 4 до соприкосновения измерительной ножки 13 с поверхностью плиты. У всех штангенинструментов показание по шкале должно соответствовать нулю, т.е. нулевой штрих шкалы нониуса должен совпасть с нулевым штрихом основной шкалы. Если в результате многократной проверки показание инструмента не будет равно нулю, необходимо это показание инструмента – погрешность установки на ноль – записать и учесть при дальнейших измерениях. Для измерения размеров деталей штангенинструментами, например штангенциркулем, необходимо открепить рамку и хомутик, передвинуть их вдоль штанги, расположить рамку так, чтобы измеряемую деталь можно было установить между мерительными плоскостями губок; применяя микрометрическое устройство, переместить рамку до обеспечения плотного прилегания поверхностей обеих губок к поверхностям измеряемой детали. В этом положении следует закрепить стопорный винт рамки и, сняв инструмент с изделия, отсчитать показания по шкале штанги и нониусу.

При измерении внутренних размеров следует учесть толщину В (рис. 3, а) губок штангенциркуля, величина которых намаркирована на одной из губок.

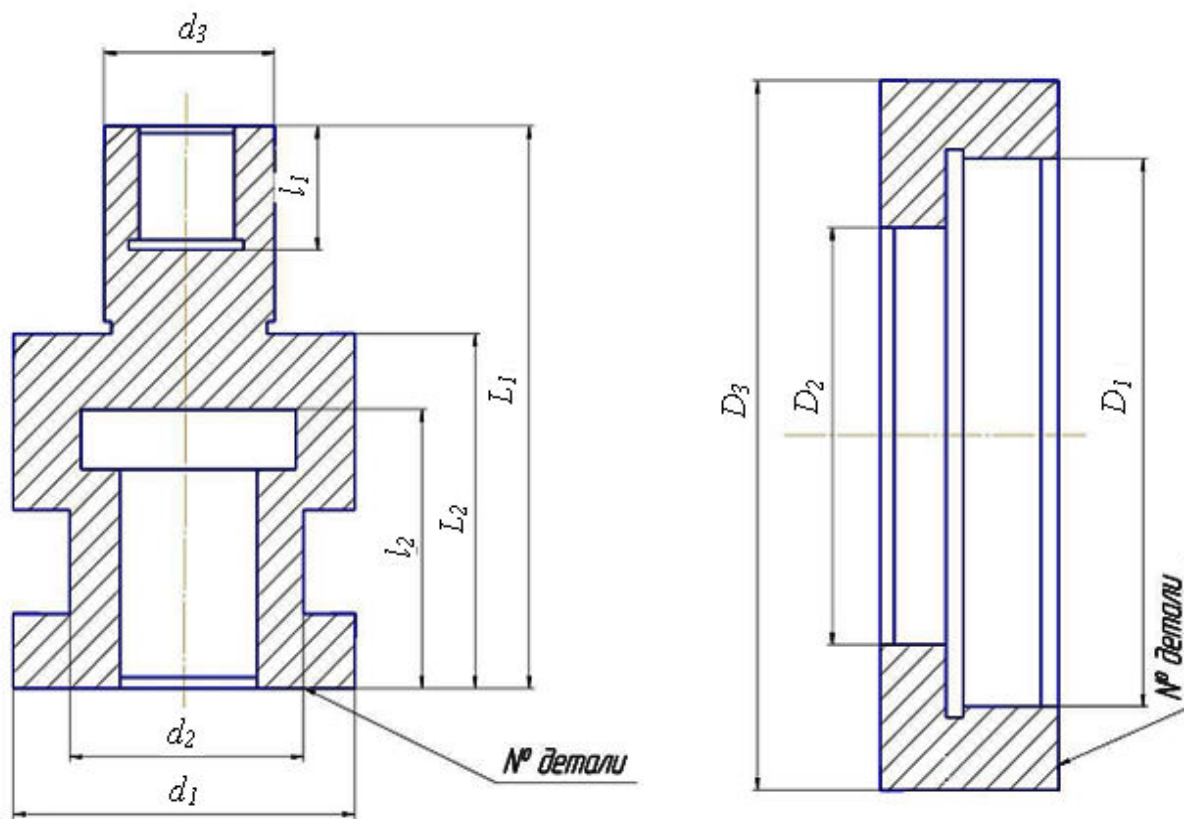


Рис.4. Чертежи контролируемых деталей

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскизы измеряемых деталей, указать их номера и проставить обозначения контролируемых размеров.
3. Произвести проверку документов на «нольпункт».
4. Произвести измерения контролируемых размеров (**не менее трех раз**).
5. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).
6. Дать заключение о годности деталей, для чего построить поле допусков на контролируемые размеры и нанести на них значения действительных размеров.

Рекомендуемая форма таблицы отчета

Измерительный инструмент или прибор	Цена деления шкалы, мм	Пределы измерения, мм	Результат проверки «нольпункта», мм	Результаты измерения, мм			
				1	2	3	среднее арифм.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗМЕРЕНИЕ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Микрометрические инструменты являются одними из самых распространенных средств для измерения линейных размеров. В настоящее время выпускается много типов стандартизированных микрометрических инструментов, из которых основными являются: гладкий микрометр, микрометрический глубиномер и микрометрический нутромер. Все стандартизированные микрометрические инструменты имеют цену деления шкалы 0,01 мм. Измерительным устройством микрометрических инструментов является точно изготовленная микрометрическая пара с определенным шагом, обычно равным 0,5 мм. Винтовую пару используют для преобразования небольших продольных перемещений винта в большие окружные перемещения шкалы барабана. Цену деления шкалы барабана с n делениями определяют из выражения:

$$i = \frac{P}{N},$$

где P – шаг винта, мм.

Для удобства отсчета целого числа оборотов винта служит продольная шкала, нанесенная на стебле с интервалом делений, равным шагу винта.

Гладкий микрометр (рис. 5) состоит из скобы 1 с запрессованными в нее пяткой 2 с мерительной плоскостью и стеблем 3. Микрометрический винт 5 ввернут в микрометрическую гайку стебля, а его цилиндрическая часть со второй мерительной плоскостью направляется точным отверстием в левой части стебля.

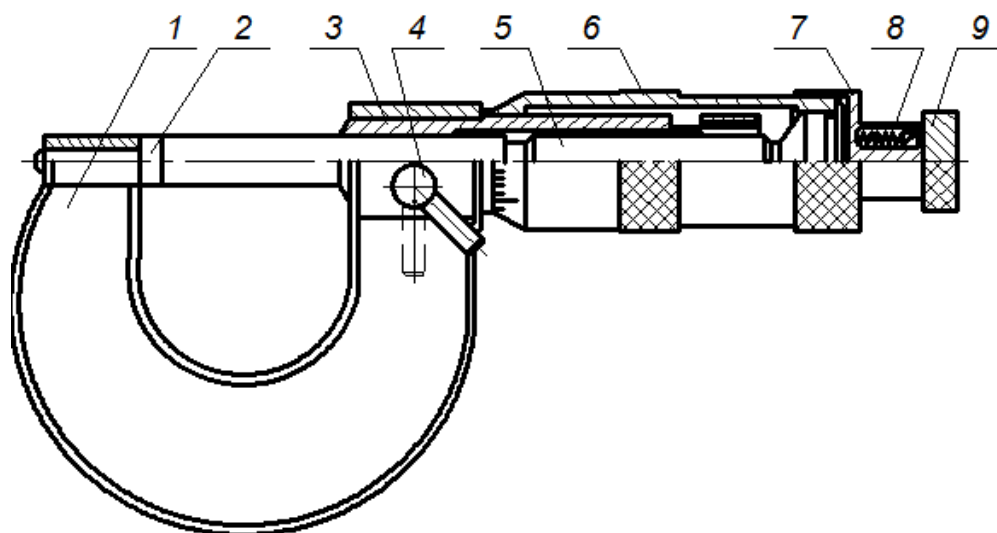


Рис. 5. Гладкий микрометр

Барaban 6 крепится к микровинту колпачком 7, обеспечивающим сопряжение конических поверхностей 8 микровинта и колпачка. Трещотка 9 служит для обеспечения постоянной измерительной силы (500-800 г.с. с колебанием ± 100 г.с.), стопор 4 служит для фиксации положения микровинта.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал. Первая шала с ценой деления 0,5 мм нанесена на стебле. При вращении барабана он перемещается вдоль стебля. Целые и доли миллиметров отсчитываются как открывающиеся из-под торца барабана. Вторая круговая шкала состоит из 50 делений и нанесена на коническую часть барабана. Поворот барабана с микровинтом на одно деление относительно продольного штриха на стебле соответствует перемещению торца микровинта на величину 0,01 мм. Пределы измерения микрометра зависят от размеров скобы и измерительного перемещения микровинта. Гладкие микрометры типа МК (ГОСТ 6507 – 90) выпускаются с пределами измерения 0-25; 25-50 и т. д. до 275-300 мм, т.е. через 25 мм, а для микрометров с пределами измерения свыше 300мм – через 100 мм; 300-400; 400-500 и т.д. до 900-1000 мм.

Перед началом измерения микрометр, как и все микрометрические инструменты, необходимо проверить на ноль. Для этого вращением барабана за трещотку при отпущенном стопоре следует осуществить контакт мерительных плоскостей микрометра.

При проверке микрометра с пределами измерения от 25-50 мм и больше между мерительными плоскостями должны устанавливаться специальные

меры, входящие в комплект инструмента, или соответствующие концевые меры. Если после трехкратного пощелкивания трещотки не происходит совпадения нулевого штриха круговой шкалы барабана с продольным штрихом стебля, необходимо добиться их совмещения следующим образом: отсоединить барабан 6 (рис.5) от микровинта 5, отвернув колпачок 7, повернуть отсоединенный барабан 6 до совпадения нулевого штриха его шкалы с продольным штрихом на стебле 3, удерживая микрометр за барабан, затянуть колпачок 7 до отказа. Затем следует отпустить стопор 4, повернуть барабан 6 на 1-2 оборота против часовой стрелки и вновь проверить правильность установки на ноль. В случае необходимости настройку повторить.

Микрометрический глубиномер (ГОСТ 7470-92) состоит из основания 1 (рис. 6) с запрессованным в него стеблем 4, микрометрического винта 3 с измерительным стержнем 1, барабана 5, колпачка 6 с трещоткой 7 и стопора 8.

Устройство узла микрометрического винта и отсчетного устройства микрометрического глубиномера аналогичны устройству микрометра, с той лишь разницей, что нулевой штрих по шкале стебля у глубиномера расположен справа, а не слева, как у микрометра. Измерительными поверхностями микрометрического глубиномера являются: нижняя плоскость основания и торец сменного измерительного стержня. Микрометрические глубиномеры выпускаются с двумя, тремя и четырьмя сменными измерительными стержнями, что обеспечивает увеличение верхнего предела измерения соответственно до 50 мм; 75 и до 100 мм.

Перед началом измерения микрометрический глубиномер необходимо проверить на ноль. Для этого нужно вставить в посадочное отверстие микрометрического винта 3 разрезным концом измерительный стержень 1, обеспечивающий пределы измерения 0-25 мм; установить основание 2 измерительной поверхностью на проверочную плиту и, слегка прижимая основание к плите, с помощью трещотки 7 перемещать микровинт 3 до касания измерительного стержня с поверхностью плиты. Положение микровинта следует зафиксировать стопором 8; если в этом положении нулевая риска на барабане не совмещается с основной риской на стебле, следует произвести настройку микрометрического глубиномера аналогично тому, как настраивается микрометр.

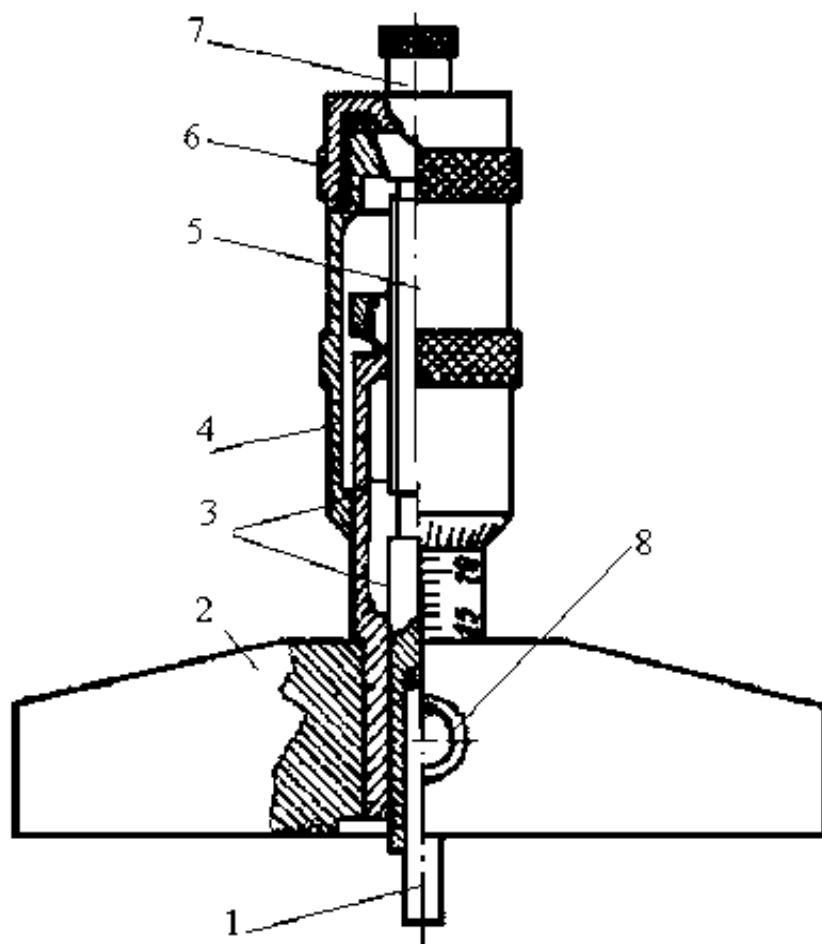


Рис.6. Микрометрический глубиномер

Микрометрический нутромер (ГОСТ 17215-88) служит для измерения внутренних размеров. Он состоит из микрометрической головки, наконечника и сменных удлинителей. К микрометрическому винту 4 (рис. 7,а), имеющему одну мерительную сферическую поверхность 8, при помощи колпачка 7 присоединяется барабан 6, на скошенной части которого нанесено 50 делений. Микрометрический винт ввинчивается в микрометрическую гайку 5 и центрируется по калиброванному отверстию в стебле 2. В нужном положении микровинт фиксируется при помощи стопорного винта 3. На наружной поверхности стебля 2 нанесены деления, равные шагу микровинта (0,5 мм). В левой части стебля запрессована пятка 1 со второй мерительной поверхностью.

Для увеличения пределов измерения микрометрического нутромера предназначен набор сменных удлинителей (рис.7,в). Удлинитель состоит из стержня 11 определенной длины (13, 25, 50 и т.д. до 1000 мм), заключенного

в трубку 10, и пружины 9, обеспечивающей постоянное давление стержня при свинчивании удлинителя с микрометрической головкой.

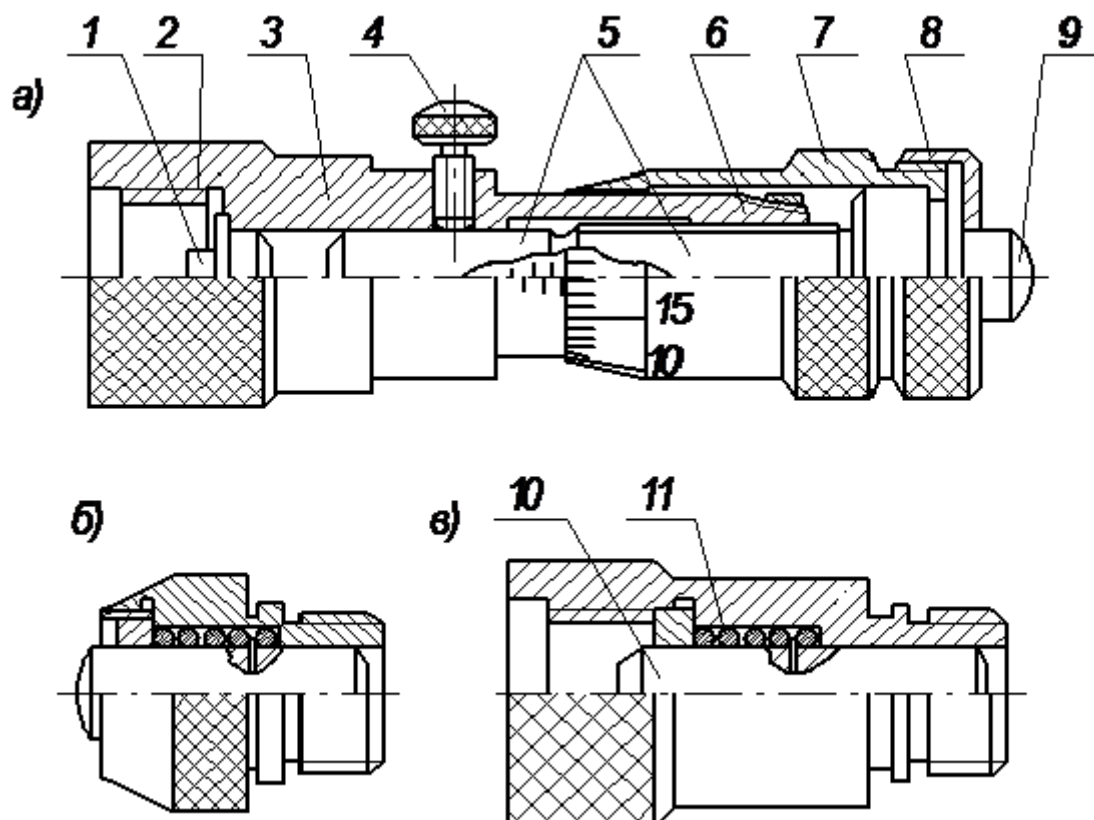


Рис.7. Микрометрический нутромер

Для сочленения микрометрической головки с удлинителем необходимо с головки свинтить защитную гайку (рис.7,а), а на ее место до упора навинтить необходимый удлинитель. Пределы измерения нутромера и применяемые удлинители приведены в таблице 2.

Погрешность нутромера выше, чем погрешность микрометра и глубиномера, так как у него нет устройства, обеспечивающего постоянство мерительного усилия. В связи с этим допустимая погрешность микрометрического нутромера находится в пределах $\pm 0,08$ мм.

Для проверки установки микрометрической головки на ноль необходимо воспользоваться установочной скобой, находящейся в футляре инструмента. Установочную скобу (ее размер 75 мм) нужно прикрепить в вертикальном положении к торцу футляра инструмента при помощи винта. Привернуть наконечник к микрометрической головке, отпустить стопорный винт 3,

свинтить нутромер, ввести его между поверхностями скобы и, вращая микровинт, добиться легкого контакта его мерительных поверхностей с плоскостями скобы. При этом нутромер следует слегка покачивать для того, чтобы зафиксировать кратчайшее расстояние. В случае несовпадения нулевого деления барабана 6 с продольным штрихом стебля 2 следует отвинтить колпачок 7, освободить барабан 6, а затем вращением барабана совместить его нулевое деление с продольным штрихом стебля. Положение барабана зафиксировать колпачком 7. Повторить проверку правильности установки.

В данной лабораторной работе требуется произвести измерение размеров деталей (рис.4) при помощи микрометрических инструментов. Диаметральные размеры d_2 , d_3 , D_3 деталей измеряются микрометрами. Размеры l_1 и l_2 – глубины отверстий измеряются микрометрическим глубиномером. Диаметр D_1 отверстия измеряется микрометрическим нутромером. При измерении диаметра D_1 ввести нутромер в контролируемое отверстие, как показано на рис.8, и, покачивая его, измерить максимальный размер.

Пределы измерения нутромера, мм

Таблица 2

Пределы измерения	Применяемые удлинители		
75-88	-	-	-
88-100	13	-	-
100-113	-	25	-
113-125	13	25	-
125-138	-	-	50
138-150	13	-	50
150-163	-	25	50
163-170	13	25	50

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскизы измеряемых деталей, указать их номера, проставить обозначения контролируемых размеров.

3. Измерить размеры контролируемых поверхностей масштабной линейкой и определить пределы измерений инструментов для их контроля.

4. Произвести проверку выбранных инструментов на ноль и, при необходимости, произвести настройку.

5. Выполнить измерение контролируемых размеров (**не менее трех раз**).

6. Занести результаты измерения в таблицу (форма таблицы приведена в работе №1, с 13).

7. Дать заключение о годности деталей.

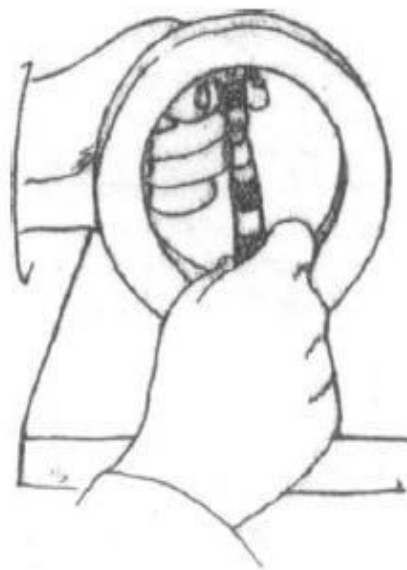


Рис. 8. Измерение диаметра

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ ПЛАСТИНЫ ТРАНСПОРТИРНЫМ УГЛОМ

Угломеры предназначены для измерения углов. В данной работе рассматриваются механические угломеры с нониусом, которые выпускаются двух типов: тип 1 - транспортирный и тип 2 - универсальный.

Транспортирный угломер (рис. 9) состоит из транспортира 2, к которому жестко прикреплена линейка 1, и сектора с подвижной линейкой 4 и нониусом 8. В нужном положении сектор с подвижной линейкой может быть закреплен винтом 7. Для точной установки линейки 4 служит микрометрический винт с гайкой 6. При точных перемещениях необходимо открепить винт 7 и закрепить винт 5.

Этот угломер дает возможность измерять углы от 0 до 180°, причем для измерения углов от 0 до 90° на подвижную линейку 4 надевается угольник 3 и закрепляется винтом 9, а углы от 90° до 180° измеряют транспортирным угломером без угольника.

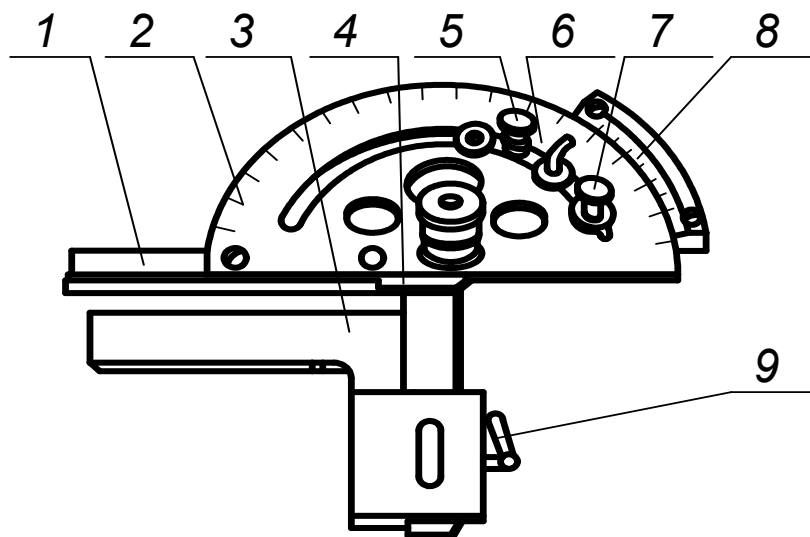


Рис. 9. Транспортирный угломер

Величина отсчета по нониусу транспортирного угломера составляет $2'$, а погрешность показаний лежит в пределах $\pm 2'$.

Перед началом измерения необходимо проверить нольпункт угломера, для этого нужно на линейку 6 надеть и зафиксировать в беззазорное соприкосновение. При этом нулевая риска основной шкалы должна совпасть с нулевой риской шкалы нониуса. Если показание угломера не равно нулю, следует его записать и учесть в процессе измерения.

В этой работе требуется при помощи транспортирного угломера измерить все углы пластины.

Измерение углов пластины транспортирным угломером осуществляется наложением линеек угломера 1 и 4 (для тупых углов) и 1 и 3 (для острых углов) на стороны пластины, образующие измеряемый угол. При настройке угломера между его линейками и сторонами пластины не должно быть зазора на просвет.

Это обеспечивается микрометрической подачей винта 5. Отсчет угломера снимается следующим образом: число целых градусов определяется по основной шкале транспортира как отсекаемое нулевой риской шкалы нониуса, а число минут определяется по шкале нониуса по риске, совпадающей с риской основной шкалы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.

2. Зарисовать в отчет эскиз пластины, указать ее номер и обозначение углов.
3. Проверить транспортир на «нольпункт».
4. Произвести измерение всех углов пластины (каждого угла не менее трех раз).
5. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена в работа №1, с 13).
6. Подсчитать сумму среднеарифметических результатов измерений углов. Сумма углов должна быть в пределах $360^\circ \pm 10'$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ РЕЗЬБОВЫМ МИКРОМЕТРОМ

Средним диаметром d_2 резьба с нечетным числом заходов называется расстоянием между параллельными боковыми сторонами профиля витков, измеренное перпендикулярно к оси резьбы (рис.10).

Для измерения среднего диаметра резьбы применяются различные инструменты и приборы, например метод трех проволочек, измерение на инструментальных микроскопах и т.д. В данной лабораторной работе измерение среднего диаметра резьбы осуществляется при помощи резьбового микрометра.

Резьбовой микрометр – микрометрический инструмент, предназначенный для измерения среднего диаметра наружных резьб. По конструкции он аналогичен гладкому микрометру (см. работу №2) и отличается от последнего устройством пяток, в которых предусмотрены отверстия для помещения сменных вставок 1 и 2 (рис.11,а) с измерительными поверхностями в форме выступов и впадин измеряемой резьбы (см. рис.10).

Цилиндрические хвостовые вставки имеют продольные прорезы и пружинят в отверстиях, где они упираются в закаленные шарики, что позволяет им самоустанавливаться по углу подъема резьбы. В современных резьбовых микрометрах жесткая опора выполнена с регулируемой пяткой. Резьбовой микрометр, благодаря специальным вставкам (рис.11,в), может измерять также наружные и внутренние диаметры резьб. Резьбовой микрометр используется при контроле крепежных резьб 6, 7 и 8 классов

точности (ГОСТ 17722-72). Каждая пара вставок (рис.10, в) предназначена для измерения резьб определенного шага: 0,4-0,5; 0,6-0,8; 1-1,5; 1,75-2,5 и 3-4,5 мм. Резьбовые микрометры по ГОСТ 4380-93 выпускаются для измерения резьб диаметром от 0 до 350 мм с интервалом 25 мм: 0-25; 25-50; ... 325-350 мм. Цена деления барабана – 0,01 мм. Предельная погрешность резьбовых микрометров зависит от шага и диаметра резьбы и может составлять $\pm 0,01 \div 0,03$ мм.

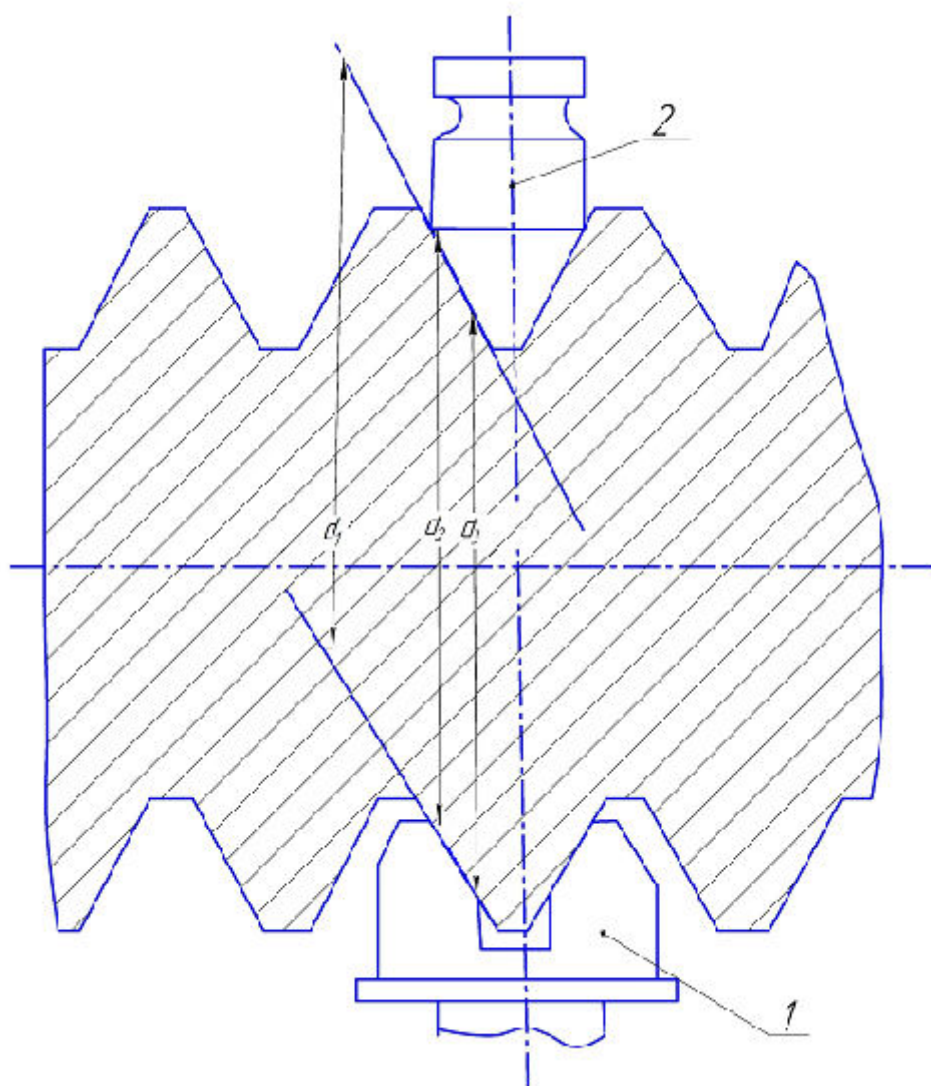


Рис10. Схема измерения среднего диаметра резьбы

В данной лабораторной работе требуется измерить средний диаметр d_2 резьбовой детали. Для этого необходимо определить шаг резьбы при помощи резьбомера, имеющего набор шаблонов резьбовых профилей с резьбовым шагом, величина которого дана на шаблонах. Прикладывая шаблоны поочередно к ниткам резьбы, на просвет определяется равенство шага резьбы и шаблона. Затем следует в соответствии с шагом резьбы отобрать из

футляра резьбового микрометра соответствующие вставки. Вставку с конусом поместить в гнездо микровинта, а вставку призматическую в гнездо пятки.

После этого следует произвести установку микрометра на ноль, для чего надо вращением за трещотку привести в соприкосновение поверхности вставок. В резьбовых микрометрах с регулируемой пяткой нулевое показание устанавливается перемещением последней, при отсутствии регулируемой пятки настройка на ноль производится также, как и у гладких микрометров (см. работу №2). Резьбовые микрометры с пределами свыше 25 мм настраиваются по специальным установочным мерам (рис.11,б).

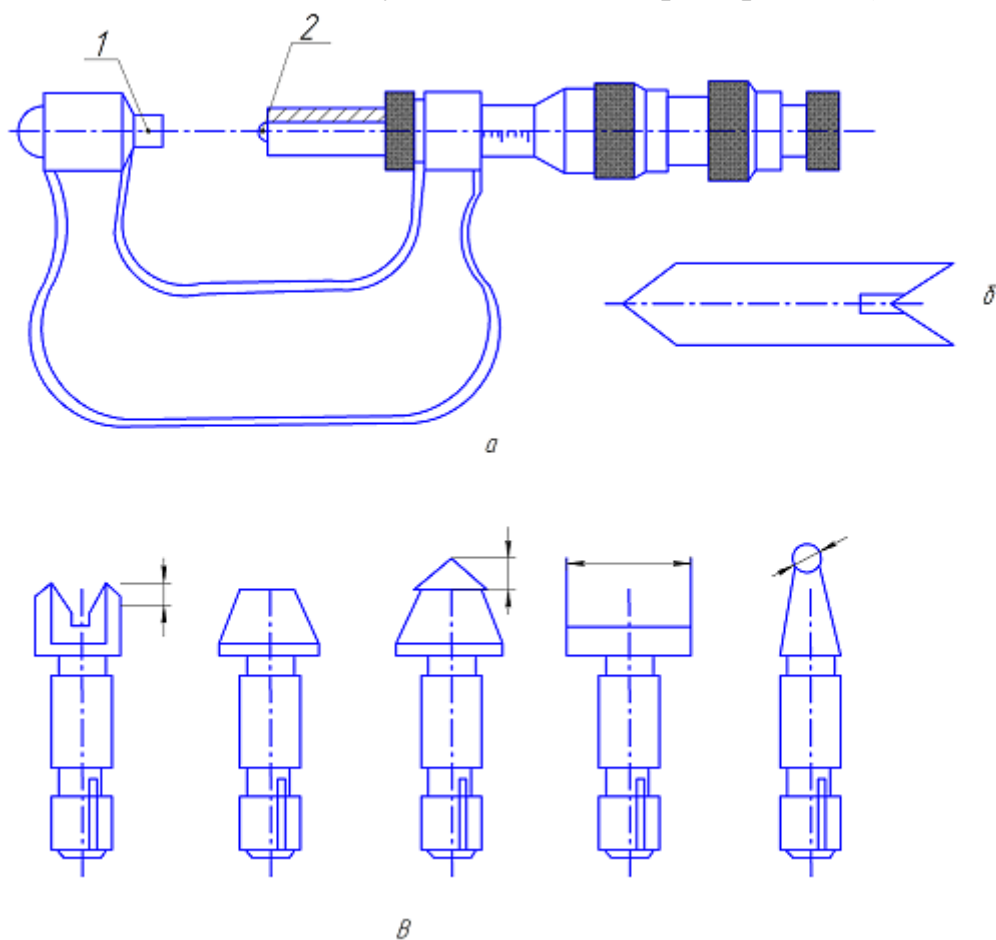


Рис. 11. Резьбовой микрометр

Для измерения среднего диаметра d_2 резьбы следует ввести контролируемую резьбовую деталь между наконечниками и, пользуясь трещоткой, свести вставки до контакта с поверхностью детали.

Для самоконтроля правильности измерения рекомендуется после измерения зафиксировать положение микровинта стопором и между вставками микрометра осторожно прокатить проверяемую резьбу.

Если резьба проходит между вставками с легким усилием, то измерение произведено правильно и следует произвести отсчет по шкалам. Если же усилие чрезмерно велико или отсутствует, то измерение следует повторить.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз измеряемой детали, указать ее номер и маркировку.
3. Привести в отчете схему измерения среднего диаметра d_2 резьбы.
4. При помощи резьбомера определить шаг резьбы.
5. Подобрать необходимые сменные вставки и настроить микромер на ноль.
6. Произвести измерение среднего диаметра резьбы (**не менее трех раз**).
7. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).
8. Построить схему полей допусков и дать заключение о годности детали.

Рекомендуемая форма отчета

Данные о детали	
Наименование и маркировка	
Класс точности по ГОСТ 17722-72	
Шаг резьбы, мм	
Номинальный средний диаметр, мм	
Данные о резьбовом микрометре	
Пределы измерения, мм	
Цена деления, мм	
Результат проверки на ноль	
Показания резьбового микрометра	
1	
2	
3	
Среднее	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗЬБЫ НА МАЛОМ И БОЛЬШОМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МИКРОСКОПАХ

Отечественная промышленность выпускает инструментальные микроскопы: ММИ – малый инструментальный микроскоп с пределом измерения до 75 мм, БМИ – большой инструментальный микроскоп с пределом измерения до 150 мм (ГОСТ 8003-71). Эти микроскопы предназначены для измерения угловых и линейных размеров, основных параметров наружной резьбы, резьбовых калибров, метчиков, резьбовых фрез и др. изделий с резьбой. Кроме того, на микроскопах проверяют изделия и калибры сложных форм: шаблоны, фасонные резцы, штампы и т.п. Измерение на микроскопах чаще всего производят бесконтактным методом в прямоугольных или полярных координатах.

Измеряемую деталь АБ (рис.12) рассматривают через объектив ОБ микроскопа. Изображение АБ, получается действительным, обратным и увеличенным. Глаз наблюдателя через окуляр ОК видит мнимое обратное и еще раз увеличенное окуляром изображение детали A_2B_2 .

Для обеспечения лучшего визирования микроскопы снабжены сменными объективами различной степени увеличения.

Инструментальный микроскоп состоит из основания 20 (рис. 13) с координатным предметным столиком 18 и колонны 7 с тубусом 4 микроскопа. Предметный стол установлен на салазках, передвигающихся на шариковых направляющих в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Перемещения стола осуществляются и регулируются с помощью двух микрометрических винтов 16 и 21. Целые миллиметры отсчитываются по шкале стебля, а доли по шкале барабана (цена деления 0,005 мм). Для увеличения пределов измерения стол можно отодвинуть за рукоятку 22 влево и между микровинтом и столом установить необходимую концевую меру 17.

Небольшие плоские детали располагают на предметном стекле, детали центровыми отверстиями устанавливают между центрами 1 и закрепляют винтами 2. Для расположения оси детали параллельно продольным направляющим поворачивают верхнюю часть предметного стола винтом 19. Обычно деталь освещается снизу параллельным пучком лучей от источника света 2. Тепловое изображение детали проектируется объективом на штриховую окулярную пластинку головки 10, и таким образом в окуляре 9 наблюдается изображение детали и штрихи пластины.

Обычно применяются объективы с трехкратным увеличением, а окуляры с 10-кратным, поэтому увеличение микроскопа – 30х.

При измерении углов окулярная штриховая пластинка поворачивается маховиком 8. Угол поворота штриховой пластинки отсчитывается по шкалам угломерного микроскопа 11.

Отсчет производится по двум шкалам – по основной шкале сценной деления 1° и дополнительной шкале с ценой деления $1'$. На рис. 14 приведен пример отсчета показания $29^{\circ}43'$. Шкала угломерного микроскопа освещается при помощи зеркала от осветителя 5. Для четкого фокусирования изображения детали тубус 4 перемещается при помощи маховичков 6 и закрепляется винтом 12.

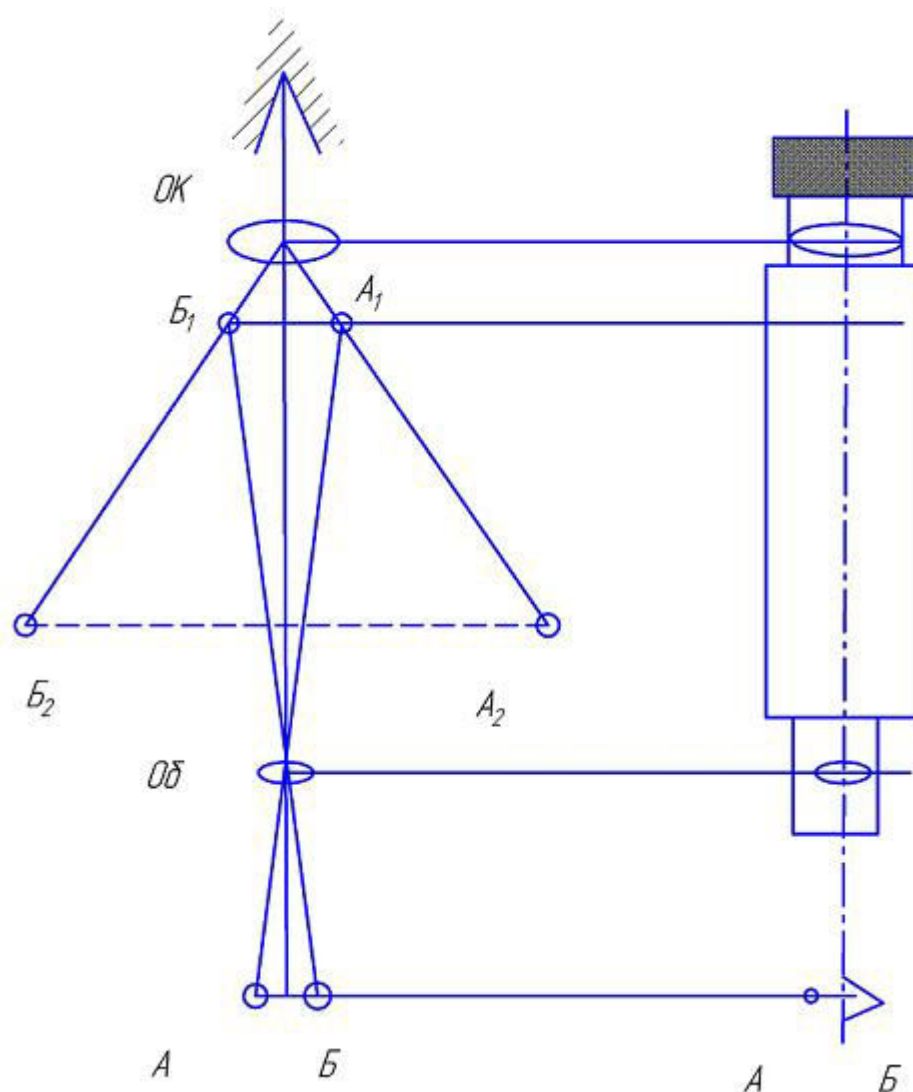


Рис. 12. Оптическая схема инструментального микроскопа

Изображение осевого сечения резьбы будет частично искаженным вследствие наклона витков резьбы. Это искажение не вызывает значительной погрешности измерения шага и угла профиля, однако оно приводит к увеличению среднего диаметра.

Для устранения этой погрешности тубус микроскопа следует наклонять при помощи маховичка 14 на угол φ подъема резьбы, с тем чтобы получить изображение профиля в сечении, перпендикулярном виткам резьбы.

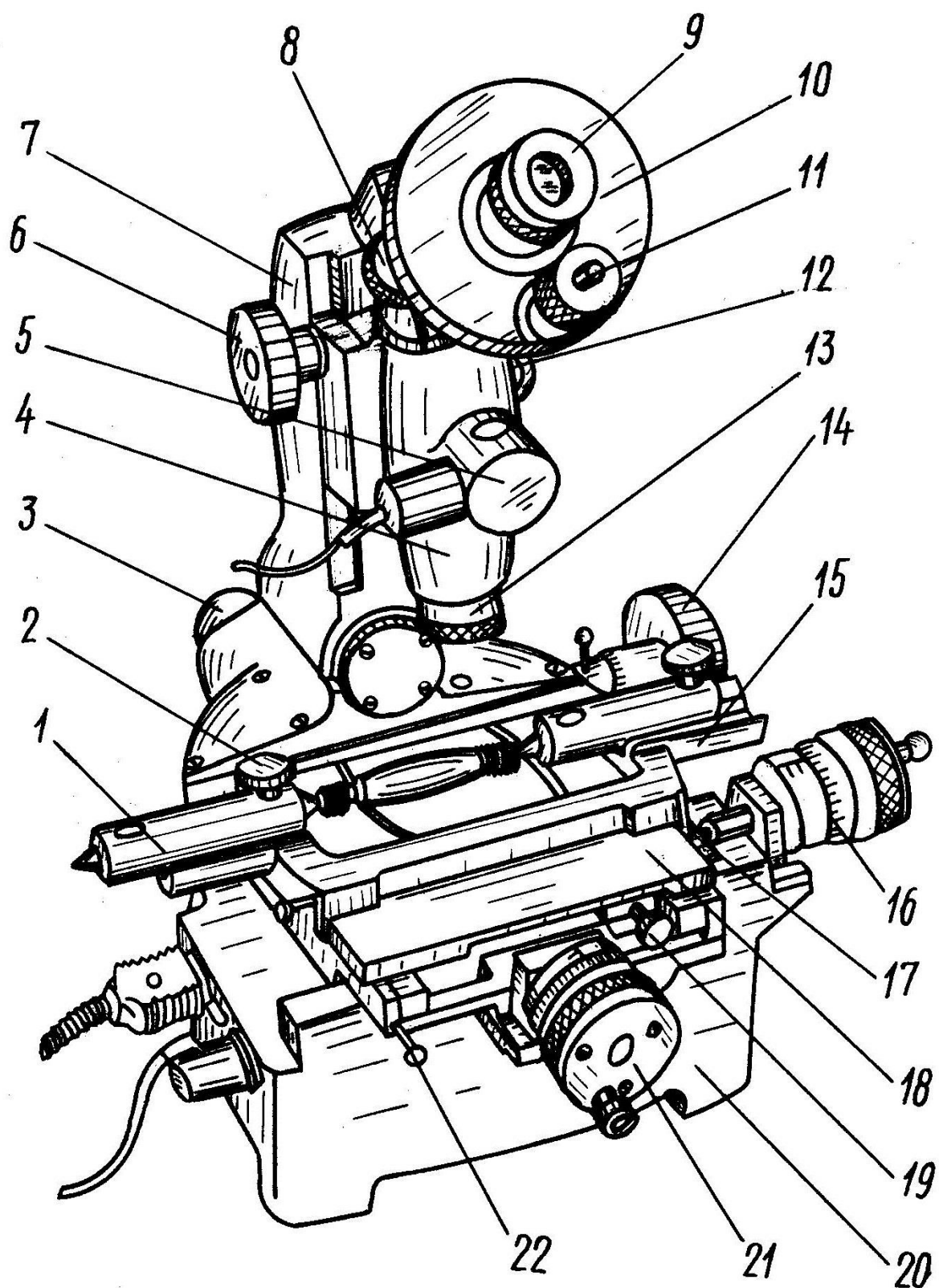


Рис. 13. Инструментальный микроскоп

Угол φ подъема резьбы определяется по формуле $\operatorname{tg} \varphi = P / \pi d_2$,

где P – шаг, мм; d_2 – средний диаметр, мм.

Цена деления шкалы наклона тубуса равна $30'$.

Измерение на инструментальных микроскопах заключается в получении разности отсчетов по шкалам микровинтов при двух последовательных совмещениях одной и той же пунктирной линии окулярной штриховой пластинки с краями теневого изображения контролируемого элемента. Схема и последовательность измерения элементов резьбы показана на рис. 15.

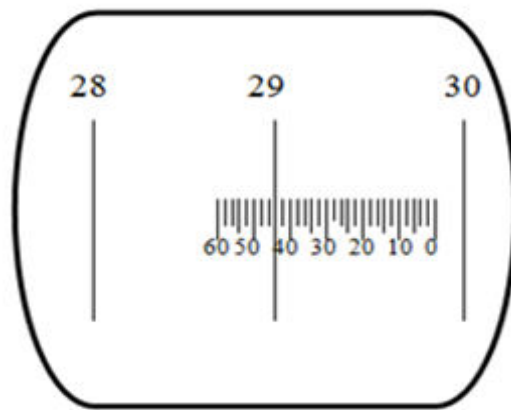


Рис.14. Изображение шкал

В данной лабораторной работе следует произвести измерение элементов резьбы резьбового калибра. Для этого необходимо включить прибор и, вращая окуляр 9 (рис.13), добиться четкого изображения сетки с перекрестьем, а вращением окуляра 11 добиться четкого изображения штрихов шкал угломерного микроскопа, предварительно осветив его шкалы при помощи зеркала. Вращением маховичка 8 следует повернуть шкалу так, чтобы нулевое деление основной градусной шкалы совпало с нулевым делением дополнительной шкалы.

При помощи маховичка 14 следует установить колонку с тубусом перпендикулярно столу (по шкале барабана маховичка). Затем следует закрепить измеряемую деталь в центрах на инструментальном микроскопе столика.

Сфокусировать тубус микроскопа, для чего перемещая его вверх или вниз при помощи маховичков 6, добиться четкого изображения края детали.

После этого необходимо установить ось резьбы параллельно продольному перемещению столика, для чего потребуется совместить горизонтальную риску окуляра с наружным диаметром резьбы (рис.15).

При отсутствии касания вершин витков резьбы и горизонтальной риски необходимо, осуществляя винтом 19 поворот столика с деталью, обеспечить касание.

Затем следует измерить шаг P резьбы, для этого потребуется установить перекрестье окулярной пластины примерно на середину боковой стороной профиля (рис.15) и совместить наклонную риску с боковой стороной профиля. В этом положении произвести отсчет по шкалам продольного микровинта 16 (рис.13).

Вращением продольного микровинта переместить деталь до совпадения боковой стороны соседнего витка с той же наклонной линией и в этом положении произвести второй отсчет по шкалам микровинта.

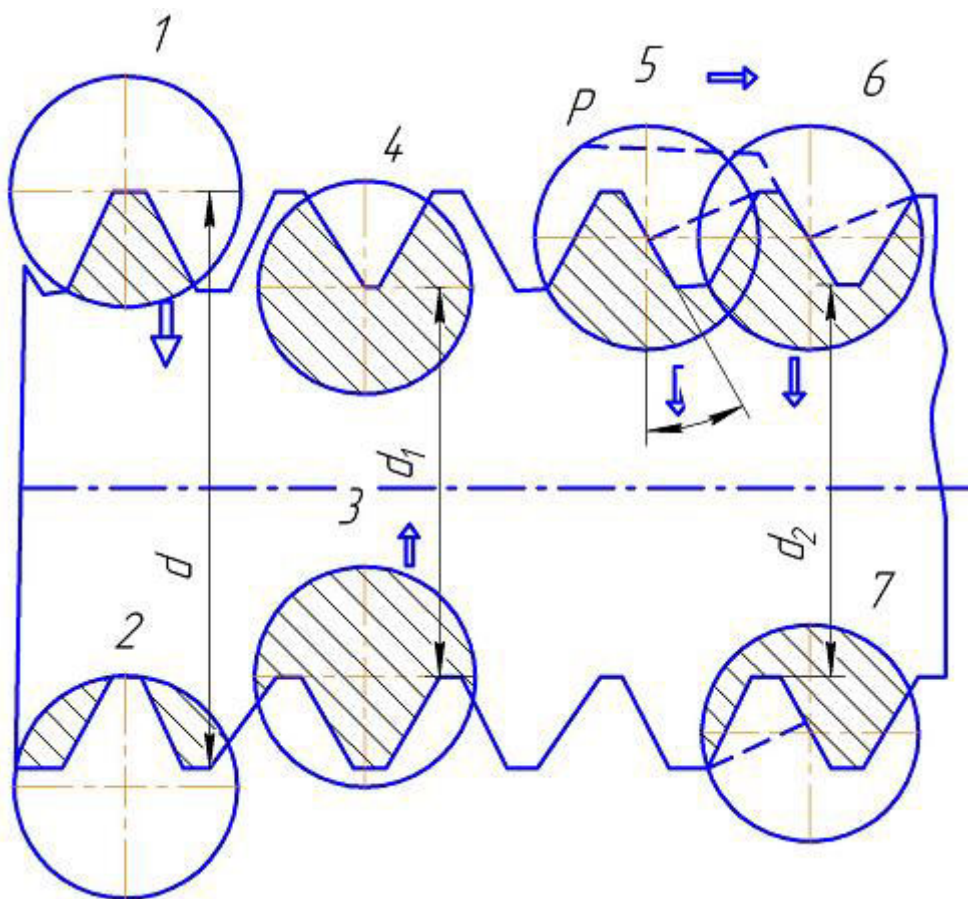


Рис. 15. Схема измерения элементов резьбы
На инструментальном микроскопе

Шаг определяется как разность двух отсчетов. Для уменьшения влияния возможного несовпадения оси резьбы с направлением движения столика следует повторить измерение шага резьбы по другой стороне профиля. Действительное значение шага определяется как среднее значение шагов, измеряемых по правой и левой сторонам профиля, т.е.

$$P = (P_{\text{прав}} + P_{\text{лев}})/2.$$

После этого следует измерить половину угла $\alpha/2$ профиля, для чего установить перекрестье окуляра примерно на середину боковой стороны профиля. Повернуть окулярную пластину по стрелке (рис.15) до совпадения вертикальной пунктирной линии с боковой стороной профиля и произвести отсчет по шкалам угломерного микроскопа. Повторить измерение половины угла профиля по другой стороне профиля. Действительное значение половины угла профиля определяется как среднее значение, т.е.

$$\alpha/2 = (\alpha/2_{\text{прав}} + \alpha/2_{\text{лев}})/2.$$

Установить исходное положение окулярной пластины и угломерного микроскопа.

Затем следует измерить средний диаметр d_2 резьбы, для чего нужно установить перекрестье окулярной пластинки на середину дальней от наблюдателя боковой стороны профиля (рис.15, поз.6), наклонить тубус

вправо (почасовой стрелке для правых резьб и против часовой стрелки – для левых резьб) на угол φ подъема резьбы. Угол подъема отсчитывается по шкале на барабане маховичка 14 (рис.13). После этого следует совместить наклонную линию окуляра с боковой стороной профиля и в этом положении произвести отсчет по шкалам поперечного микровинта 21. Затем следует наклонить тубус в противоположную сторону на тот же угол φ , вращением поперечного микровинта 21 переместить столик с контролируемой деталью до совпадения ближайшей к наблюдателю боковой стороны профиля с той же наклонной линией окуляра (рис.15, поз.7). В этом положении выполнить второй отсчет по шкалам поперечного микровинта.

Средний диаметр по этой стороне профиля определяется как разность двух полученных отсчетов. Для уменьшения погрешности измерения надо повторить измерение среднего диаметра резьбы по другой стороне профиля. Действительное значение среднего диаметра находится как среднее арифметическое измерение по правой и левой сторонам профиля

$$d_2 = (d_{2\text{прав}} + d_{2\text{лев}})/2.$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз резьбового калибра, указать номер и маркировку.
3. Зарисовать в отчет оптическую схему инструментального микроскопа.
4. Привести в отчете схему измерения элементов резьбы.
5. Настроить микроскоп.
6. Измерить шаг.
7. Измерить половину угла профиля.
8. Определить угол φ подъема резьбы.
9. Измерить средний диаметр резьбы d_2 .
10. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).
11. Построить схему полей допусков и дать заключение о годности детали.

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе			Данные о детали						
Модель				Наименование и маркировка					
Цена деления микровинтов, мм				Шаг резьбы, мм					
Цена деления угломерного микроскопа, мин				Номинальный средний диаметр, мм					
Пределы измерений, мм				Угол подъема, град			tg ϕ = P/ π d ₂		
Результаты измерений									
Шаг Р по двум сторонам профиля			Половина угла α/2 профиля			Средний диаметр d ₂ по двум сторонам профиля			
Показание	Левой	Правой	Показание	Левой	Правой	Показание	Левой	Правой	
1			1			1			
2			2			2			
Разность			Разность			Разность			
Среднее	Р = (Р _{прав} +Р _{лев})/2		Среднее	α/2 = (α/2 _{прав} + α/2 _{лев})/2		Среднее	d ₂ = (d _{2прав} + d _{2лев})/2		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА КАЛИБРА НА МИНИМЕТРЕ

Миниметр относится к приборам для измерения методом сравнения с мерой (эти проборы называют также приборами для относительных измерений). В общем случае прибор для измерения методом сравнения с мерой состоит из измерительной головки и стойки. Стойка прибора имеет основание 1 (рис.16), измерительной стойки 10 для установки деталей или концевых мер длины, колонку 2 и кронштейн 3.

В кронштейне закрепляют измерительную головку 7. Установка измерительной головки по высоте осуществляется смещением кронштейна 3 и закреплением его в требуемом положении стопорным устройством 4.

Приборы для относительных измерений предназначены для определения малых линейных размеров, оцениваемых пределами показаний по шкале измерительной головки. Примером может служить определение отклонения Δx искомого размера от известного размера A меры или образцовой детали. Размер A воспроизводится чаще всего с помощью блока 9 из концевых мер длины, которые устанавливают на измерительный столик и по нему настраивают прибор на нулевое показание. Для этого кронштейн 3 смещают в положение, при котором измерительный наконечник 8 головки будет почти касаться поверхности блока, а затем плавным подъемом измерительного стола 10 с помощью маховичка 11 добиваются установки указателя 6 прибора против нулевого штриха шкалы 5. Заменяв блок мер 9 измеряемой деталью 13, определяют по шкале измерительной головки искомое отклонение Δx .

Для получения всего размера x необходимо к размеру A (размер блока) прибавить или отнять, в зависимости от направления смещения стрелки от нулевого штриха, отсчитанное по шкале отклонение $x = A \pm \Delta x$.

Приборы для относительных измерений строят на различных принципах преобразования (увеличения) малых величин (перемещения измерительного штока 8, вызываемое отклонение Δx детали) в большие (перемещение указателя 6): механических, оптических, пневматических, электрических, магнитных и др. Существует много различных механических увеличивающих устройств, используемых в приборах: рычажных, зубчатых, рычажно-зубчатых, рычажно-винтовых, пружинных и др.

Миниметр является представителем рычажных инструментов.

Рычаг представляет собой регулируемую призму 4 (рис.17) с двумя параллельными, треугольного сечения призматическими канавками, к которой присоединена рамка 2 со стрелкой. Своей верхней канавкой призма упирается в неподвижную ножевую опору 3, а в нижнюю канавку упирается ножевая призма 5, нижняя часть которой представляет собой конус 6, свободно лежащий в коническом углублении измерительного стержня 7. Измерительный стержень перемещается в весьма точных направляющих 8; пружина 9 создает измерительную силу. Вся конструкция заключена в трубку 10. Поверх шкалы расположены индексы (флажки), устанавливаемые по предельным отклонениям измеряемого размера.

Миниметры выпускаются в четырех различных исполнениях с ценой деления 10, 5, 2 и 1 мкм и с точностью измерения 2,5, 2, 1 и 0,5 мкм.

По диапазону измерений различают две разновидности: широкошкальные с 60 делениями шкалы и узкошкальные с 20 делениями. Измерительная сила миниметров 500 ± 100 г.с.

В данной лабораторной работе следует измерить диаметр калибра, для этого необходимо первоначально измерить контролируемый размер микрометром, затем полученный размер воспроизвести блоком концевых мер.

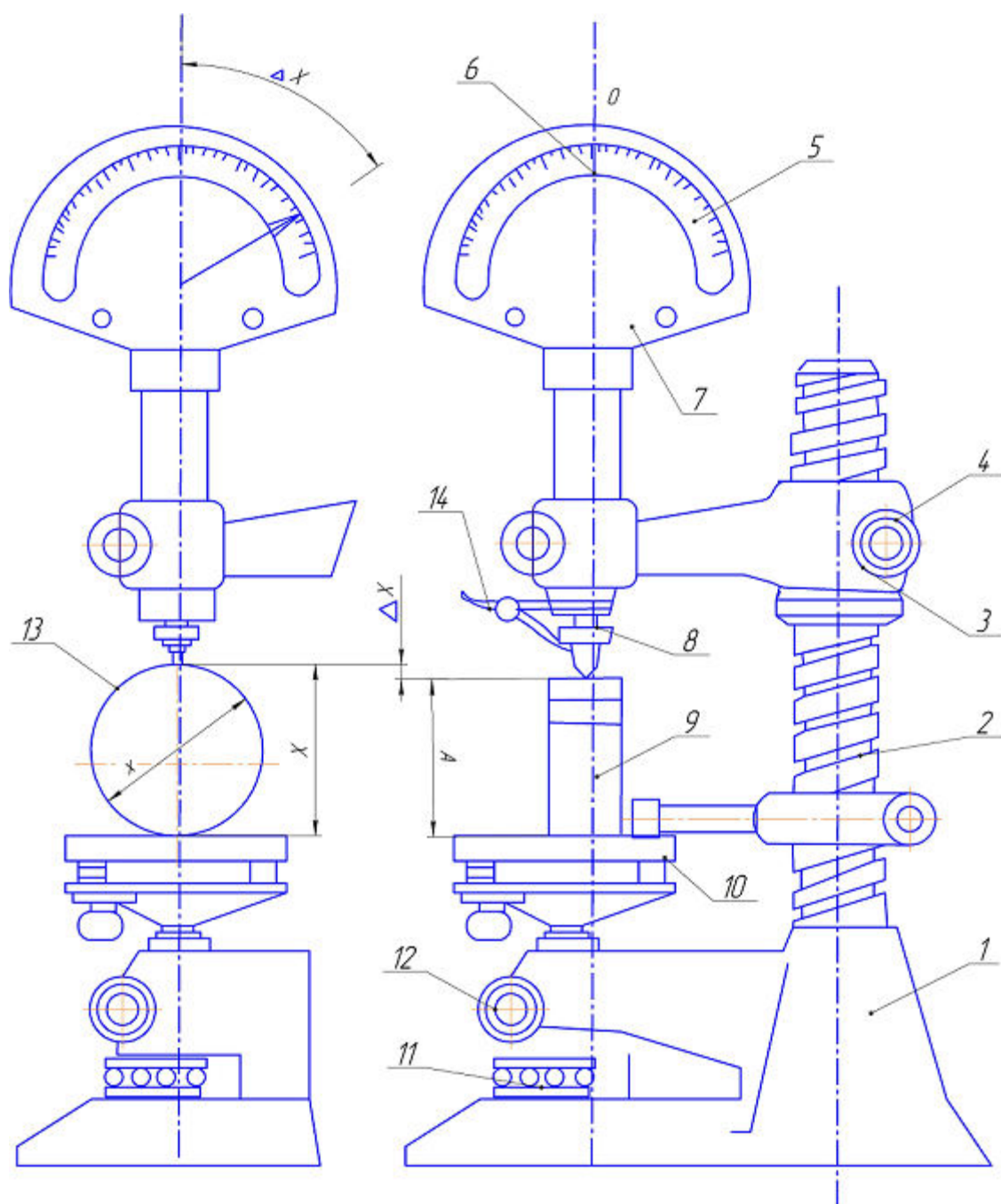


Рис. 16. Прибор для относительных измерений

Набранный блок концевых мер установить на столик 10 (рис.16) миниметра, отпустить стопорное устройство 4 и опустить по колонке 2 кронштейн 3 с миниметром так, чтобы между измерительным наконечником и верхней плоскостью блока мер остался зазор 0,5-1 мм.

Положение кронштейна следует зафиксировать стопорным устройством 4, освободить стопорный винт 12 столика и, наблюдая за показанием миниметра, вращать гайку 11 по часовой стрелке (подъем столика) до тех пор, пока стрелка 6 миниметра не совпадет с нулевым штрихом шкалы. Положение столика зафиксировать винтом 12.

Проверить стабильность установки, для чего несколько раз нажать и отпустить арретир 14. Если при этом показание миниметра изменится более чем на 0,5 мкм, то следует повторить настройку, проверив затяжку всех стопорных винтов. После этого следует нажать на арретир 14 и снять блок мер со столика. Для измерения отклонения Δx – разницы размера блока мер и калибра, нужно установить калибр на поверхность столика и следить за тем, чтобы образующая контролируемой поверхности прилегала к поверхности столика. При измерении калибр надо слегка прижимать к столику прибора, удерживая за рабочую часть левой рукой, а рукоятку калибра поддерживать правой рукой. Для определения диаметра рабочей части калибра его необходимо перемещать или перекачивать по столику прибора. Отсчет по шкале прибора производить в момент, соответствующий максимальному показанию.

При отсчете следует обязательно отметить знаки отклонений, которые указаны на шкале прибора. Измерение следует выполнить не менее трех раз.

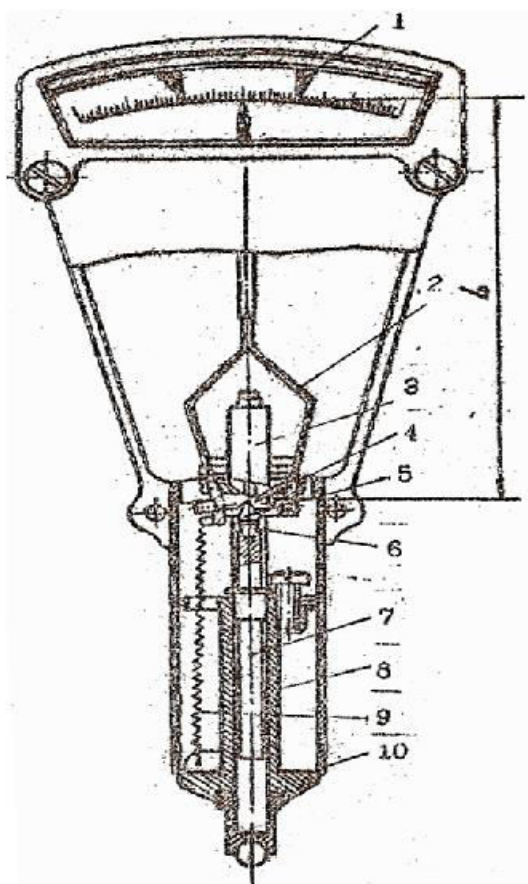


Рис. 17. Миниметр

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз калибра, указать его номер и маркировку.
3. Измерить диаметр калибра микрометром.
4. Набрать блок концевых мер длины.
5. Настроить миниметр по блоку концевых мер.
6. Произвести измерения.
7. Занести результат измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).
8. Построить схему полей допусков и дать заключение о годности калибра.

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе		Данные о детали			
Наименование			Наименование и маркировка		
Цена деления, мм			Номинальный размер		
Пределы измерения по шкале, мм			Наименьшее отклонение		
Пределы измерения прибора, мм			Квалитет		
Результаты измерения					
Предварительное измерение микрометром, мм		Размеры концевых мер блока, мм	Отклонение прибора, Δх, мм		Действительный размер х, мм
Измерение			Измерение		х=А±Δх
1			1		
2			2		
3		Общий размер А	3		
Среднее				Среднее	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ШАРИКА РЫЧАЖНОЙ СКОБОЙ И РЫЧАЖНЫМ МИКРОМЕТРОМ

Рычажная скоба предназначена для наружных измерений и относится к механическим приборам для измерения методом сравнения с мерой. В приборе используется рычажно-зубчатая передача.

В корпусе 1 (рис.18) скобы в двух соосных направляющих перемещаются стержни: левый – измерительный, оканчивающийся «чувствительно» пяткой 5, и правый 4 – установочный, регулируемый с опорной пяткой. Измерительный стержень упирается в пружину 12, регулируемую вручную поворотом колпачка 6.

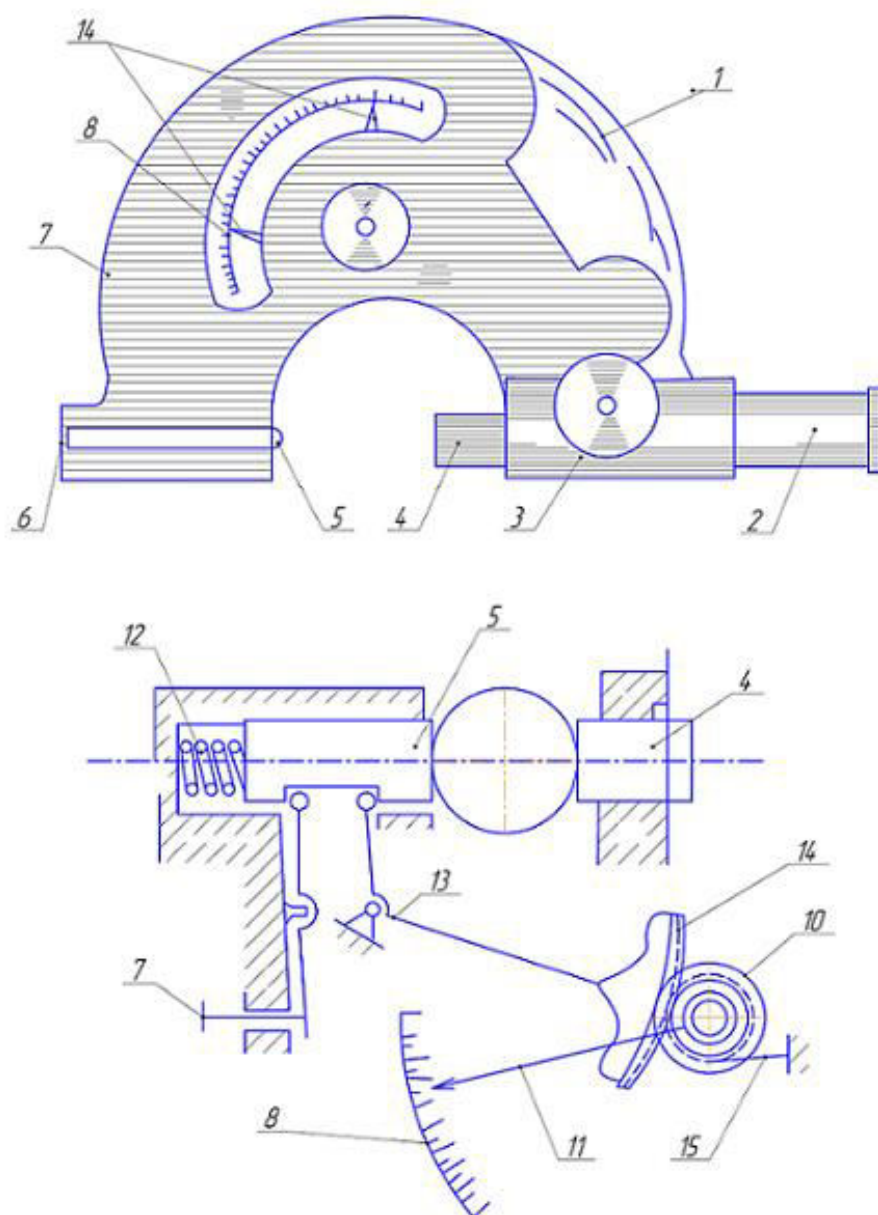


Рис. 18. Рычажная скоба

Установочный стержень 4 перемещается в направляющих при вращении барашка 2 и закрепляется стопором 3. Измерительный стержень 5 при помощи рычажка 13 и зубчатого сегмента 14 действует на зубчатое колесо 10, на оси которого укреплена стрелка 11 прибора, вращающаяся поверх шкалы 8. Для устранения зазора в зубчатой паре используется волосок 15. Для отвода чувствительной пятки 5 в конструкции рычажной скобы предусмотрен арретир 7. Передвижные индексы 9, расположенные поверх шкалы, позволяют фиксировать на шкале предписанные предельные отклонения измеряемого размера.

Рычажные скобы выпускаются для номинальных размеров от 0 до 150 мм через 25 мм, например 0-25, 25-50;...125-150 мм; цена деления шкалы 0,002

мм. Для номинальных диаметров от 150 до 300 мм – через 50 мм и свыше 300 мм изготавливаются через 100 мм. Предельная погрешность измерения ± 1 мкм в пределах ± 10 делений шкалы от нулевого деления и ± 2 мкм для всего диапазона измерения (для скоб с пределами измерения от 0 до 150 мм). Измерительная сила рычажных скоб 600 ± 100 г.с.

Рычажный микрометр по схеме устройства аналогичен рычажной скобе с той лишь разницей, что вместо устойчивого стержня используется микрометрическая головка без трещотки (рис.19). В результате этого прибор применяют как для относительных измерений в пределах шкалы, так и для абсолютных измерений в пределах диапазона измерений.

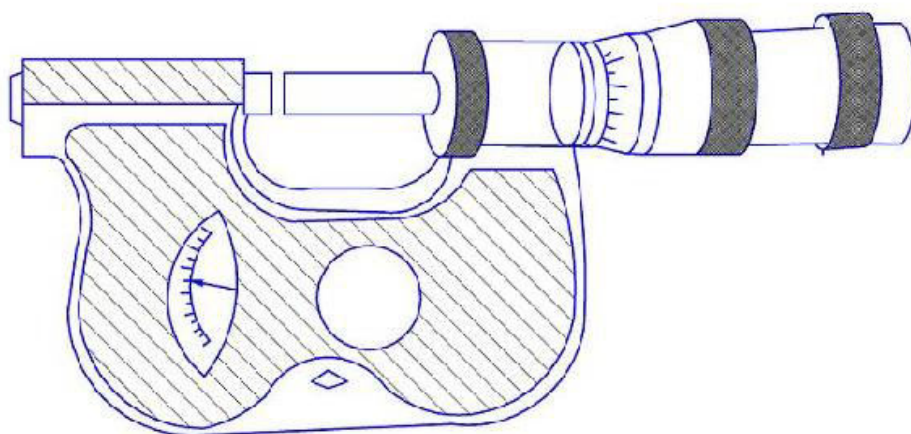


Рис. 19. Рычажный микрометр

Рычажные микрометры выпускаются с пределами измерений 0-25 мм и 25-50 мм. Цена деления микрометрической головки равна 0,01 мм, а цена деления шкалы рычажной скобы равна 0,002 мм.

В настоящей работе требуется при помощи рычажного инструмента измерить диаметр шарика шарикоподшипника. Для этого необходимо измерить диаметр шарика микрометром, затем полученный размер воспроизвести при помощи блока концевых мер. Набранный блок мер поместить между «чувствительной» 5 (рис.18) и установочной 4 пятками. Затем, вращением барашка 2 рычажной скобы или барабана микровинта у рычажного микрометра, плавно перемещать пятку 4 до положения, при котором стрелка 11 совпадает с нулевым штрихом. Шкалу положения пятки 3 следует зафиксировать стопором 3. Необходимо проверить стабильность установки, для чего несколько раз нажать и отпустить арретир 7, придерживая при этом пальцами блок концевых мер. Если при этом показание прибора изменится более чем на 0,5 мкм, произвести повторную настройку. После этого следует нажать арретир 7 и извлечь блок мер.

Для измерения отклонения – разницы размера блока концевых мер и диаметра шарика следует нажать арретир, ввести контролируемый шарик

между пятками прибора и отпустить арретир. Снять показание прибора, учитывая знак отклонения. Опять нажать арретир, повернуть шарик, отпустить арретир, снять показания.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз шарика и указать его номер.
3. Измерить диаметр шарика микрометром.
4. Набрать блок концевых мер.
5. Настроить прибор по блоку концевых мер.
6. Произвести измерения.
7. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена в работе №6).
8. Построить схему полей допусков и дать заключение о годности детали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА НАРУЖНОГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНОМ ОПТИМЕТРЕ

Вертикальный оптиметр служит для измерения наружных размеров точных изделий. Оптиметр – это оптико-механический прибор, работающий методом сравнения с мерой. Его работа основана на принципе оптического рычага и явления автоколлимации. Автоколлимационными называются системы, проектирующие изображение шкалы при помощи зеркала в плоскость самой шкалы.

Основной частью прибора является оптиметровая трубка. Принцип ее работы показан на рис.20. Как известно из оптики, если источник света расположить в фокальной плоскости линзы, то по выходе из нее лучи пойдут параллельным пучком. Если плоскость зеркала на пути лучей будет расположена перпендикулярно оптической оси линзы, то лучи, отразившись от зеркала, вновь соберутся в той же точке фокальной плоскости (рис.20,а).

Если же при перемещении измерительного стержня 1 (рис.20,б) зеркало 2 повернется относительно опоры 3 на некоторый угол φ , то это вызовет отклонение отражения лучей на угол 2φ и лучи, пройдя через объектив, опять соберутся в фокальной плоскости в точке, смещенной относительно источника света на расстоянии l . Из схемы видно, что при перемещении измерительного стержня на величину a отражающий луч сместится на

$$l \approx (2F/a) \cdot h,$$

где a – малое плечо рычага; $2F$ –удвоенное фокусное расстояние, выполняющее роль большого плеча рычага.

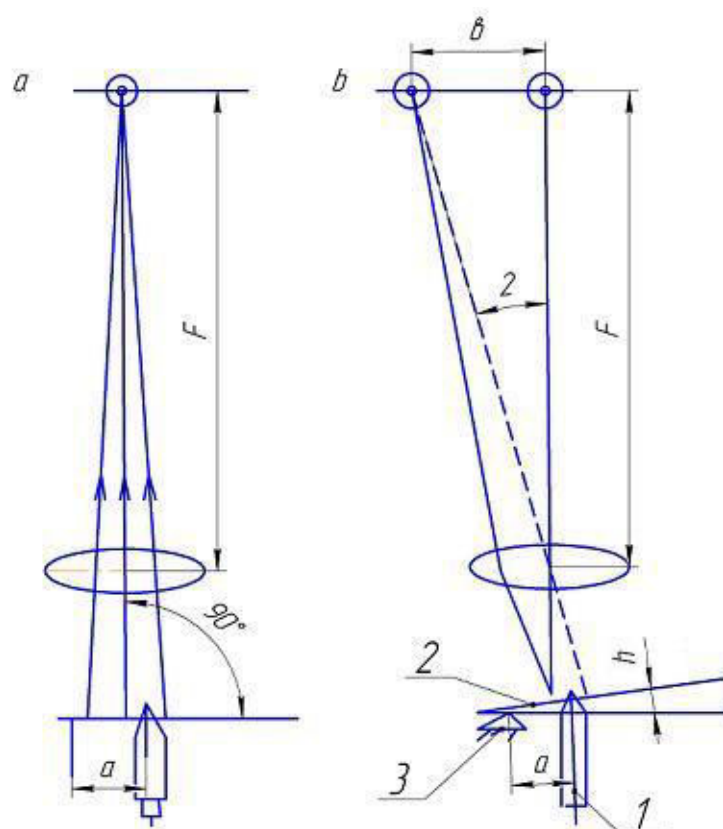


Рис. 20. Оптическая схема оптиметра

Как видно из рис.21, конструкция вертикального оптиметра практически не отличается от конструкции миниметра. Оптиметровая трубка имеет Г-образную форму. От источника света лучи направляются зеркалом 1 и призмой 2 на шкалу, на которой нанесено 200 делений. Шкала и указатель нанесены на плоскость стеклянной пластины 3, расположенной в общей фокальной плоскости объектива 5 и окуляра ОК. Штрихи шкалы расположены по разные стороны оптической оси. Пройдя шкалу, луч попадает на призму 4 и, повернув на 90° , проходит через объектив 5. Выйдя из объектива, луч отразится от зеркала 6 и возвратится в фокальную плоскость объектива со смещением в горизонтальном направлении относительно главной оптической оси. Горизонтальное смещение используется для того, чтобы наблюдать изображение шкалы отдельно от самой шкалы.

Изображение шкалы будет смещаться и в вертикальном направлении по отношению к главной оптической оси, так как с перемещением измерительного стержня 7, опирающегося на измеряемую деталь 8, будет изменяться наклон зеркала 6 на угол α , что вызовет отклонение отражения от зеркала лучей на угол 2α . При этом, изображение шкалы переместится в

вертикальном направлении относительно неподвижного указателя на величину l (рис.20,б).

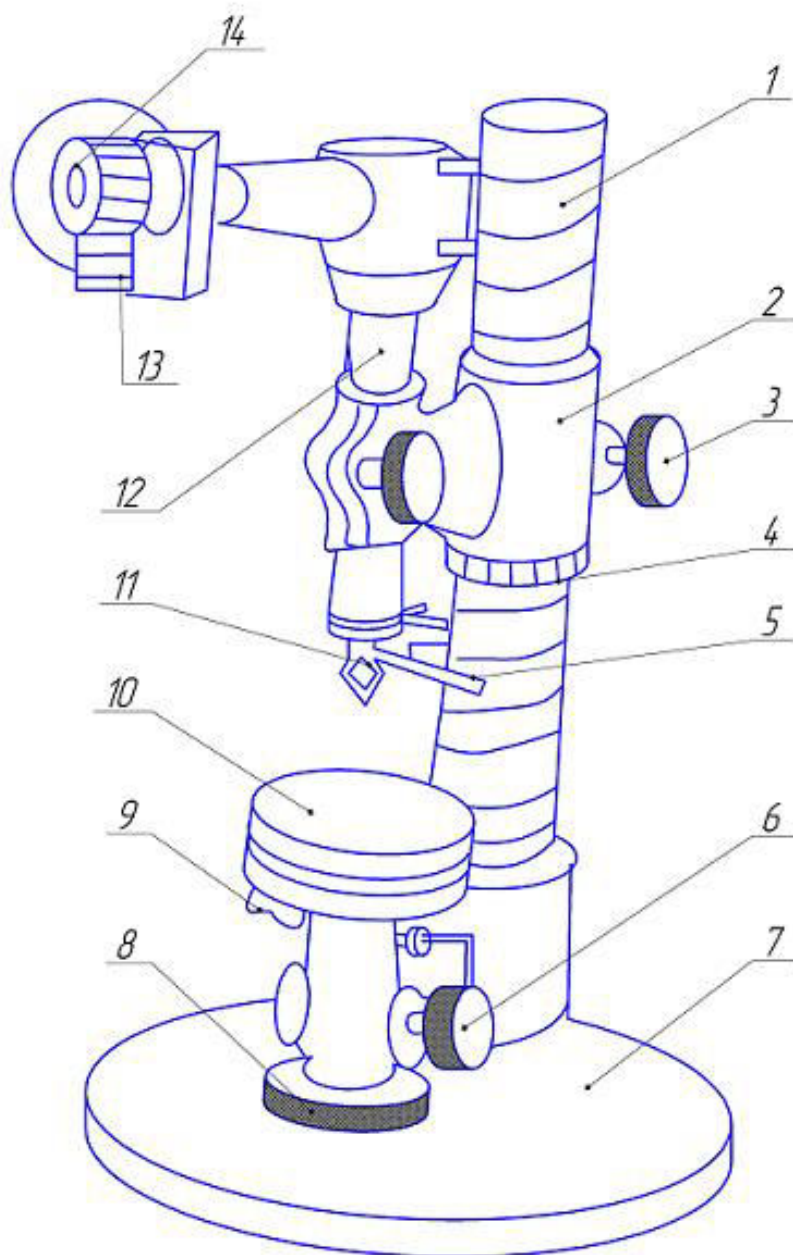


Рис. 21. Оптиметр

Вертикальный оптиметр (ГОСТ 5405-64) имеет цену деления 0,001 мм, пределы измерения: - по шкале оптиметровой трубки $\pm 0,1$ мм, прибора 0-180 мм. Допускаемая погрешность $\pm 0,3$ мкм в пределах всей шкалы. Измерительная сила равна примерно 50-200 г.с.

В данной лабораторной работе требуется на вертикальном оптиметре измерить диаметр наружного кольца подшипника. Для этого надо микрометром измерить контролируемый размер, набрать блок концевых мер, воспроизводящий полученный размер.

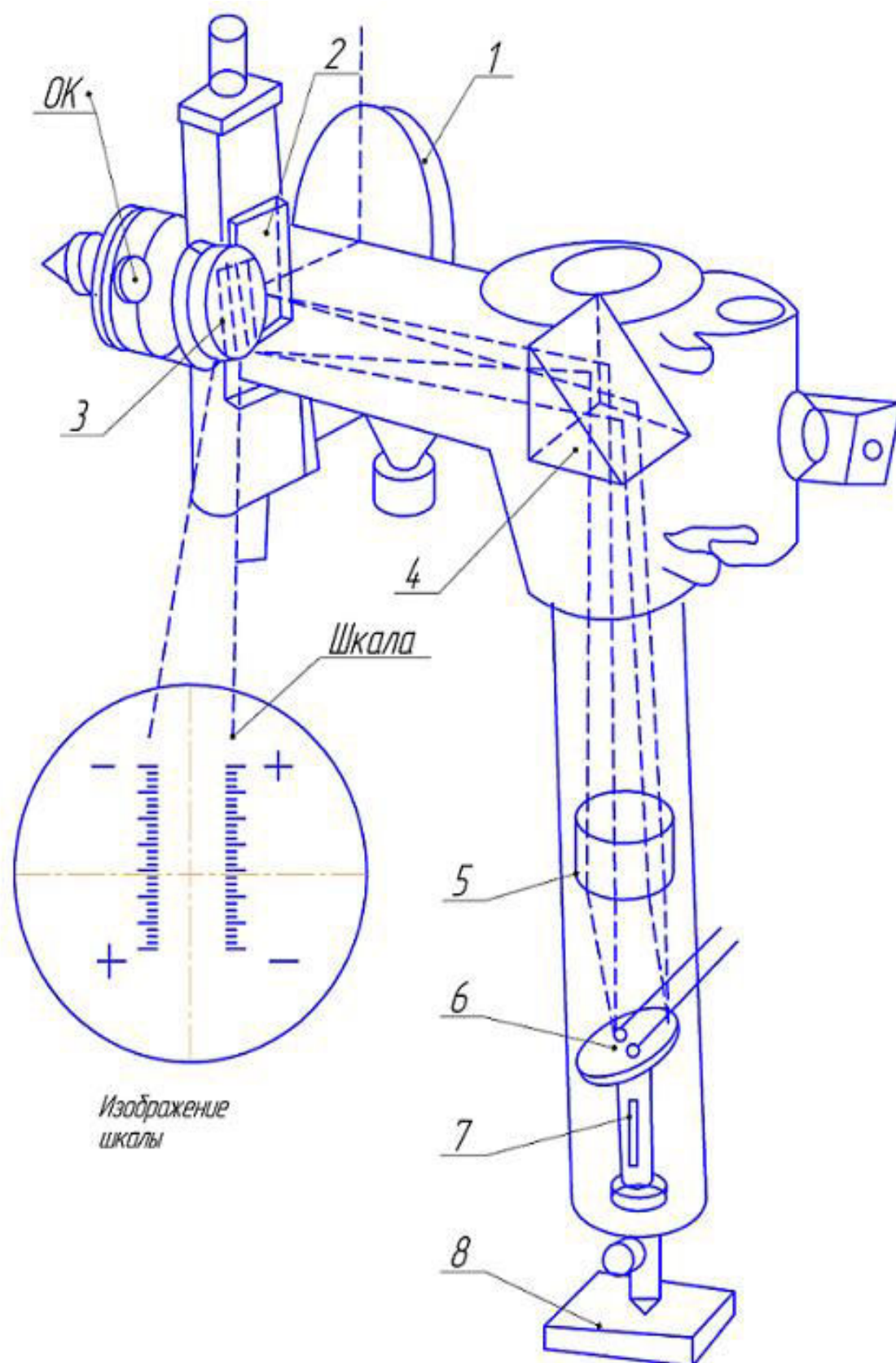


Рис. 22. Схема оптиметровой трубки

Затем следует настроить оптиметром по блоку концевых мер на ноль, для чего необходимо установить блок на столик 10 (рис.22) оптиметра, и убедившись, что кронштейн 2 опирается на кольцо 4, отвернуть винт 3. Вращая кольцо 4, следует опустить кронштейн 2 вместе с оптиметровой трубкой так, чтобы между измерительным наконечником 11 и верхней плоскостью блока мер остался зазор 0,5-1 мм. Зафиксировать положение кронштейна стопорным винтом 3. После этого следует освободить стопорный винт 6 столика и, наблюдая за показанием оптиметра, вращать гайку 8, осуществляя подъем столика до тех пор, пока нулевой штрих шкалы не совпадет с неподвижным штрихом.

Закрепить положение столика винтом 6. После этого необходимо проверить стабильность установки, для чего следует несколько раз нажать и отпустить арретир 5. Если при этом показание оптиметра изменится более, чем на 0,2 мкм, произвести повторную настройку. После чего следует нажать на арретир и снять блок мер со столика.

Для измерения подшипник следует установить на поверхность столика и плавно прокатить его под измерительным наконечником.

При этом нужно внимательно следить за тем, чтобы образующая измеряемого подшипника плотно прилегла к поверхности столика. Отсчет по шкале прибора следует произвести в момент, соответствующий максимальному показанию; при отсчете следует обратить внимание на знаки отклонений, которые указаны на шкале прибора. Измерение следует выполнить не менее трех раз.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз измеряемого подшипника.
3. Измерить диаметр наружного кольца микрометром.
4. Набрать блок концевых мер.
5. Построить оптиметр по блоку концевых мер.
6. Произвести измерения.
7. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена в работе №6).
8. Построить схему полей допусков и дать заключение о годности подшипника.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ

Предельные отклонения формы поверхностей указываются на чертежах деталей при наличии особых требований к точности их выполнения, вызываемых условиями работы деталей. В остальных случаях отклонения поверхности от правильной формы должны ограничиваться полем допуска на размер. ГОСТ 24623-81 дает основные определения отклонений формы и взаимного расположения поверхностей.

Отклонения формы цилиндрических поверхностей подразделяют на отклонения формы в поперечном сечении и отклонения формы в продольном сечении детали. К отклонениям формы в поперечном сечении относятся следующие:

Отклонение от круглости – это наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей к нему окружности (рис. 23, а).

Частными видами отклонения от круглости являются овальность и огранка.

Овальность – это отклонение от круглости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой овалообразную фигуру, наименьший и наибольший диаметр которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 23, б).

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

Огранка – это отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру с числом граней три и более. Огранка подразделяется по числу граней. В частности, огранка с нечетным числом граней характеризуется тем, что диаметры профиля поперечного сечения во всех направлениях одинаковы (рис. 23, в).

Огранка определяется путем трехточечного измерения, т.е. при установке детали в призму (рис. 23 – схема измерения огранки). По разности h наибольшего и наименьшего показаний прибора и по величине α угла призмы вычисляется величина огранки. Наиболее часто применяют призмы с углом $\alpha=60^\circ$ и $\alpha=90^\circ$. Обозначая величину огранки через Δ со значком, соответствующим числу граней, а через h – разность показаний прибора, со значком указывающим угол призмы, получим:

$$\Delta_3 = \frac{h_{60}}{3} = \frac{h_{90}}{2}. \quad (1)$$

Так как не при всяком угле призмы можно выявить огранку с любым числом граней, а число граней не всегда известно заранее, то часто прибегают к последовательному измерению призмы с углом $\alpha = 60^\circ$, а затем с углом $\alpha=90^\circ$.

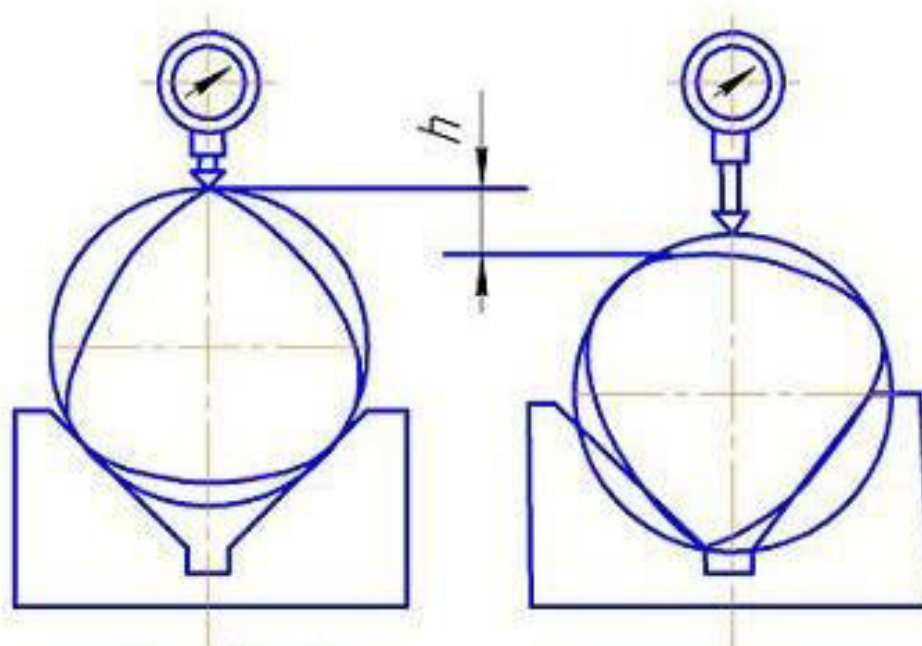
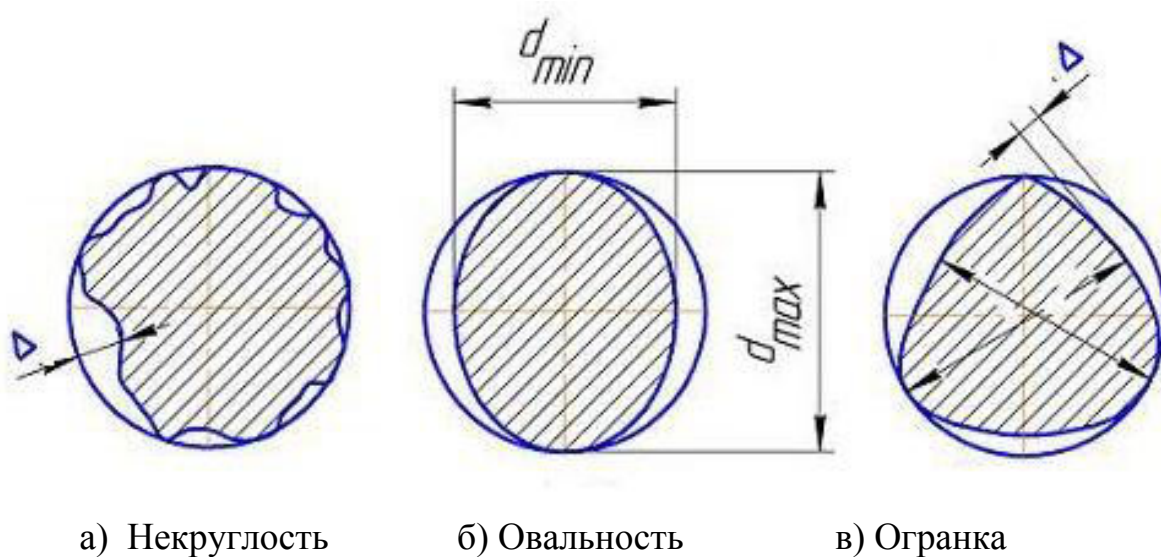


Рис.23. Отклонения формы в поперечном сечении и
схема измерения огранки

Отклонение профиля продольного сечения цилиндрических поверхностей характеризуется ГОСТ 24462-83 как отклонения от прямолинейности и параллельности образующих. Частными видами отклонения профиля в продольном сечении являются конусообразность, бочкообразность, седлообразность и изогнутость.

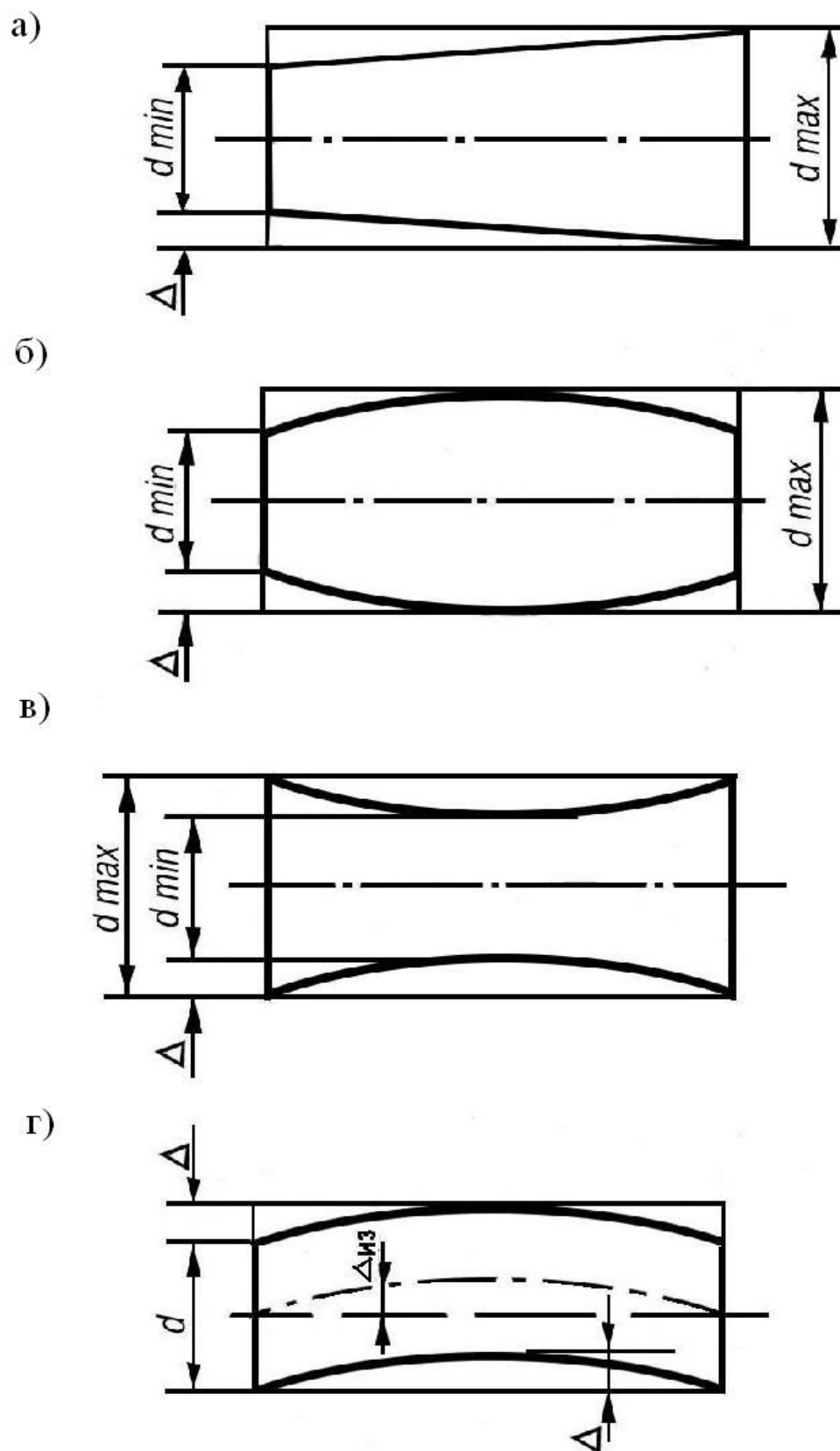


Рис.24 Отклонения профиля в продольном сечении:
а) конусообразность; б) бочкообразность;
в) седлообразность; г) изогнутость

Конусообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис.24, а)

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

Бочкообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис.24, б)

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

Седлообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис.24, в)

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

Изогнутость– это отклонение образующих от прямолинейности при постоянстве диаметра (рис.24, г)

$$\Delta = \Delta_{\text{из.}}$$

Количественно конусообразность, бочкообразность и седлообразность оцениваются так же, как и отклонение профиля продольного сечения, т.е., как наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости проходящих через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

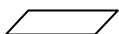
Общим случаем отклонений цилиндрической детали является *отклонение от цилиндричности*, определяемое, как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего к ней цилиндра, в пределах нормируемого участка.

Обозначение допусков формы поверхностей на чертежах

По ГОСТ 2.308-81 вид допуска формы поверхности обозначается на чертеже соответствующим знаком согласно таблице 3. Когда графическое обозначение недостаточно, ГОСТ 2.308-81 допускает указать вид допуска в технических требованиях чертежа.

Таблица 3

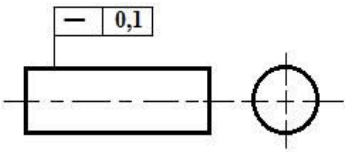
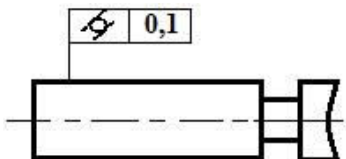
Обозначение вида допуска формы

Вид допуска	Знак
Допуск прямолинейности	—
Допуск плоскостности	
Допуск круглости	○
Допуск цилиндричности	
Допуск профиля продольного сечения	=

При условных обозначениях данные о допусках формы указываются в прямоугольнике – рамке, разделенной на две части, в которых помещают знак допуска по таблице 3 и значение допуска в мм. Варианты расположения рамки на чертеже детали показаны на рис.25.

Таблица 4

Примеры обозначения допусков формы поверхностей на чертежах

Вид допуска	Пример обозначения на чертеже	Содержание требования
Допуск прямолинейности		Профиль любой образующей цилиндра должен быть расположен в допусковом направлении между двумя параллельными прямыми, расстояние между которыми $T=0,1$ мм
Допуск цилиндричности		Допускаемая поверхность цилиндра должна быть расположена между двумя соосными цилиндрами на расстоянии $T=0,1$ мм

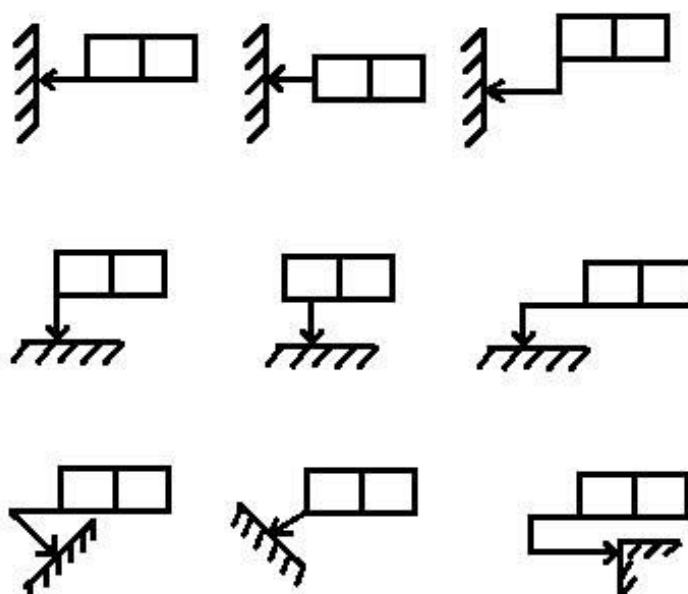


Рис.25. Варианты расположения рамки на чертеже

Измерение величины огранки. Для измерения величины огранки цилиндрической поверхности детали ее следует поместить в призму. Призму с контролируемой деталью нужно установить на предметный столик вертикального оптиметра так, чтобы ось измерительного стержня была перпендикулярна оси детали и пересекала ее. В этом положении прибор следует установить на ноль (см. описание работы №8). На поверхности детали следует отметить начальную точку измерения в данном сечении.

При медленном вращении детали в призме следует по шкале прибора зафиксировать наибольшее и наименьшее показания вертикального оптиметра за полный оборот детали, причем при вращении детали следует исключить особое смещение детали в призме.

Абсолютная величина разности h между наибольшим и наименьшим (с учетом знака) показаниями прибора в конкретном сечении по длине контролируемой поверхности характеризует величину огранки, но ею не является. Величина Δ огранки приближенно определяется из выражения (1).

Величину Δ огранки следует определить в трех сечениях контролируемой поверхности. Результаты измерений занести в таблицу.

Измерение овальности осуществляется следующим образом.

Контролируемая деталь устанавливается непосредственно на предметном столике вертикального оптиметра, оптиметр настраивается на ноль в положении, когда его измерительный наконечник находится в продольной плоскости детали. Деталь последовательно прокатывается под измерительным наконечником, причем после каждого измерения она поворачивается на угол $15-30^0$. По наибольшему показанию прибора определяется сечение, в котором диаметр контролируемой поверхности наибольшей, т.е. d_{max} . Это поперечное сечение детали следует отметить карандашом на торце поверхности и последовательно в трех сечениях по длине контролируемой поверхности следует измерить значения диаметров d_{max} . Затем деталь следует повернуть на 90^0 вокруг ее оси и также последовательно в тех же трех поперечных сечениях измерить значения диаметра d_{min} . Результаты измерений следует занести в таблицу. Величина Δ овальности определяется для каждого из трех сечений как $\Delta_i = \frac{d_{max}-d_{min}}{2}$.

Измерение отклонения профиля продольного сечения детали осуществляется измерением при помощи блока концевых плоскопараллельных мер длины и рычажной скобы диаметров контролируемой поверхности в трех сечениях по ее длине (см. описание работы №7). Величина d_i диаметра в контролируемом сечении определяется как среднеарифметическое значение трех измерений диаметра в данном сечении, при которых ось измерения последовательно поворачивалась на угол 120^0 . Результаты измерений следует занести в таблицу.

Анализ полученных значений позволяет выявить вид отклонения профиля продольного сечения и его величину.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз контролируемой детали, указать ее номер.
3. Произвести измерение величины огранки контролируемой поверхности.
4. Произвести измерение овальности.
5. Произвести измерение отклонения профиля продольного сечения.
6. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы отчета приведена ниже).
7. Дать характеристику отклонений формы в продольном и поперечном сечениях контролируемой поверхности.

Рекомендуемая форма отчета

Таблица 5

Данные о приборах

Наименование прибора	Вертикальный оптиметр	Рычажная скоба
Цена деления, мм		
Пределы измерения прибора, мм		
Пределы измерения по шкале, мм		

Таблица 6

Результаты измерения

Отклонение формы контролируемой поверхности	Измерение отклонения профиля продольного сечения	Размер блока кольцевых мер, мм	Разность величины диаметров в сечениях, мм				d^2-d_1	d_3-d_2
			Значение диаметра в сечениях d_i , мм	Среднеарифметическое значение, мм				
				Угол поворота измерительной оси прибора	210^0			
					120^0			
	0^0							
	Измерение овальности	Размер блока кольцевых мер, мм	Величина овальности, мм					
			Разности $d_{max}-d_{min}$, мм					
			Показания прибора, мм	d_{min}				
				d_{max}				
			Измерение величины огранки	Величина угла α призмы (град.)	Величина огранки Δ , мм			
	Разность h показаний прибора, мм							
	Показания прибора, мм	min						
max								
Сечения, перпендикулярные к оси контролируемой поверхности					I	II	III	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

КОНТРОЛЬ РАДИАЛЬНОГО И ТОРЦЕВОГО БИЕНИЯ

По ГОСТу 24642-81 определяются типовые виды отклонения от правильного расположения поверхностей и осей: отклонение от параллельности, соосности и симметричности, а также отклонение или допуск наклона.

Отклонение наклона – это отклонение угла между плоскостью и базовой поверхностью или базовой осью от нормируемого угла, выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка.

ГОСТ 24642-81 определяет *позиционное отклонение* (смещение от оси номинального расположения) – наибольшее расстояние Δ между реальным положением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка.

ГОСТ предусматривает два вида допусков расположения поверхностей – зависимые и независимые.

Независимым допуском расположения называется допуск, установленный из функционального значения детали или соединения и величина его не зависит от действительных отклонений поверхностей.

Зависимым допуском формы и расположения называется допуск, минимальное значение которого указывается в чертежах или технических требованиях и которое разрешается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера детали от наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия.

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}},$$

где T_{min} – минимальная часть допуска; связанная при расчете с наименьшим зазором:

$$T_{\text{min}} = 0,5S_{\text{min}};$$

$T_{\text{доп}}$ – дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Чаще всего зависимые допуски расположения устанавливаются для деталей, которые сопрягаются между собой одновременно по двум и более поверхностям и для которых требования взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости.

ГОСТ выделяет суммарные отклонения расположения поверхностей, к ним относятся все виды биений.

Радиальным биением, согласно ГОСТ 24642-81, называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси вращения в сечении, перпендикулярном к этой оси. Радиальное биение является результатом смещения центра рассматриваемого сечения относительно оси вращения (эксцентриситета) и некруглости. Эксцентриситет вызывает вдвое большее по величине радиальное биение.

Торцевым биением называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной торцевой поверхности, расположенных на окружности заданного диаметра, до плоскости, перпендикулярной к базовой оси вращения. Если диаметр не задан, то торцевое биение определяется на наибольшем диаметре торцевой поверхности. Торцевое биение является результатом неперпендикулярности торцевой поверхности к базовой оси и отклонений формы торца по линии измерения.

Полным радиальным биением называется наибольшая разность показаний измерительной головки при перемещении ее вдоль оси детали, которая вращается вокруг базовой оси. При этом комплексно выявляются отклонения от соосности, круглости, прямолинейности и параллельности образующих.

Полным торцевым биением называется наибольшая разность показаний измерительной головки при ее радиальном перемещении и вращении детали вокруг базовой оси.

Требования, ограничивающие величину погрешности взаимного расположения поверхностей, в том числе и биение, должны задаваться и контролироваться от баз.

База – это совокупность поверхностей, линий или точек, по отношению к которым определяется положение рассматриваемой поверхности.

Обозначение допусков расположения поверхностей на чертежах

По ГОСТ 2.308-76 вид допуска расположения поверхности обозначается на чертеже соответствующим знаком (таблица 7).

По ГОСТу допускается в случае, когда графическое обозначение недостаточно, указывать допуск на расположение поверхности и технических требования чертежа.

Примеры символического обозначения допуска расположения поверхности приведены в табл. 8. Символические обозначения и допустимые величины расположения помещают в прямоугольных рамках, которые соединяются выносной линией со стрелкой с контурной линией поверхности или с размерной линией параметра, или с осью симметрии, если отклонение относится к общей оси.

Прямоугольные рамки делятся на две или три части: в первой показывается символическое обозначение отклонения, во второй – величина предельного отклонения. Третья часть рамки вводится тогда, когда нужно показать еще буквенное обозначение.

Зависимый допуск обозначения буквой **М** и проставляется в кружочке рядом с величиной допускаемого отклонения.

В данной лабораторной работе контроль радикального и торцевого биения относительно центровых отверстий детали осуществляется на специальном приспособлении (рис. 26). Приспособление состоит из корпуса 1, на направляющих которого установлены центры 4 и 11, положение которых фиксируется при помощи винтов 3 и 4. Контролируемая деталь 2 устанавливается своими центровыми отверстиями на конических поверхностях центров 4 и 11.

Контроль биения поверхностей необходимо проводить относительно тех поверхностей, которыми деталь базируется в механизме.

Базовыми поверхностями у валов чаще всего могут быть:

- одна цилиндрическая поверхность (консольный вал); в этом случае биения всех остальных цилиндрических и торцевых поверхностей должны определяться при установке детали на призму базовой поверхностью;

- две цилиндрические поверхности (двухопорный вал); в этом случае биения всех остальных поверхностей должны определяться при установке детали на две призмы двумя базовыми поверхностями, т.е. измерение производится относительно общей оси этих двух базовых поверхностей.

На практике конструкторы и контролеры часто отходят от этих принципиально правильных схем, так как задают и контролируют биения поверхностей относительно центровых отверстий детали.

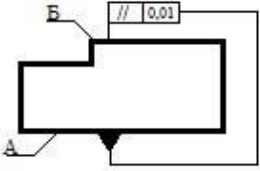
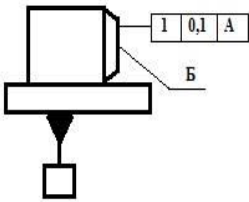
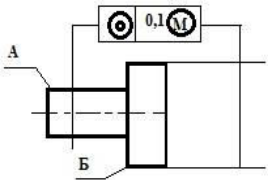
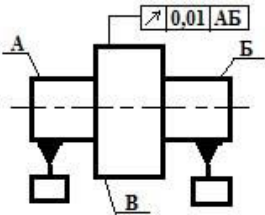
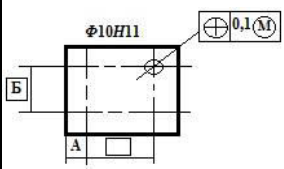
Таблица 7

Обозначение вида допуска расположения поверхности

Вид допуска			Знак
Виды допусков	расположения	Допуск параллельности	//
		Допуск перпендикулярности	$\perp$
		Допуск соосности	$\odot$
		Допуск пересечения осей	$\times$
		Допуск симметричности	$\equiv$
		Позиционный допуск	$\oplus$
	суммарный допуск формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцевого биения Допуск биения в заданном направлении	
		Допуск полного радиального биения Допуск полного торцевого биения	
		Допуск формы заданного профиля	$\frown$
		Допуск формы заданной поверхности	$\cap$

Таблица 8

Примеры обозначения допуска расположения поверхности

Вид допуска	Пример обозначения на чертеже	Содержание требования
Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности Б относительно поверхности А не более 0,01 мм
Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности Б относительно основания не более 0,01 мм
Допуск соосности		Допуск соосности поверхностей А и Б не более 0,1 мм (допуск зависимый)
Допуск радиального биения		Допуск радиального биения поверхности. В относительно общей оси поверхностей А и Б не более 0,04 мм
Позиционный допуск		Позиционный допуск четырех отверстий не более 0,1 мм (допуск зависимый)

Центровые отверстия являются вспомогательной технологической базой и такой метод контроля оправдан только на операциях предварительной обработки.

Контроль величины биения осуществляется по шкале индикатора 9 часового типа, закрепленному на кронштейне 8. Кронштейн 8 при помощи зажима 7 связан с кронштейном 6, жестко связанным с основанием 5.

Описание конструкции индикатора

Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм применяется для измерений относительным и абсолютным методом. Измерения абсолютным методом возможны для величин, не выходящих за пределы измерения прибора (0-2; 0-3; 0-5; 0-10 мм).

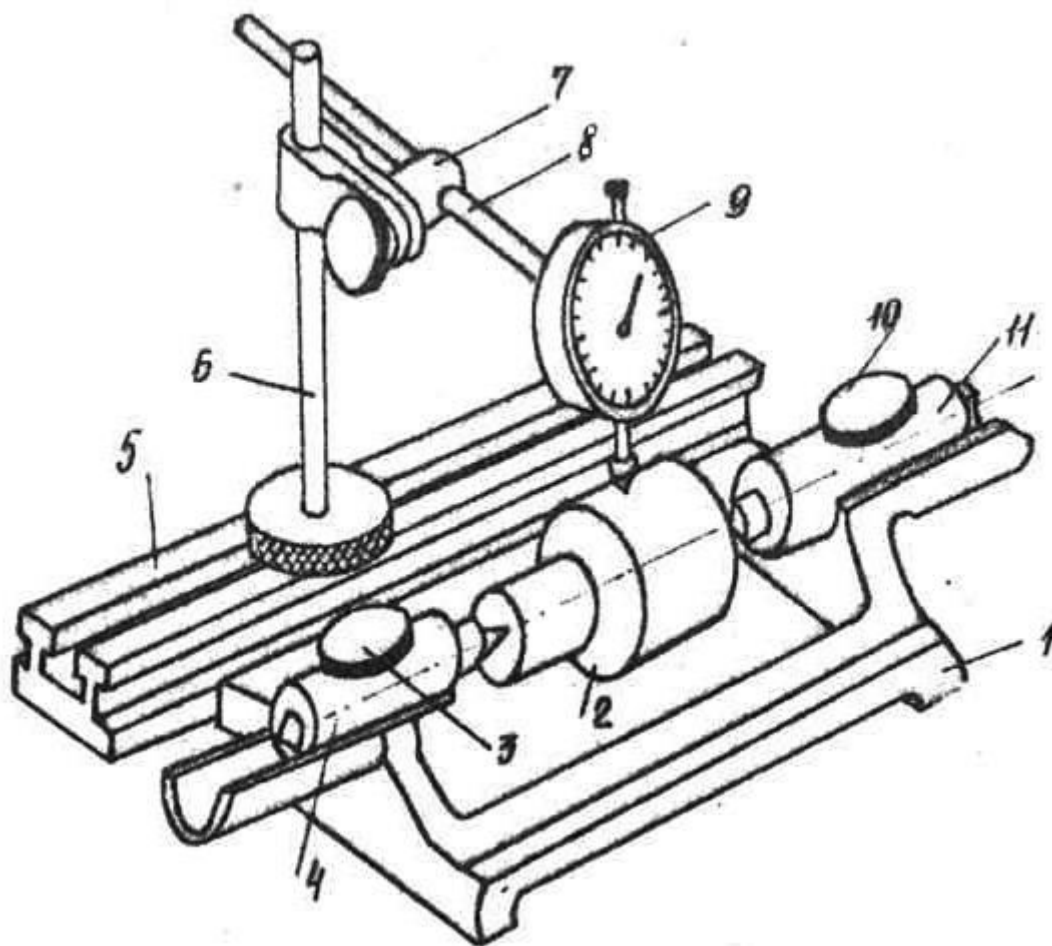


Рис. 26. Приспособление для контроля биения в центрах

Более точным является относительный метод, так как суммарная погрешность, накопленная на нескольких оборотах стрелки больше, чем погрешность в пределах одного оборота и погрешность размера блока плиток.

Общий вид прибора для измерения радиального биения и принципиальная схема устройства индикатора показаны на рис. 27.

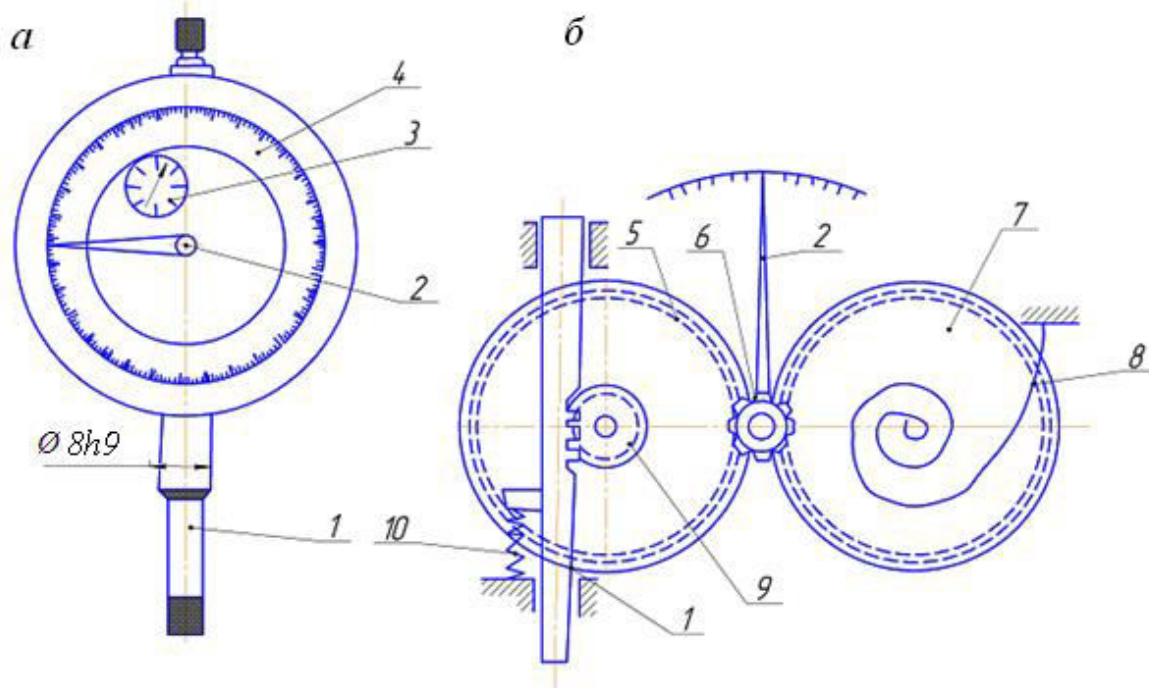


Рис.27. Индикатор часового типа:
а – внешний вид; б – конструкция

Измерительный стержень 1 выполнен как одно целое с зубчатой рейкой, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом 9. На одной оси с колесом 9 закреплена стрелка-указатель 3 числа оборотов.

Она перемещается на одно деление при перемещении измерительного стержня на 1 мм. На одной оси с колесом 9 закреплено колесо 5, которое находится в зацеплении с колесом 6, на одной оси с которым закреплена стрелка 2. Колесо 6 и стрелка 2 делают полный оборот при перемещении измерительного стержня на 1 мм. Шкала 4 имеет 100 делений, значит, цена деления шкалы 4 составляет 0,01 мм.

Шкала 4 индикатора – поворотная, и нулевое положение шкалы можно подвести к стрелке 2. Колесо 7, находящееся в зацеплении с колесом 6, подпружинено волоском 8 для выбора люфтов в зубчатом механизме и обеспечения однопрофильного зацепления. Пружина 10 возвращает измерительный стержень в исходное положение и создает измерительное усилие. Измерительное усилие индикатора лежит в пределах $80 \div 200$ Гс. Допускаемые погрешности измерения индикатором в пределах 1 мм (для второго оборота стрелки) составляют 12 мкм, в пределах всего интервала измерений (для индикаторов с пределом измерений до 10 мм) – не более 22 мкм. Вариация показаний 3 мкм.

Определение радиального биения на призме

В работе требуется определить радиальное биение поверхности d_1 относительно базовой поверхности d_2 (рис. 28,а). Для этого необходимо установить призму на поверхность поверочной плиты, измеряемую деталь установить на призму базовой поверхностью, как показано на схеме контроля. Затем следует установить на поверочной плите основание 5 с индикатором 9 (рис. 26). Путем перемещения основания 5 по поверочной плите перемещения кронштейна 8 относительно зажима 7 и зажима 7 с кронштейном 8 по кронштейну 6 необходимо расположить измерительный наконечник 9 в вертикальной диаметральной плоскости измеряемой поверхности.

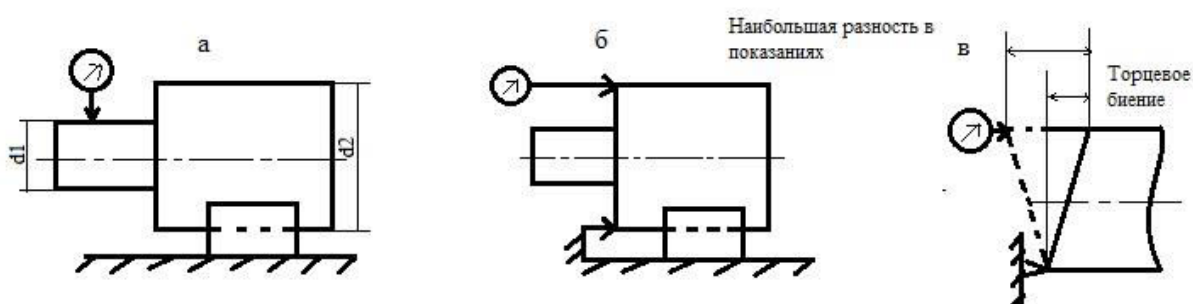


Рис. 28. Схема контроля биения на призме:
а – радиального биения;
б – торцевого биения с упором;
в – определения величины торцевого биения

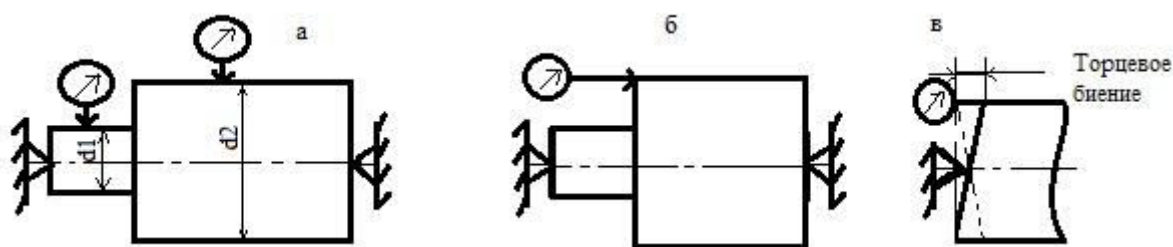


Рис. 29. Схема контроля биения в центрах:
а – радиального биения;
б – торцевого биения;
в – определения торцевого биения

После этого следует перемещением индикатора 9 вниз добиться натяга измерительного наконечника индикатора в пределах 1-2 мм по показанию маленькой стрелки, затем необходимо зафиксировать положение индикатора зажимом 7.

Медленно вращая деталь в призме, нужно определить по шкале индикатора величину радиального биения контролируемой поверхности, которая определяется как разность между наибольшим и наименьшим показаниями за один оборот.

Определение торцевого биения на призме

В работе требуется определить торцевое биение среднего торца относительно базовой поверхности d_2 (рис. 28,б). С этой целью следует установить деталь на призме, чтобы измеряемый торец детали упирался в сферический упор, имеющийся на призме, как это показано на рисунке. Затем следует расположить индикатор так, чтобы его измерительный наконечник был расположен вдоль оси детали и касался измеряемого торца детали в диаметрально противоположной от сферического упора точке на возможно большем расстоянии от оси детали, установить натяг индикатора в пределах 1-2 мм. Затем следует, медленно вращая деталь в призме и слегка прижимая ее рукой к сферическому упору, определить по шкале индикатора разность между его наибольшим и наименьшим показаниями за один или несколько оборотов детали. При этой схеме измерения полученная разность показаний индикатора является удвоенной величиной торцевого биения (рис. 28,в). Поэтому за величину торцевого биения следует брать половину разности показаний по шкале индикатора.

Определение радиального биения в центрах

В работе необходимо определить радиальное биение поверхностей двух шеек относительно базовой оси центровых отверстий (рис.29,а). Для этого необходимо установить приспособление для контроля биения в центрах (рис.26) на поверочную плиту. Затем следует установить деталь в центрах 3 и 11 и закрепить их винтами 3 и 10, расположить индикатор так, чтобы его измерительный наконечник находился в диаметральной плоскости детали и был бы расположен перпендикулярно к оси детали. Следует установить натяг индикатора в пределах 1-2 мм. После этого следует, медленно вращая деталь в центрах, определить радиальное биение контролируемой шейки детали как разности наибольшего и наименьшего показаний индикатора за один или несколько оборотов детали.

Измерение радиального биения второй шейки детали выполняется аналогичным образом.

Определение торцевого биения в центрах

Для определения торцевого биения среднего торца вала относительно базовой оси центральных отверстий следует установить деталь в центрах

приспособления, расположить индикатор таким образом, чтобы его измерительный стержень располагался вдоль оси детали и касался измеряемого торца на возможно большем расстоянии от оси. Затем следует установить натяг индикатора 1-2 мм. После этого, медленно вращая деталь, определить торцевое биение как разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора, так как в этом случае они соответствуют друг другу (рис.29,б).

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз контролируемой детали.
3. Измерить радиальное биение поверхности d_1 относительно базовой поверхности d_2 на призме.
4. Измерить торцевое биение поверхности среднего торца относительно базовой поверхности d_2 на призме.
5. Измерить радиальное биение поверхностей d_1 и d_2 относительно базовой поверхности оси центровых отверстий.
6. Измерить торцевое биение среднего торца относительно оси центровых отверстий.
7. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).
8. По результатам измерений найти степень точности детали по каждому контролируемому параметру в соответствии с ГОСТ 24642-81.

Рекомендуемая форма отчета

Данные об индикаторе			Данные о детали		
Цена деления, мм			Диаметр d_1		
Пределы измерения			Диаметр d_2		
Результаты измерений					
Метод контроля	Измеряемое биение	Схема измерения	Показания индикатора	Действительное биение	Степень точности
На призме	Радиальное				
	Торцевое				
В центрах	Радиальное d_1				
	Радиальное d_2				
	Торцевое				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ДВОЙНОМ МИКРОСКОПЕ

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная на базовой длине l .

Требования к шероховатости устанавливаются путем указания численных значений ряда параметров, предусмотренных ГОСТ 2789-73. На рис. 30 приведена профилограмма увеличенных микронеровностей.

Средняя линия профиля m-m – базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля от этой линии минимально.

Линия выступов профиля – линия, параллельная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

Линия впадин профиля – линия, параллельная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

Численные параметры шероховатости поверхности

R_a – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины, мкм

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x_i)| dx \quad \text{или приближенно} \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y(x_i)|$$

где l – базовая длина, выбираемая из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8,25 мм;

y – расстояние между любой точкой профиля и средней линией, измеренной по нормали, проведенной к средней линии через эту точку профиля;

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам – это сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины, мкм.

$$R_z = \frac{1}{5} [\sum_{i=1}^5 |Y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{vi}|],$$

где Y_{pi} и Y_{vi} – расстояния высших точек пяти наибольших максимумов и низших точек пяти наибольших минимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль;

R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля, определяемая как расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины, мкм;

S_m – средний шаг неровностей профиля, определяемый как среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины, мм.

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} ,$$

где n – число шагов в пределах базовой длины;

S_{mi} – длина отрезка средней линии, ограниченного точками пересечения этой линии одноименных сторон средних неровностей;

S_i – среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины, мм:

$$S_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{ii} ,$$

где n – число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины;

t_p – относительная опорная длина профиля, определяемая как отношение опорной длины профиля η_p к базовой длине l в процентах:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} * 100 \% ,$$

где η_p – опорная длина профиля, которая представляет сумму « b_i » в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне ρ в материале выступов профиля линией, параллельной средней линии

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i ,$$

n – число отрезков « b_i » в пределах базовой длины;

ρ – уровень сечения профиля, определяемый как расстояние между линией выступов и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

Числовые значения уровня сечения профиля « ρ » выбираются из рядов 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90% от R_{max} .

Числовые значения относительной опорной длины профиля t_p выбираются из рядов: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%.

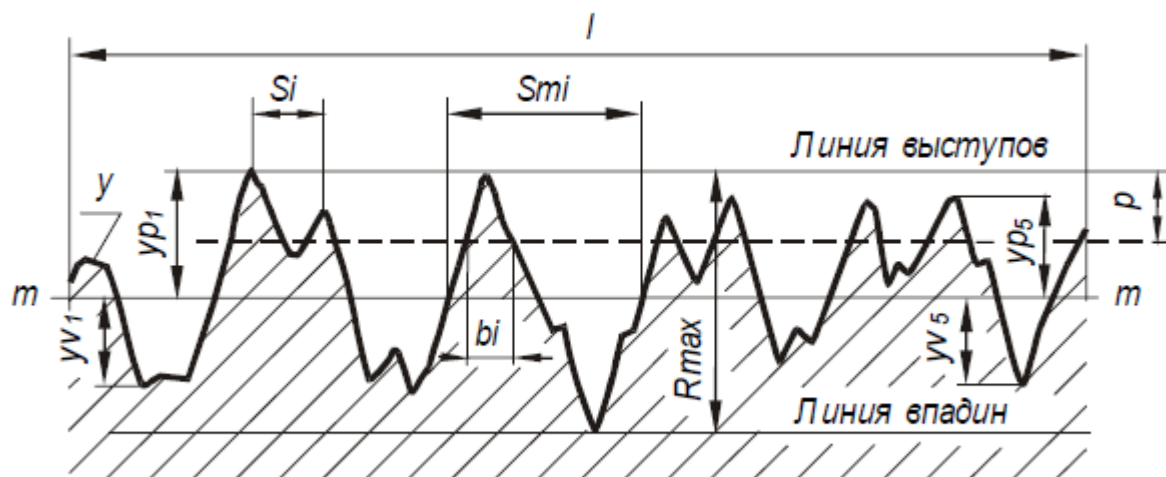


Рис. 30. Профилограмма микронеровностей

Таблица 9

Значения R_a и R_z

№ п/п	R_a , мкм		R_z , мкм	Базовая длина, l , мм
	предпочтительные значения	значения		
1	50	80; 63; 40	320; 250; 200; 160	8
2	25	40; 32; 20	160; 125; 100; 80	8
3	12,5	20; 16; 10	80; 63; 50; 40	8
4	6,3	5; 4; 2,5	40; 32; 25; 20	2,5
5	3,2	2,5; 2; 1,25	20; 16; 12,5; 10	2,5
6	1,6	1,25; 1; 0,63	10; 8; 6,3	0,8
7	0,8	0,63; 0,5; 0,32	6,3; 5; 4; 3,2	0,8
8	0,4	0,32; 0,25; 0,16	3,2; 2,5; 2; 1,6	0,8
9	0,2	0,16; 0,125; 0,08	1,6; 1,25; 1; 0,8	0,25
10	0,1	0,08; 0,063; 0,04	0,8; 0,63; 0,5; 0,4	0,25
11	0,05	0,04; 0,032; 0,02	0,4; 0,32; 0,25; 0,2	0,25
12	0,025	0,02; 0,016; 0,01	0,2; 0,16; 0,125; 0,1	0,25
13	0,012	0,0; 0,008	0,1; 0,08; 0,063; 0,05	0,08
14			0,05; 0,04; 0,32	0,08

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются путем указания на чертеже числового значения (наибольшего, номинального или диапазона значений) одного или нескольких параметров и значения базовой длины, на которой происходит определение параметров.

Значения параметров R_a и R_z шероховатости приведены в табл. 9.

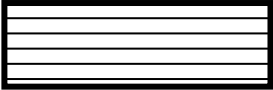
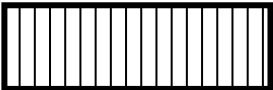
Качественные параметры шероховатости поверхности

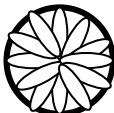
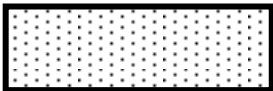
Качественные параметры шероховатости регламентируются ГОСТ 2.309-73. Стандартом предусмотрены два качественных параметра шероховатости поверхности: тип направления неровности и способ обработки.

Способ обработки указывается только в том случае, когда указанную шероховатость поверхности следует получить только одним определенным способом. Тип направления неровностей может быть выбран из семи указанных в табл 10.

Таблица 10

Качественные параметры шероховатости поверхности

Направление неровностей	Схематическое изображение неровностей	Условное обозначение
1	2	3
Параллельное		=
Перпендикулярное		⊥
Перекрещивающееся		×
Произвольное		<i>M</i>

1	2	3
Кругообразное		C
Радиальное		R
Точечное		P

Обозначение шероховатости поверхности на чертеже

Для обозначения шероховатости поверхности предусмотрен условный знак (по ГОСТ 2.309-73), структура оформления которого показана на рис.31, на котором показан порядок записи параметров шероховатости и приведен пример такого обозначения.

На рис. 31,а указаны следующие параметры: высотный параметр Ra должен быть не более 0,1 мкм, значение базовой длины для этого параметра соответствует стандартному – 0,25 мм и поэтому не указано, средний шаг неровностей профиля S_m должен находиться в пределах от 0,040 до 0,063 мм на базовой длине 0,8 мм, относительная опорная длина профиля $t_{50}80\pm10\%$ на базовой длине 0,25 мм.

Обозначение шероховатости поверхности на чертеже детали располагают на линии контура, выносных линиях, на полках линий выносок. При недостатке места допускается располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжении, а также разрывать выносную линию.

Обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа, если: все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость и на поверхности детали ее не проставляют (рис. 31,б); не проставленная на части поверхности детали шероховатость одинакова и имеет указанные параметры, знак шероховатости, помещенный в скобках, следует читать «остальные поверхности» (рис. 31,в); часть поверхностей детали не обрабатывается по данному чертежу (рис. 31, г).

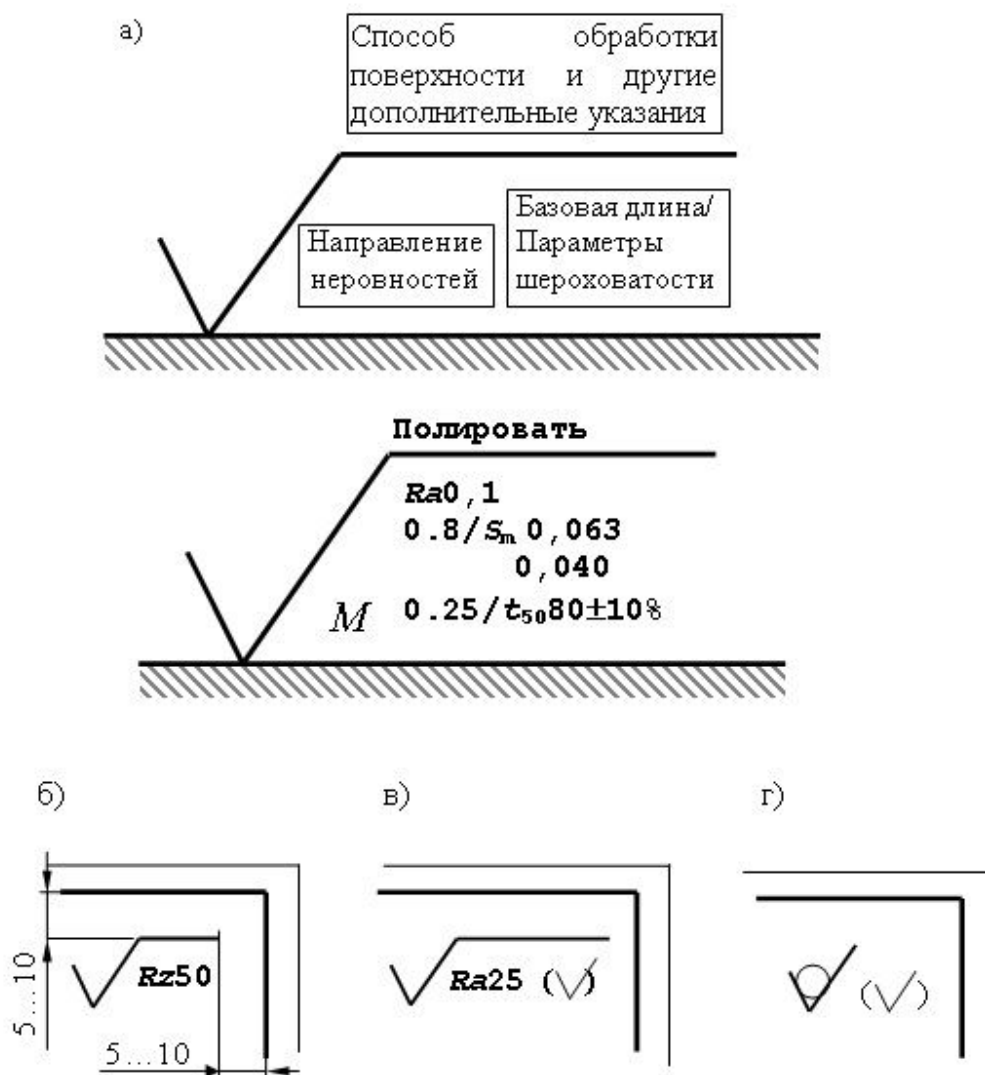


Рис.31. Структура обозначения шероховатости поверхности

Для обозначения шероховатости поверхности применяют один из указанных на рис. 32 знаков.

Знак на рис 32,а применяется во всех случаях, когда вид обработки не оговорен. Этот способ указания предпочтителен.

Знак на рис.32,б применяется в тех случаях, когда поверхность должна быть образована удалением слоя материала (литьем, штамповкой и т.д.) или если поверхности по данному чертежу не обрабатывается (шероховатость такой поверхности должна соответствовать требованиям на сортамент материала).

Знак на рис.32,в используется, если поверхность должна быть получена обработкой без удаления слоя материала (литьем, штамповкой и т.д.) или если поверхность по данному чертежу не обрабатывается (шероховатость такой поверхности должна соответствовать требованиям на сортамент материала).

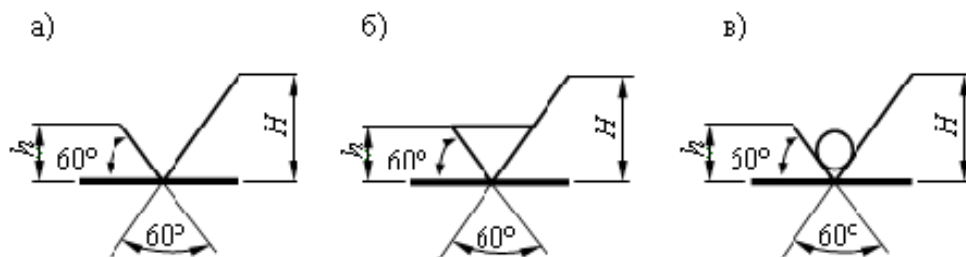


Рис.32. Обозначение шероховатости:

а – вид обработки не оговорен; б – поверхность образована удалением слоя материала; в - поверхность образована без удаления слоя материала

Значение (или диапазон) параметра указывается в обозначении шероховатости: параметра R_a – без символа; остальное – после соответствующих символов. Базовая длина в обозначениях не указывается, если нормируются параметры R_a и R_z и значение базовой длины не отличается от приведенного в табл.9 для соответствующих значений R_a и R_z .

Описание принципа действия и конструкции двойного микроскопа МИС-11

Принцип действия прибора основан на методе светового сечения. Световой пучок в виде узкой полосы проектируется на исследуемую поверхность под углом α , вследствие чего граница света и тени на поверхности (линия А) приобретает форму, повторяющую профиль неровностей поверхности (см. рис.33). Полученное световое сечение рассматривается через наблюдательный микроскоп.

Двойной микроскоп МИС-11 предназначен для измерения параметров R_z и R_{max} , S с пределами измерения 80-0,8 мкм. Он представляет собой систему из двух микроскопов – осветительного (проектирующего) и наблюдения, оси которых составляют между собой угол 90° .

Оптическая схема микроскопа показана на рис.34.

От источника света 1 через конденсор 2, щелевую диафрагму 3, светофильтр 4 проходят лучи, которые собираются в фокальной плоскости объектива 5. Изображение щели проектируется на поверхность детали 6, видимую как бы в разрезе. Изображение щели, деформированное на контролируемой поверхности в зависимости от высоты неровностей, вторым объективом 7 проектируется на сетку окуляра 8.

Двойной микроскоп модели МИС-11 изображен на рис.35.

Микроскоп состоит из жесткого корпуса 1, на котором расположена колонка 10, имеющая резьбовую нарезку. На колонке закреплен кронштейн 9, перемещение которого вдоль колонки 10 осуществляется при помощи гайки 6, а фиксация положения – винта 8. Кронштейн 9 и корпус тубусов 15

связаны между собой направляющими типа «ласточкин хвост» и реечной передачей, позволяющей перемещать корпус тубусов 15 в вертикальном направлении при помощи маховичка 11. Микровинт 12 позволяет осуществлять тонкую фокусировку микроскопа. Осветительный тубус 3 расположен в отверстии корпуса тубусов 15. В осветительном тубусе 3 расположен корпус 7 осветительной лампы. Настройка угла наклона осветительного тубуса 3 осуществляется винтом 4, а фокусировка световой полосы на контролируемой поверхности – гайкой 5.

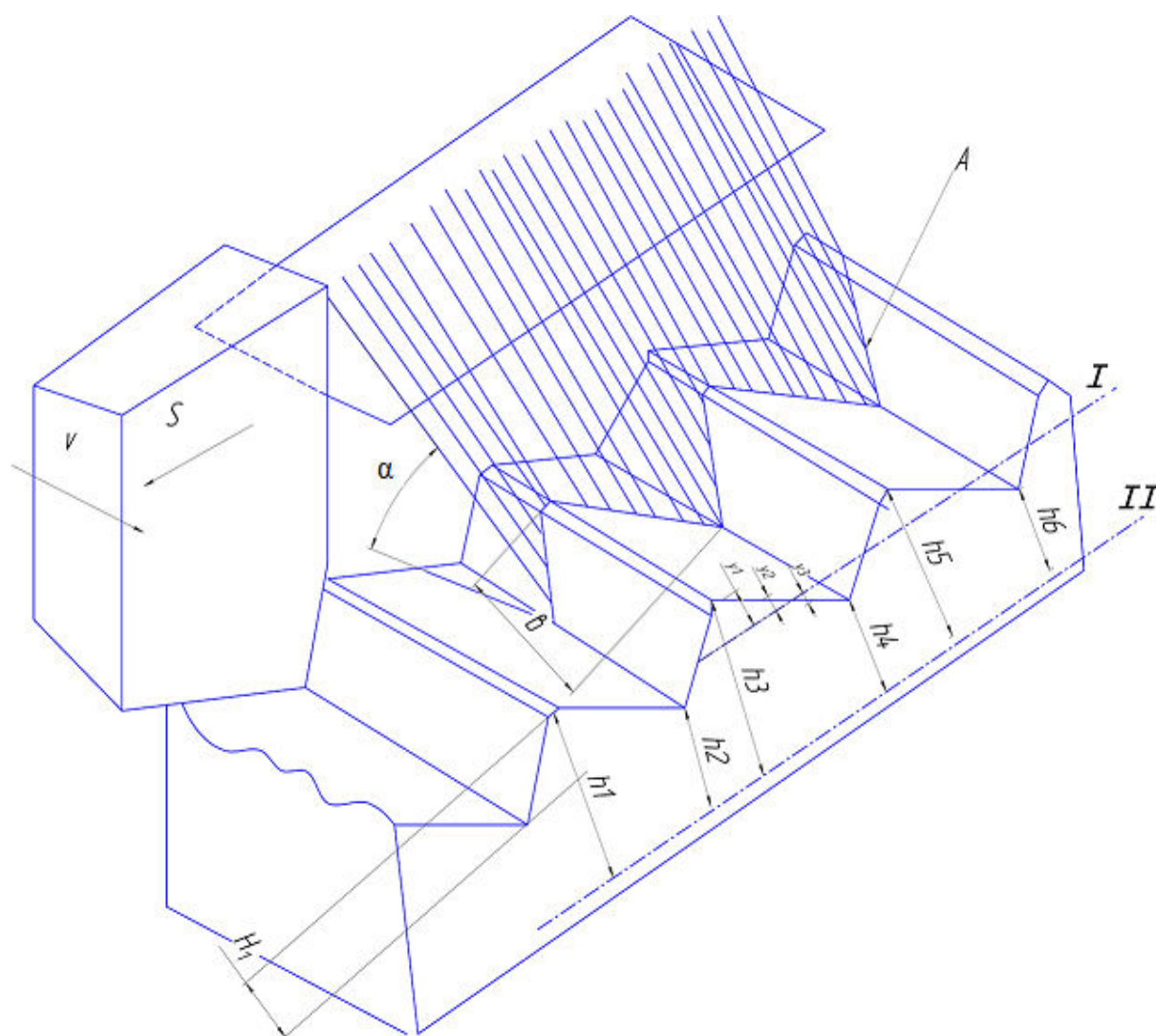


Рис.33. Принцип действия двойного микроскопа

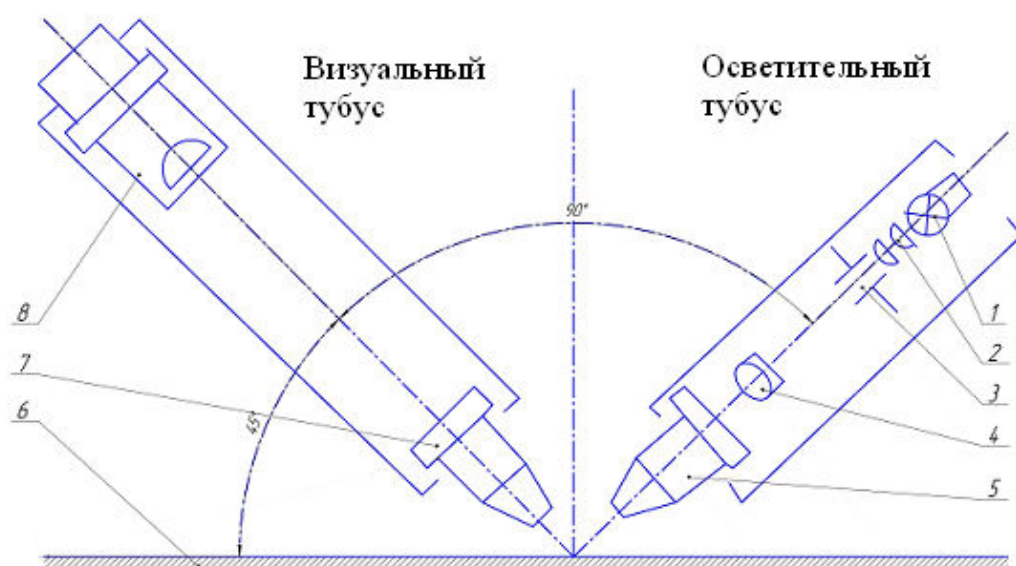


Рис.34. Оптическая схема двойного микроскопа

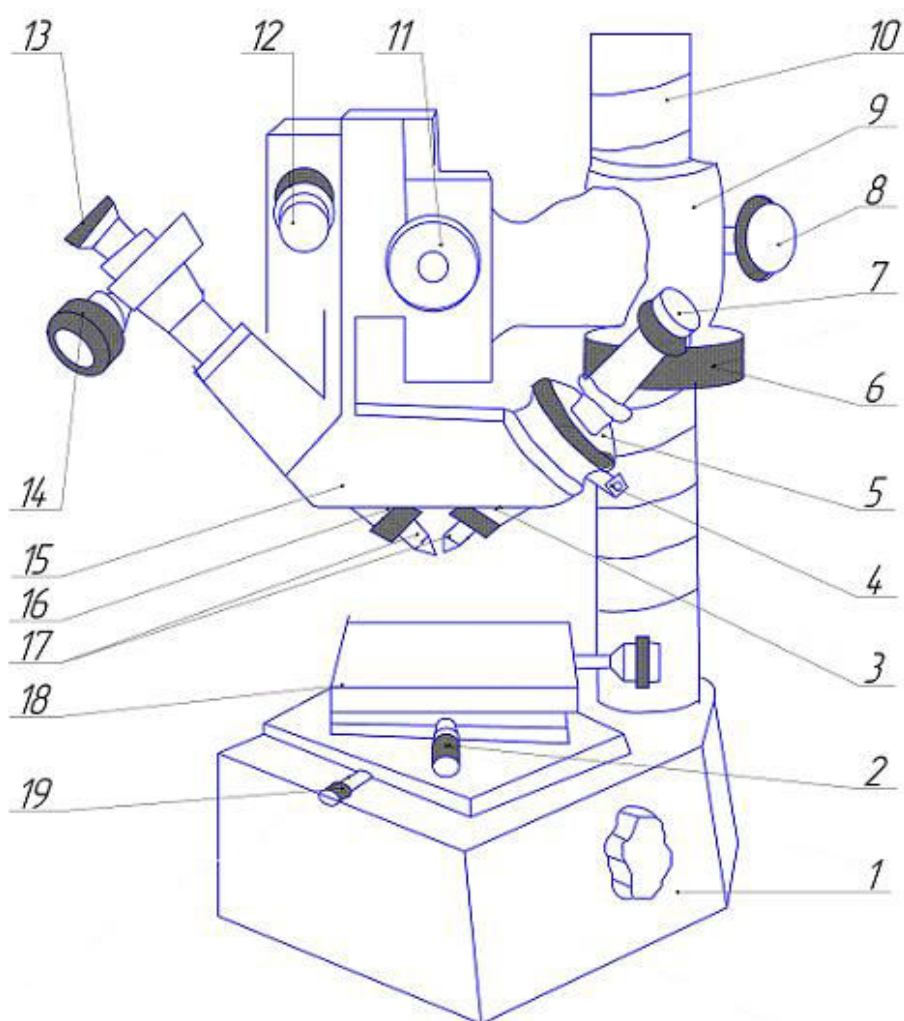


Рис.35. Общий вид двойного микроскопа

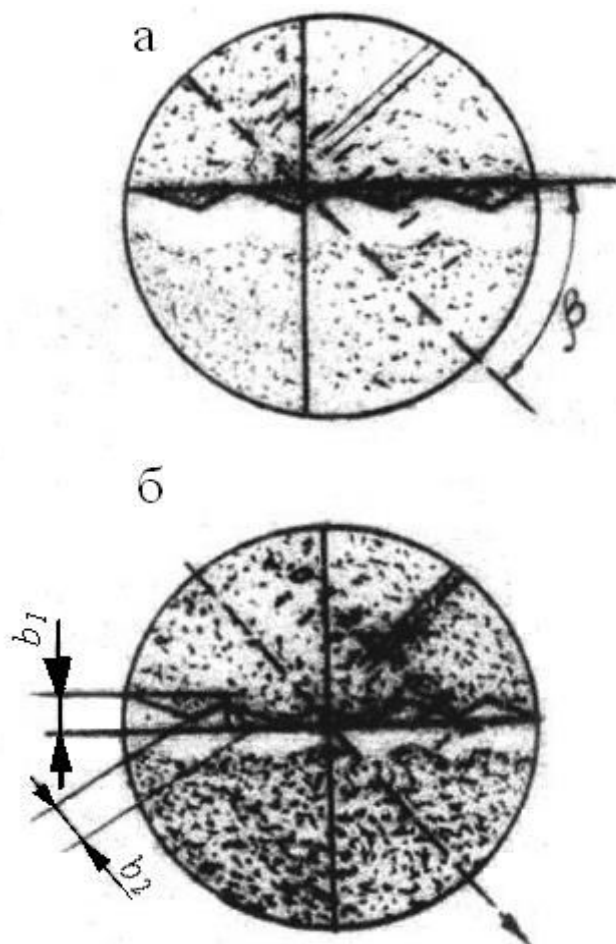


Рис.36. Положение линий сетки при измерении:
а – первый отсчет; б – второй отсчет

Визуальный тубус 16 содержит объектив 17 и окулярный микрометр 13. Измерительный столик 18 расположен на корпусе 1, он имеет возможность осуществлять поворот вокруг вертикальной оси и перемещения в горизонтальной плоскости в двух взаимоперпендикулярных направлениях. Винтом 19 осуществляется стопорение поворота столика 18, а микрометрические головки 2 позволяют осуществлять линейные перемещения столика в горизонтальной плоскости и фиксировать величину перемещения с точностью до 0,01 мм.

Двойной микроскоп оснащен четырьмя парами объективов 17 с различными фокусными расстояниями. Цена деления барабана 14 окулярного микрометра 0,01 мм. Характеристики двойного микроскопа для различных пар объективов приведены в табл. 11.

Для измерения величины шероховатости необходимо установить контролируемую деталь на измерительный столик 18, причем столик нужно повернуть так, чтобы следы обработки были перпендикулярны изображению проектируемой щели. Затем следует, наблюдая в окуляр микрометра 13, вращением винта 4 установить изображение щели в центре поля зрения.

После этого, вращением маховичка 11, добиться резкого изображения щели. Затем следует освободить стопорный винт и развернуть окулярный микрометр 13 так, чтобы горизонтальная линия перекрытая сетки встала строго параллельно линии щели.

Таблица 11

Характеристика объективов микроскопа

Условное обозначение объектива	Фокусное расстояние, мм	Увеличение и апертура объектива	Линейное поле зрения, мм	Высота неровностей, которую можно измерять объективом		Характеристика I/N
				от, мкм	до, мкм	
0С -39	25,02	5,8x0,13	2	6	83	0,17
00-40	13,89	10,5x0,30	1,08	3	19	0,094
0С-41	8,16	18x0,37	0,67	1,5	7	0,56
0С-42	4,25	24,5x0,50	0,33	0,8	3	0,028

Затем вращением барабана 14 окулярного микрометра 13, подвести горизонтальную линию перекрытия к вершинам (выступам) изображения изгибающейся щели (рис.36,а). В этом положении следует снять по барабану 14 окулярного микрометра первый отсчет и запись в отчет.

После этого следует вращением барабана 14 подвести горизонтальную линию перекрестья в положение впадин той же стороны щели (рис.36,б), в этом положении следует снять второй отсчет и зафиксировать его.

Следует иметь в виду, что целые обороты барабана отсчитываются по неподвижной шкале окулярного микрометра и двойному подвижному указателю. Разность отсчетов, умноженная на цену деления барабана окулярного микрометра, представляет собой величину b_2 .

В данной лабораторной работе необходимо измерить **пять гребешков заданной поверхности**, при необходимости осуществляя перемещение детали в поле зрения микрометрическим винтом 2 столика 18, перпендикулярного следам обработки в пределах базовой длины.

Величина R_z определяется из выражения

$$R_z = \frac{b_{2cp}}{2N},$$

где b_{2cp} —средняя разность отсчетов, умноженная на цену деления барабана окулярного микрометра;

$\frac{1}{N}$ - характеристика.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчет эскиз контролируемой детали.
3. Зарисовать в отчет оптическую схему двойного микроскопа.
4. Установить контролируемую деталь на инструментальный столик.
5. Проверить соответствие установленных в микроскопе объективов контролируемой шероховатости.
6. Произвести настройку микроскопа.
7. Произвести измерения высоты пяти гребешков в пределах базовой длины.
8. Занести результаты измерений в табл. 12.

Таблица 12

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе		Данные о детали	
Пределы измерения		Наименование	
Применяемые объективы	F N		
Цена деления окулярного микрометра		№ образца	

Результаты измерений

№	Отсчет по выступам	Отсчет по впадинам	Разность отсчетов	Среднее значение b_{2cp}
1				
2				
3				
4				
5				
Высота неровностей $R_z = \frac{b_{2cp}}{2N} =$				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРЕ МИИ-5

Описание конструкции и принципа действия микроинтерферометра МИИ-5

Микроинтерферометр В.П. Линника предназначен для лабораторных измерений шероховатостей поверхностей для определения параметров R_z , $R_{\max}$, S и S_m с пределами измерения высотных параметров 0,8...0,1 мкм, шагов 0,25...0,02 мм. Метод измерений основан на использовании явлений интерференции.

Принципиальная оптическая схема прибора показана на рис. 37. Нить лампы 1 с точечным источником света, конденсатором 2 через светофильтр 3 проектируется в плоскость апертурной диафрагмы 4. В фокальной плоскости проекционного объектива 6 помещена диафрагма 5. Параллельный пучок лучей объективом 6 направляется на полупрозрачную разделительную пластинку 7. Часть отражённых лучей собирается в фокальной плоскости объектива 8 на поверхности проверяемой детали 9. После отражения от поверхности детали лучи проходят через объектив 8, пластину 7 и, собираясь в фокусе объектива 14, падают на поверхность зеркала 15.

Вторая часть пучка лучей, прошедшая через пластину 7, падает на компенсатор 10 и проектируется объективом 11 на поверхность зеркала 12. После отражения от зеркала пучок проходит через объектив 11, компенсатор и частично отражается в направлении объектива 14, интерферируя с лучами первой ветви. Разность хода когерентных лучей осуществляется путём смещения объектива 11. Таким образом, в фокальной плоскости окулярного микрометра 17 можно одновременно наблюдать изображение проверяемой поверхности и интерференционных полос.

Для настройки микроинтерферометра на резкость механическая часть прибора осуществляет вертикальное перемещение объектива 8, кроме этого, для удобства настройки на резкость в конструкции прибора предусмотрена шторка 13, которая при настройке на резкость поворачивается маховичком вправо до упора с нанесённой в нём стрелкой "а", в этом положении стрелка "а" будет направлена вверх.

В таком положении шторка 13 перекрывает путь второму пучку лучей и в окулярном микрометре 17 можно наблюдать только изображение контролируемой поверхности. После того как полученное изображение поверхности примет резкие очертания, для осуществления чего следует плавно вращать винт 16, необходимо повернуть маховичок шторки 13 против часовой стрелки до упора, при этом стрелка "а" на маховичке примет

положение "влево" и на изображении поверхности в окулярном микрометре одновременно будут наблюдаться интерференционные полосы.

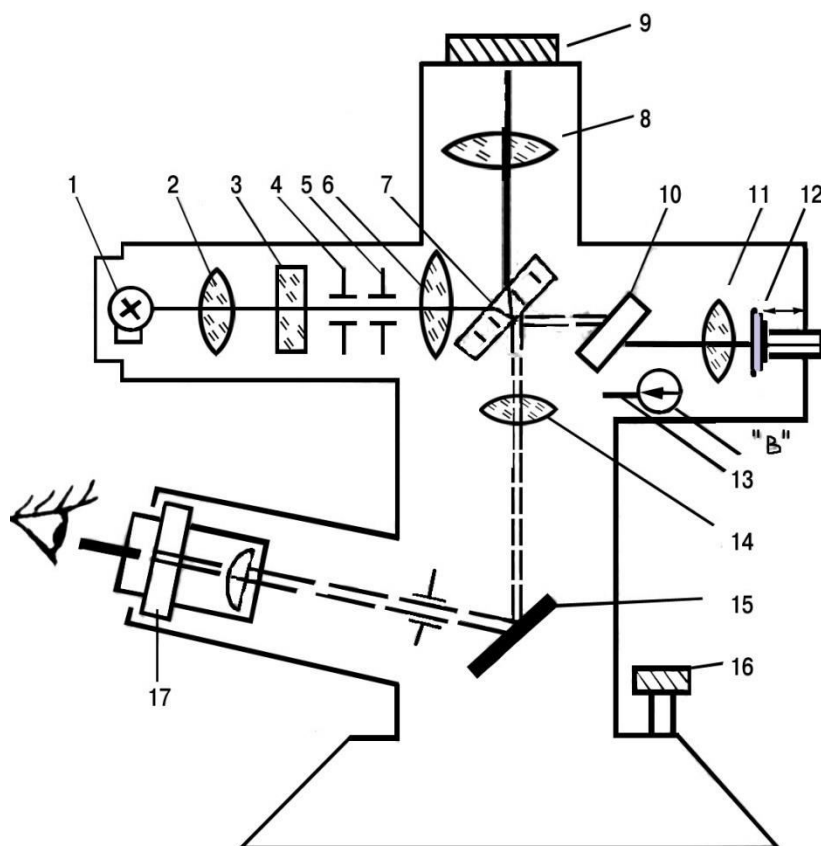


Рис. 37 Оптическая схема МИИ-5

Форма интерференционных полос в увеличенном масштабе воспроизводит профиль контролируемого участка поверхности. Так, если на измерительный столик микроскопа поместить деталь, поверхность которой имеет очень малую шероховатость ($R_z < 0,01$ мкм), то в поле зрения не будет различимых микронеровностей, а интерференционные полосы будут абсолютно прямыми (рис.38, а), причем, интервал между одноименными полосами соответствует $\frac{\lambda}{2}$ – половине длины волны света ($\lambda = 0,54$ мкм для белого света и $\lambda = 0,559$ – для зелёного).

Измерение шероховатости на микроинтерферометре МИИ-5

В данной лабораторной работе необходимо определить величину R_z контролируемой поверхности. Для этого следует контролируемую деталь

установить на измерительный столик прибора. Затем необходимо повернуть маховичок шторки 13 (рис. 37) по часовой стрелке и перекрыть вторую часть лучей, идущую на поверхность зеркала 12. Вращением винта 16 добиться резкого изображения исследуемой поверхности в окулярном микрометре 17. Полученное изображение должно выглядеть примерно так, как показано на рис. 38,б. После этого следует повернуть маховичок шторки 13 против часовой стрелки и открыть путь второй части лучей. В окулярном микрометре на исследуемой поверхности будет видно наложение интерференционных полос. Измерение величины микронеровностей поверхности заключается в измерении величины "а" искривления интерференционных полос (рис. 38,в). Поворотом окулярного микрометра вокруг оси тубуса необходимо расположить его оси так, чтобы одна (вертикальная) совпадала с направлением интерференционных полос, а другая (горизонтальная) – с направлением следов обработки на испытуемой поверхности.

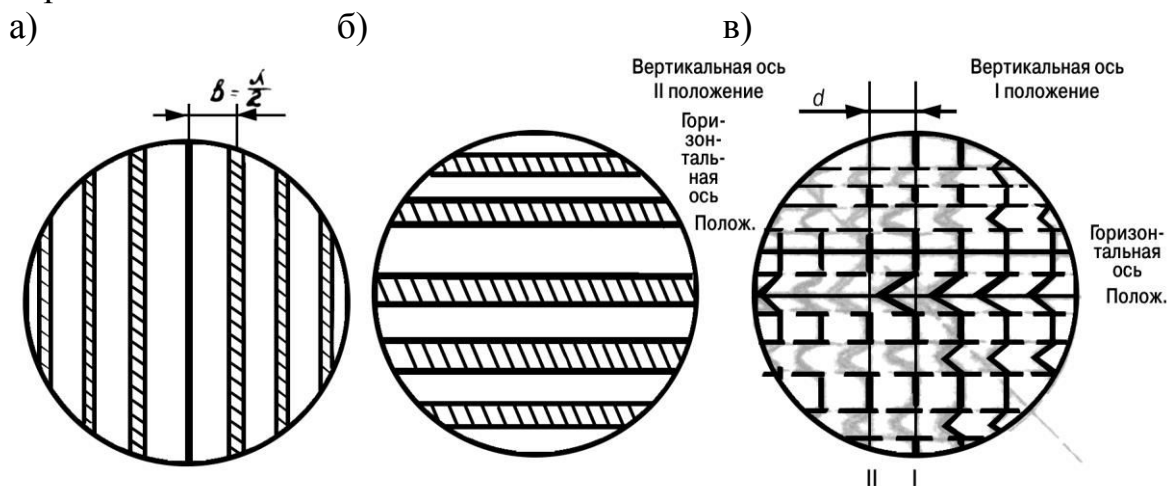


Рис. 38. Изображение окулярного микрометра:

- а – абсолютно гладкой поверхности;
- б – исследуемой поверхности при закрытой шторке;
- в – исследуемой поверхности при открытой шторке

После этого следует вращением барабана окулярного микрометра установить вертикальную ось сетки на край одной из наиболее ярких полос и снять по барабану отсчёта A_1 . Затем следует переместить вертикальную ось сетки на край соседней полосы и снова по барабану снять отсчёт A_2 . Разность отсчётов $A_1 - A_2$ определяет интервал b между двумя полосами. Цена C одного деления шкалы барабана окулярного микрометра подсчитывается по следующей формуле:

$$C = \frac{\lambda}{2(A_1 - A_2)}.$$

После определения цены деления шкалы барабана окулярного микрометра следует установить вертикальную ось перекрестья окулярного микрометра под основание изгиба наиболее яркой интерференционной полосы на исследуемой микронеровности (положение осей 1 рис. 38,в), в этом положении следует снять отсчёт A_3 по шкале барабана окулярного микрометра. Затем, вращением барабана сместить вертикальную ось окулярного микрометра в положение, в котором она будет касаться вершины излома той же интерференционной полосы на той же исследуемой микронеровности (положение осей 2 рис. 38,в). В этом положении следует снять второй отсчёт A_4 по шкале окулярного микрометра.

Разность $A_4 - A_3$ определяет величину "а" изгиба интерференционной полосы.

Следует измерить аналогичным образом величину "а" изгиба интерференционной полосы ещё на четырёх микронеровностях, находящихся в поле зрения окулярного микрометра.

Значение величины R_z исследуемой поверхности определяется из выражения

$$R_z = c \cdot \alpha_{cp},$$

где c – цена деления шкалы барабана окулярного микрометра;

α_{cp} – среднее арифметическое значение величины изгиба интерференционной полосы на пяти микронеровностях в поле зрения окулярного микрометра.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчёт эскиз контролируемой детали и её маркировку.
3. Зарисовать в отчёт оптическую схему микроинтерферометра.
4. Установить на измерительный столик объект – микрометр и по его идеальной поверхности определить цену деления C барабана окулярного микрометра.
5. Произвести измерение: величины изгиба интерференционных полос на пяти неровностях в пределах поля зрения окулярного микрометра.
6. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе		Данные о детали
Пределы измерения		Наименование
Цена деления окулярного микроскопа		№ образца
Определение цены деления шкалы окулярного микрометра		
A_1	A_2	$b = A_1 - A_2$
		$C = \frac{\lambda}{2(A_1 - A_2)}$

Результаты измерений					
№ п/п	A_4	A_3	$\alpha = A_4 - A_3$	$\alpha_{ср}$	$R_z = c * \alpha$
1					
2					
3					
4					
5					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

ИЗМЕРЕНИЕ СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА ЗУБОМЕРОМ СМЕЩЕНИЯ

По ГОСТу 21354 – 87 устанавливаются допуски на эвольвентные цилиндрические зубчатые колёса с диаметром до 6300 мм и модулями от 1 до 56 мм. В нём предусмотрено 12 степеней точности с 1 – й до 12 – й (в порядке убывания). Точность изготовления зубчатых колёс характеризуется:

- а) кинематической точностью передачи колесом движения сопряженному элементу;
- б) плавностью работы передачи, связанной с равномерностью передачи вращения от одного колеса к другому;
- в) контактом зубьев (область прилегания боковых поверхностей).

Независимо от степени точности колёс и передач устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колёс в передаче (Н, Е, D, С, В, А) и восемь видов допуска на боковой зазор, обозначаемых в порядке его возрастания буквами: h, d, c, b, a, z, y, x.

Для обеспечения нормальных условий смазки и компенсации погрешностей изготовления и монтажа в зубчатых передачах путём радиального смещения исходного контура рейки, создают боковой зазор между неработающими профилями сопряжённых зубьев.

С целью обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора (рис.39) осуществляют дополнительное смещение исходного контура $A_{нг}$ от его номинального положения в тело зубчатого колеса. Величина $A_{нг}$ нормируется наименьшим дополнительным смещением исходного контура - $A_{не}$ (для колёс с внешним зацеплением, в зависимости от степени точности по нормам плавности и вида сопряжения) и допуском на смещение исходного контура T_H (в зависимости от допуска на радиальное биение зубчатого венца и вида сопряжения или вида допуска на боковой зазор). Если степени точности по различным нормам разные, эти величины берутся по степени точности нормы плавности.

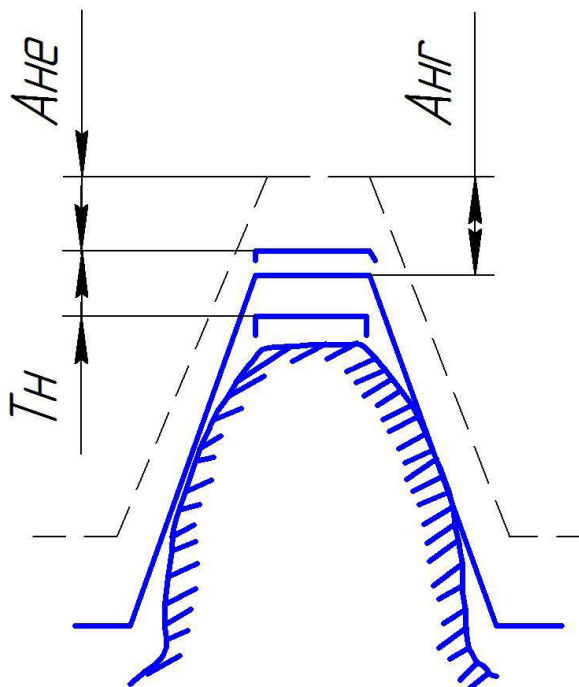


Рис. 39. Положение исходного контура

Описание устройства зубомера смещения (ГОСТ 4446-81)

Зубомеры смещения предназначены для определения положения исходного контура относительно наружного диаметра цилиндрических зубчатых колёс внешнего зацепления с модулями от 2 до 50 мм и углом исходного контура 20° по ГОСТ 21354-87.

Прибор состоит из корпуса 1 (рис. 40) с симметрично расположенными губками 8, которые одновременно перемещаются посредством винта 5 и фиксируются в нужном положении гайками 4. В корпусе 1 прибора устанавливается индикатор 3 с удлиненным сменным измерительным наконечником 9. По величине перемещения сменного измерительного наконечника 9, опирающегося на окружность выступов зубьев, определяют величину смещения исходного контура. Настройка зубомеров смещения производится по специальным калибрам - роликам 6, прилагаемым к прибору, которые помещают в призму специальной стойки 7. Размер калибров-роликов 6 соответствует модулям контролируемых колёс.

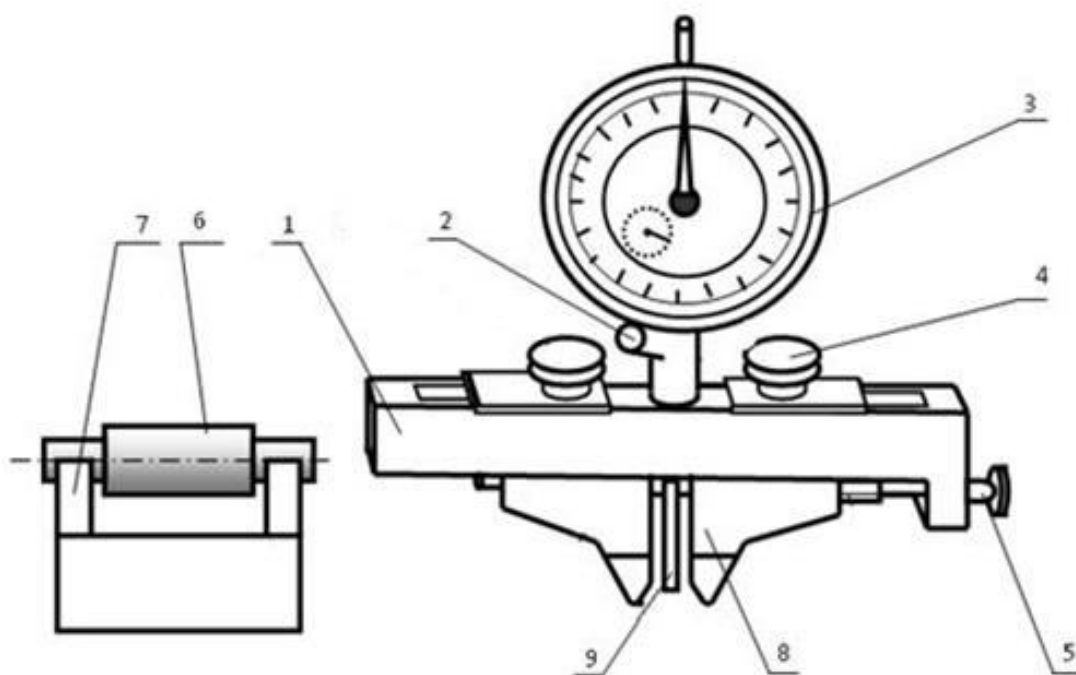


Рис. 40. Зубомер смещения

Измерение смещения исходного контура

В соответствии с модулем контролируемого колеса установить в призму специальной стойки 7 соответствующий калибр-ролик 6. Установить зубомер смещения на калибр-ролик. Затем следует при помощи винта 5 установить измерительные губки 8 на калибре-ролике 6 таким образом, чтобы касание измерительных губок с калибром-роликом осуществлялось примерно в средней части измерительных поверхностей губок. Это положение губок следует зафиксировать при помощи гаек 4. После этого следует опустить стопорный винт 2 и перемещением индикатора 3 во втулке корпуса 1 осуществить контакт сменного измерительного наконечника 9 с калибром-роликом 6. Осуществляя дальнейшее перемещение индикатора 3 во втулке

корпуса 1, следует обеспечить натяг индикатора в пределах 1...2 мм. Это положение индикатора необходимо зафиксировать во втулке стопорным винтом 2 и поворотом ободка индикатора установить нулевой штрих шкалы индикатора против его стрелки. После этого следует вытянуть вверх до упора измерительный наконечник за его выступающую в верхней части индикатора часть и опустить, стрелка индикатора должна занять нулевое положение. Если стрелка не заняла нулевое положение, нужно подвести к ней нулевой штрих шкалы и проверку повторить.

После настройки прибора на ноль его следует установить на зуб контролируемого колеса и, покачивая зубомер смещения, определить наибольшую величину отклонения стрелки индикатора прибора от нулевого штриха. При этом следует иметь ввиду, что смещение стрелки индикатора почасовой стрелки от нулевого штриха указывает на смещение исходного контура в минус и, наоборот, против часовой стрелки от нулевого штриха – на смещение исходного контура в сторону плюса (увеличение толщины зуба). Показания индикатора, соответствующие величине смещения исходного контура, следует занести в отчёт.

В данной лабораторной работе необходимо произвести измерение величины исходного контура в трёх сечениях **а, б, с** по длине зуба и измерить не менее трёх равноотстоящих от окружности зубьев.

Для определения годности контролируемого колеса в работе следует построить поле допуска, для чего следует по ГОСТ 21354-87 определить величины $A_{не}$ и T_n , а также допуск на радиальное биение F_r .

Учитывая, что при измерении смещения исходного контура непосредственно участвует окружность выступов зубчатого колеса, выполненная с некоторыми погрешностями; для исключения влияния этих погрешностей на точность оценки годности зубчатого колеса следует определить производственное значение величин $A_{непр}$ и $T_{нпр}$, которые определяются из выражений:

$$A_{непр} = (A_{не} - \frac{eS}{2} - \frac{Fr}{2});$$

$$T_{нпр} = (T_n \frac{JT}{2} - F_r),$$

где eS – верхнее отклонение окружности выступов;

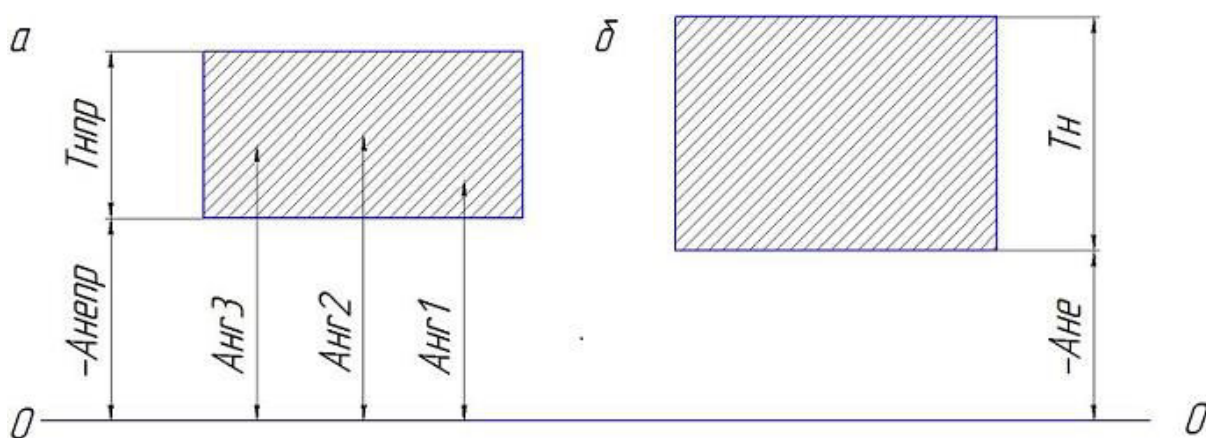
JT – допуск на диаметр окружности выступов;

F_r – допуск на радиальное биение окружности выступов.

При подсчёте следует принять, что окружность выступов зубчатого колеса выполнена по **h9**. Следует иметь ввиду, что величина $A_{не}$ всегда берётся со знаком минус, так как смещение исходного контура всегда направлено в тело детали.

Схема расположения полей допусков на смещение исходного контура показана на рис. 41.

Деталь следует считать годной, если все три значения $A_{нг}$, измеренные на трёх зубьях и являющиеся среднеарифметическим трёх измерений на одном зубе, не выходят за пределы поля допуска (рис. 41, б).



Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Определить модуль зубчатого колеса. Для этого следует измерить штангенциркулем диаметр окружности выступов и сосчитать число зубьев z , определить модуль по формуле $m = \frac{De}{z+2}$, округлив полученное значение до ближайшего стандартного значения.
3. Зарисовать эскиз контролируемой детали.
4. Настроить зубомер смещения на ноль.
5. Произвести измерение смещения исходного контура в трёх сечениях по длине каждого зуба на трёх равноотстоящих друг от друга зубьях контролируемого колеса.
6. Занести результаты измерений в таблицу (форма таблицы приведена ниже).
7. Построить схему полей допусков и дать заключение о годности детали.

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе			Данные о детали		
Пределы контролируемых модулей			Степень точности по ГОСТ21354-87		
Цена деления			Число зубьев, z		
Пределы измерения			Модуль m		
Результаты измерений					
№ контрол. зуба	Показания прибора в сечениях, мм			Среднеарифметическое значение	
	а	б	в		
1				A _{нр1}	
2				A _{нр2}	
3				A _{нр3}	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗУБА ШТАНГЕНЗУБОМЕРОМ

По ГОСТу 21354-87 разрешается заменять контроль смещения исходного контура контролем толщины зуба по постоянной хорде. Толщина зуба цилиндрических зубчатых колёс обычно измеряется по постоянной хорде, которая представляет собой прямую, соединяющую точки касания зубчатого венца с инструментальной рейкой при их беззазорном зацеплении (рис. 42).

На рисунке показано, что отрезок AC равен четверти шага рейки и зубчатого колеса по делительной окружности, т.е. $AC = \frac{m\pi}{4}$.

Тогда из $\triangle ABC$ и $\triangle BCD$ получаем:

$$S = 2BD = 2AC \cos^2 \alpha_d = \frac{m\pi}{4} \cos^2 \alpha_d,$$

где m – модуль; α_d - угол зацепления.

Расстояние от окружности выступов до постоянной хорды

$$h_c = m - CD = m - \frac{m\pi}{4} \cos^2 \alpha_d \sin \alpha_d = m(1 - \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha_d).$$

При угле зацепления $\alpha_d = 20^\circ$ получаем:

$$S_c = 1,387 m; h_c = 0,748 m.$$

Следовательно, величины постоянной хорды и измерительной высоты определяются только модулем колеса и не зависят от числа зубьев.

Описание конструкции штангензубомера

Штангензубомеры предназначены для измерения толщины зуба зубчатых колёс. Штангензубомеры выпускают двух типоразмеров для измерения зубчатых колёс с модулем от 1 до 18 мм и от 5 до 36 мм с отсчётом по модулю 0,02 мм.

Штангензубомер состоит из двух взаимно перпендикулярных штанг 1 и 8 (рис. 43), на которые нанесены шкалы с ценой деления 0,5 мм. Для отсчёта дробных долей миллиметра служат нониусные шкалы 2 и 7 с ценой деления 0,02 мм. При установке размеров и чтении показаний рекомендуется пользоваться лупой.

Вертикальная штанга 8 с нониусной рамкой 6 и высотной линейкой 4 служит для установки размера h . При помощи горизонтальной штанги 1 с неподвижной и подвижной измерительными губками 5 и 3 измеряется толщина S .

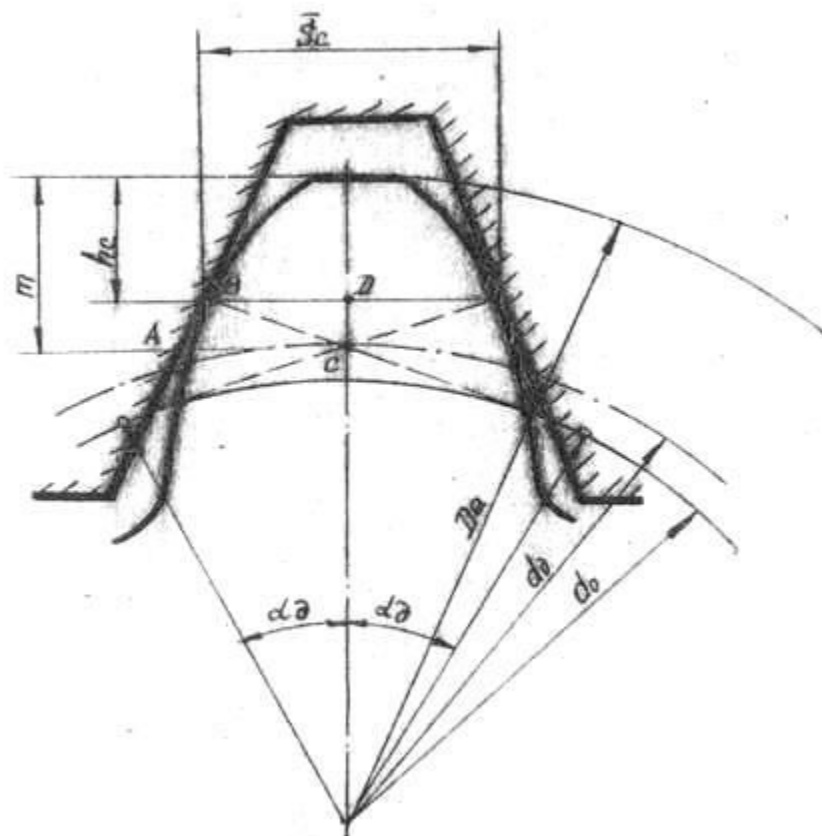


Рис. 42. Схема расположения толщины зуба по постоянной хорде.

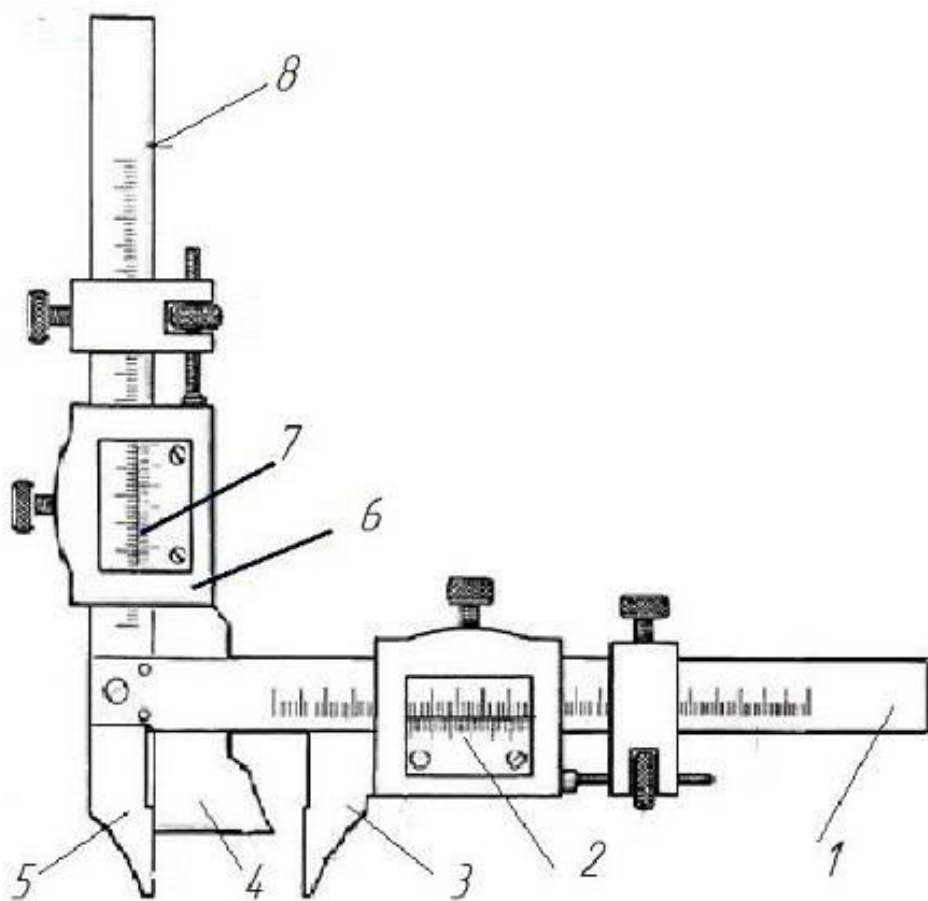


Рис. 43. Штангензубомер

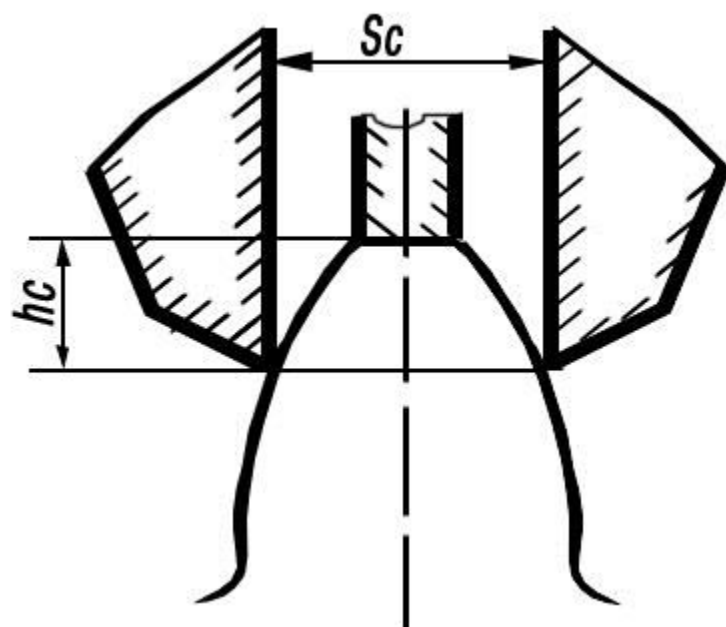


Рис. 44. Схема измерения толщины зуба

Перед началом измерения инструмент следует проверить на ноль по обеим шкалам, для этого следует поднять высотную линейку 4 и свести измерительные губки 3 и 5 до упора. Отсчёт по шкале 2 нониуса горизонтальной штанги 1 должен быть в этом положении равен нулю. Для проверки нуля вертикальной шкалы следует раздвинуть измерительные губки 3 и 5 так, чтобы высотная линейка могла опуститься до уровня торцов губок, и, установив инструмент на проверочную плиту торцами губок, подвести до упора к поверхности поверочной плиты высотную линейку 4. Отсчёт шкалы 7 нониуса 6 должен быть нулевым. Если показания шкал нониусов не соответствует нулю, то следует величину погрешности в нулевом положении зафиксировать и занести в таблицу отчёта, а затем при установке высотной линейки и при измерении толщины зуба учитывать.

Измерение толщины зуба

В данной лабораторной работе требуется измерить толщину трёх равномерно расположенных по окружности зубьев в трёх сечениях по длине зубьев. Для этого следует предварительно определить модуль m контролируемого колеса. Для чего при помощи штангенциркуля необходимо измерить диаметр окружности выступов D_e и сосчитать число зубьев z . Модуль определяется из выражения

$$m = \frac{D_e}{z+2}.$$

Полученная величина m округляется до ближайшего стандартного значения. Затем подсчитывается значение высоты h , величина которой затем округляется до величины кратной 0,01 мм. Полученную величину следует установить по шкале 7 нониуса 6 вертикальной штанги 8. Для этого нониусная рамка, жестко связанная с высотной линейкой, перемещается вручную до установки целого числа в миллиметрах. Дробная часть размера h устанавливается подачей рамки с помощью гайки и винта. Установленный размер h следует зафиксировать стопорным винтом нониусной рамки. После этого следует установить штангензубомер на контролируемый зуб так, чтобы линейка упиралась в окружность выступов (см. рис. 44) и при помощи винта и гайки штанги 1 следует сдвигать измерительные губки до положения, при котором измерительные губки 3 и 5 будут соприкасаться с боковыми сторонами зуба, а высотная линейка 4 при этом не будет отрываться от поверхности зуба. Показания шкалы штанги 1 и нониуса 2 в этом положении следует занести в отчёт.

Для заключения о годности контролируемой детали следует построить поле допуска на толщину зуба, для чего по ГОСТ 21354-87 необходимо определить величины $A_{не}$ – наименьшее дополнительное смещение

исходного контура, T_n – допуск на смещение исходного контура (в зависимости от допуска на радиальное биение F_r зубчатого венца и вида сопряжения или вида допуска на боковой зазор).

По определённым величинам можно определить табличные отклонения и допуск на толщину зуба:

$$A_{ce} = 0,73A_{ne},$$

где A_{ce} – наименьшее предельное отклонение толщины зуба.

$$T_c = 0,73T_n,$$

где T_c – допуск на толщину зуба.

Учитывая, что при измерении толщины зуба в качестве измерительной базы используется окружность выступов, выполненная с некоторыми погрешностями, для исключения влияния этих погрешностей на точность контроля следует подсчитать значения производственного отклонения и допуска на толщину зуба:

$$A_{cepr} = 0,73(A_{ne} - \frac{eS}{2} - \frac{Fr}{2});$$

$$T_{cpr} = 0,73(T_n - \frac{JT}{2} - Fr),$$

где eS – верхнее отклонение окружности выступов;

JT – допуск на диаметр окружности выступов.

При подсчёте следует полагать, что окружность выступов выполнена по **h9**. Найденное по таблице значение A_{ne} всегда берётся со знаком минус, так как для обеспечения бокового зазора смещение исходного контура всегда осуществляется в тело детали.

Схема расположения полей допусков на толщину зуба показана на рис. 45. Линия 0 – 0 – номинальной толщины зуба соответствует толщине зуба $C = 1,387$ мм, при которой боковой зазор равен нулю. Величина C подсчитывается с точностью до 0,001 мм. Наибольшее предельное значение толщины зуба равно:

$$C_{max} = C - A_{cepr};$$

наименьшее:

$$C_{min} = C_{max} - T_{cpr}.$$

Деталь следует считать годной, если все три значения толщины зуба, измеренные на трёх зубьях равноотстоящих друг от друга по окружности, и являющиеся среднеарифметическими трёх измерений на каждом зубе, не выходят за пределы поля допуска.

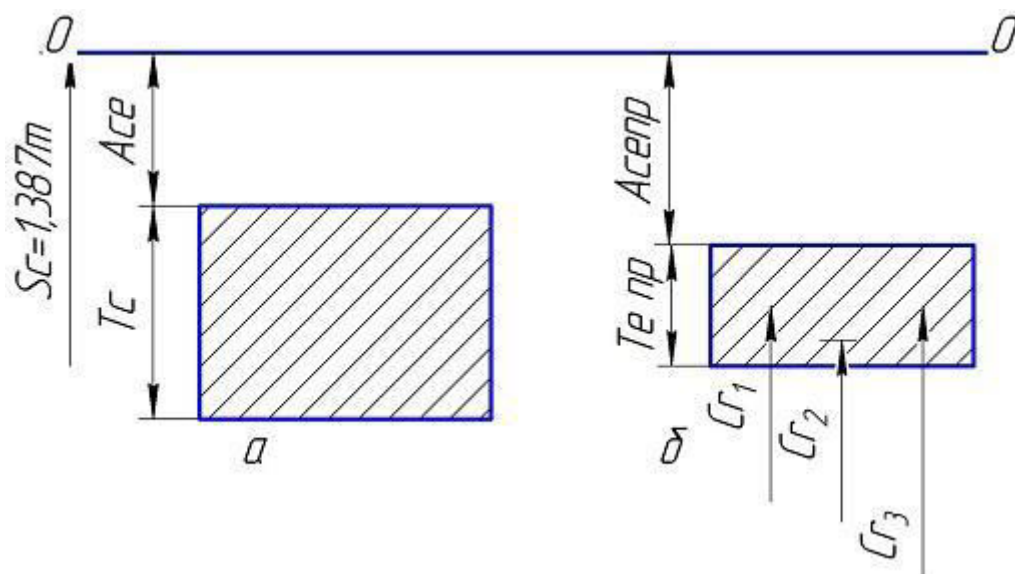


Рис. 45. Схема расположения полей допусков:
а – без учёта погрешностей базирования;
б – с учётом погрешностей базирования

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчёт эскиз детали, указать её размер и маркировку.
3. Зарисовать схему измерения.
4. Произвести проверку инструмента на нольпункт.
5. Измерить диаметр окружности выступов и подсчитать число зубьев колеса.
6. Определить модуль **m** колеса.
7. Подсчитать измерительную высоту **h** и настроить высотную линейку инструмента на полученный размер.
8. Произвести измерение толщины зуба трёх зубьев в трёх сечениях и занести результаты измерений в отчёт. Форма таблицы отчёта приведена ниже.
9. Определить значение величин S_c , $A_{сепр}$, $T_{спр}$ и построить поле допусков на толщину зубьев.
10. Дать заключение о годности детали.

Рекомендуемая форма отчёта

Данные об инструменте			Данные о детали		
Пределы измерения			Диаметр окружности выступов, мм		
Цена деления			Число зубьев, z		
Результат проверки нольпункта	по верт. штанге		Модуль m, мм		
	по гориз. штанге		Степень точности по ГОСТ 21354-87		
Результаты измерения					
№ контрол. зуба	Показания инструмента в сечениях			Средне-арифметич. значение	
	а	б	в		
1				C ₁	
2				C ₂	
3				C ₃	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ЗУБОМЕРНЫМ МИКРОМЕТРОМ

Общей нормалью называется прямая, проходящая через точки касания двух параллельных плоскостей с двумя разноименными профилями зубьев. Общая нормаль к эвольвентам является одновременно касательной к основной окружности (окружности, развёрткой которой образована эвольвента зуба). Согласно рис. 46 длина общей нормали $W = AB = CD$. Длина дуги CD представляет собой сумму основных шагов $P_{\text{бн}}$ охватываемых зубов (без одного) и толщину зуба по дуге основной окружности, т.е.

$$W = r_0 [(n - 1)\gamma + \varphi],$$

где r_0 – радиус основной окружности;

n – число зубьев, измеряемых прибором;

γ – угловой шаг;

φ – угол, охватывающий толщину зуба по основной окружности.

Из рис. 45 следует, что

$$r_0 = r \cos \alpha_{\partial} = \frac{mz}{2} \cos \alpha_{\partial}; \quad \gamma = \frac{2\pi}{z}; \quad \varphi = \frac{\pi}{z} + (\alpha' - \alpha_{\partial}),$$

где α_{∂} - угол зацепления; а $\alpha' = \frac{KN}{r_0}$.

Поскольку $KN = KM$, то получаем

$$\alpha' = \frac{KM}{r_0} = \frac{r_0 \operatorname{tg} \alpha_{\partial}}{r_0} = \operatorname{tg} \alpha_{\partial},$$

Итак,

$$\varphi = \frac{\pi}{z} + 2(\operatorname{tg} \alpha_{\partial} - \alpha_{\partial}) = \frac{\pi}{z} + 2 \operatorname{inv} \alpha_{\partial}.$$

Таким образом, выражение для длины общей нормали выглядит:

$$W = \frac{mz}{2} \cos \alpha_{\partial} \left[(n-1) \frac{2\pi}{z} + \frac{\pi}{z} + 2 \operatorname{inv} \alpha_{\partial} \right], \text{ мм.}$$

После преобразования и подстановки значений для $\alpha_{\partial} = 20^\circ$ выражение номинального значения длины общей нормали имеет вид:

$$W = m[1,476(2n-1) + 2 \cdot 0,01387], \text{ мм.}$$

Число зубьев, входящих в длину общей нормали n , определяется по формуле $n = \frac{z}{9} + \frac{1}{2}$ и затем округляется до ближайшего числа.

Для удобства пользования номинального значения длины общей нормали можно использовать соотношение

$$W = mk,$$

где k – коэффициент при угле зацепления $\alpha_{\partial} = 20^\circ$ и выбранном числе охватываемых зубьев n зависит от числа зубьев колеса (см. табл. 13).

Длину общей нормали принципиально можно измерять любым измерительным прибором с плоскими мерительными поверхностями, которые можно вести во впадину между зубьями.

В данной лабораторной работе измерение длины общей нормали производится зубомерным микрометром (рис. 47).

Конструкция зубомерного микрометра отличается от конструкции гладкого микрометра (см. работу № 2) лишь формой измерительных наконечников.

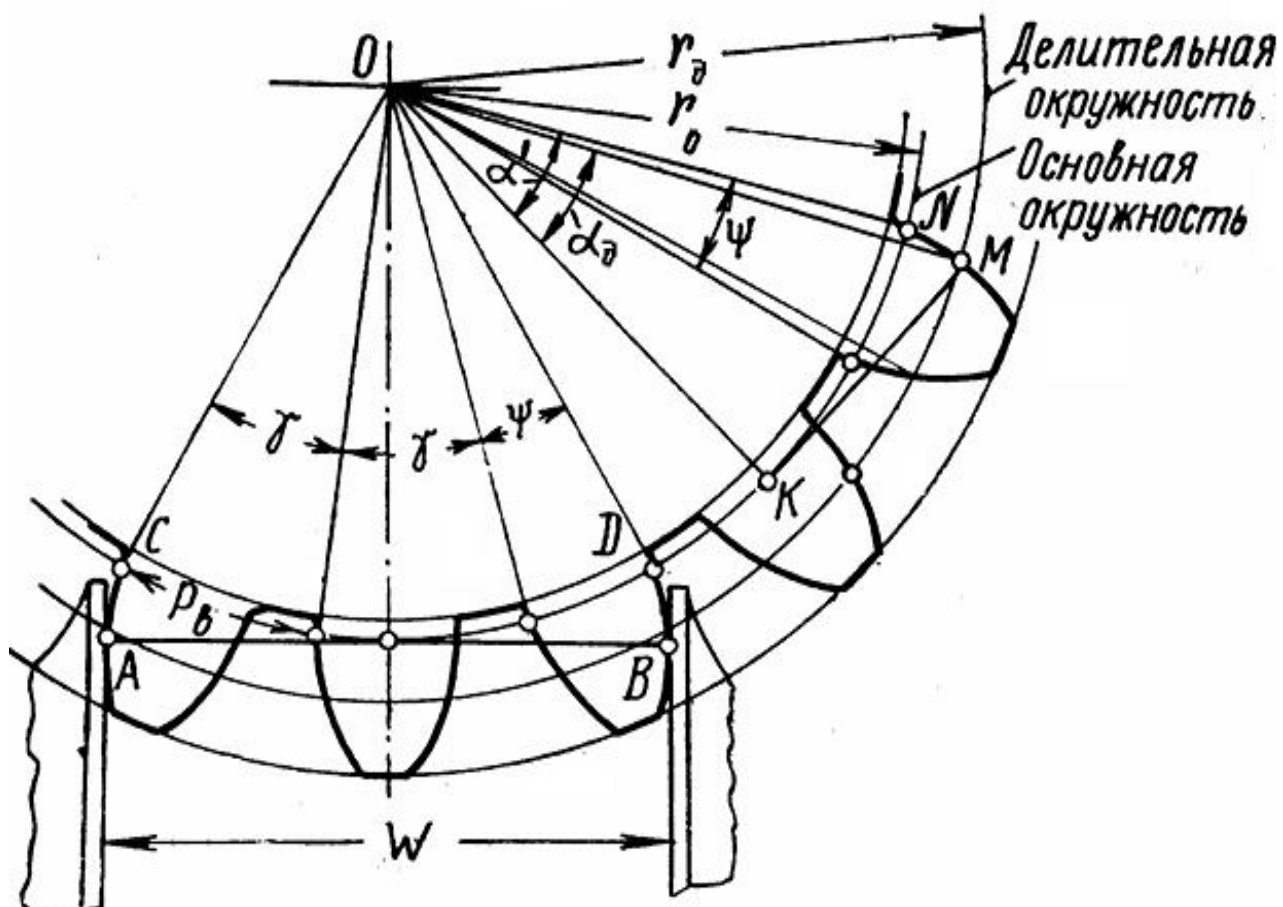


Рис. 46. Схема измерения длины общей нормали

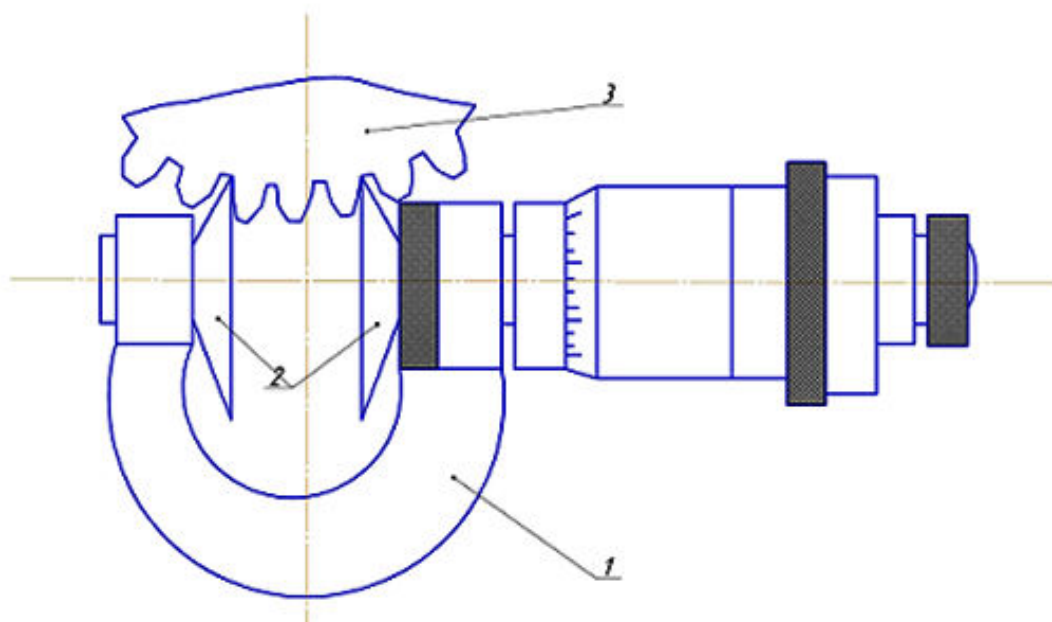


Рис. 47. Зубомерный микрометр

Перед началом измерения зубомерный микрометр проверяется на нольпункт, для этого стоит при помощи механизма трещотки свести измерительные наконечники 2, отсчёт по шкалам стебля и барабана микрометра в этом положении должен быть нулевым. При измерении длины общей нормали n зубьев контролируемого колеса 3 помещают между измерительными наконечниками и измеряют расстояние между профилями зубьев. Отсчёт размера осуществляется также, как и на гладком микрометре.

В настоящей работе следует измерить длину общей нормали в трёх-пяти местах по окружности колеса.

Для заключения о годности детали следует построить поле допуска на длину общей нормали, для чего по ГОСТ 21354-87 следует определить наименьшее (верхнее) отклонение A_{wme} и допуск T_{wm} на длину общей нормали.

Предельные значения длины общей нормали находятся из соотношений: максимальное $W_{max} = W - A_{wme}$;

минимальное $W_{min} = W - T_{wm}$.

Расположение поля допуска на длину общей нормали приведено на рис. 48.

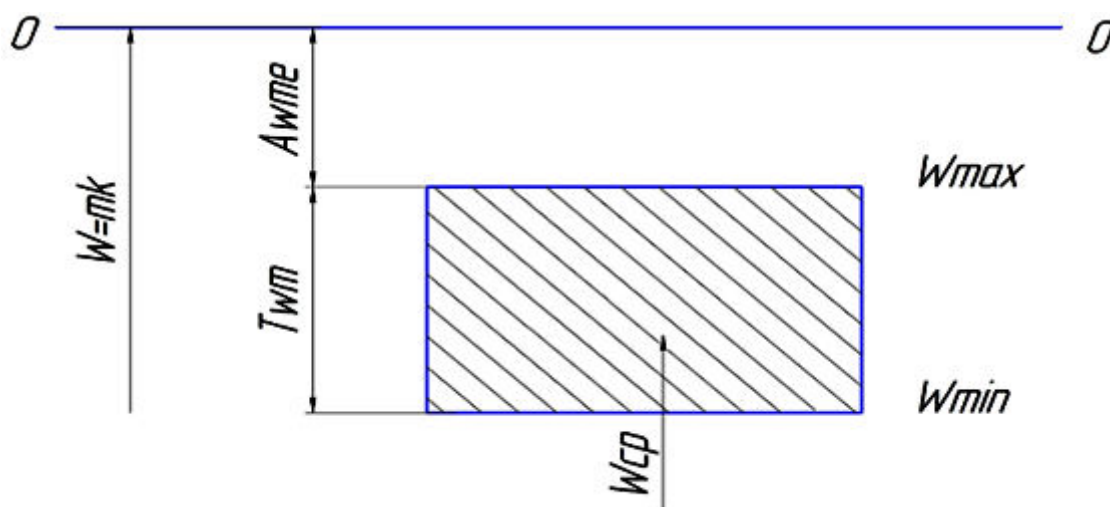


Рис. 48. Схема поля допуска длины общей нормали

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчёт эскиз детали, указать её номер и маркировку.
3. Зарисовать схему измерения длины общей нормали.
4. Произвести проверку на нольпункт зубомерного микрометра.
5. Измерить штангенциркулем диаметр окружности выступов и подсчитать число зубьев z колеса.

6. Определить модуль m колеса и число p зубьев, входящих в длину общей нормали.
7. Измерить длину общей нормали в трёх-пяти местах по окружности колеса, результаты измерений занести в отчёт (форма таблицы отчёта приведена ниже).
8. Определить значение величин W , A_{wme} и T_{wm} , построить поле допуска.
9. Дать заключение о годности детали.

Таблица 13

Значение коэффициента K

z	n	k	z	n	k	z	n	k
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	2	4,568	41	5	13,859	72	9	26,101
11	2	4,582	42	5	13,873	73	9	26,115
12	2	4,569	43	5	13,887	74	9	26,129
13	2	4,610	44	5	13,901	75	9	26,143
14	2	4,624	45	6	16,867	76	9	26,157
15	2	4,638	46	6	16,881	77	9	26,171
16	2	4,652	47	6	16,895	78	9	26,185
17	2	4,666	48	6	16,909	79	9	26,199
18	3	7,632	49	6	16,923	80	9	26,213
19	3	7,646	50	6	16,937	81	9	26,227
20	3	7,660	51	6	16,951	82	10	29,194
21	3	7,674	52	6	16,965	83	10	29,208
22	3	7,688	53	6	16,979	84	10	29,222
23	3	7,702	54	7	19,945	85	10	29,236
24	3	7,716	55	7	19,959	86	10	29,250
25	3	7,730	56	7	19,973	87	10	29,264
26	3	7,744	57	7	19,987	88	10	29,278
27	4	10,710	58	7	20,001	89	10	29,291
28	4	10,725	59	7	20,015	90	11	32,258
29	4	10,739	60	7	20,029	91	11	32,272
30	4	10,758	61	7	20,043	92	11	32,286
31	4	10,767	62	7	20,057	93	11	32,300
32	4	10,781	63	8	23,023	94	11	32,314
33	4	10,795	64	8	23,037	95	11	32,328
34	4	10,809	65	8	23,051	96	11	32,342

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	4	10,829	66	8	23,065	97	11	32,356
36	5	13,789	67	8	23,079	98	11	32,370
37	5	13,803	68	8	23,093	99	12	35,336
38	5	13,817	69	8	23,107	100	12	35,350
39	5	13,831	70	8	23,121	101	15	44,584
40	5	13,845	71	8	23,135	102	15	44,696

Таблица 14

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе		Данные о детали	
Пределы измерения, мм		Диаметр окружности выступов, мм	
Цена деления, мм		Число зубьев, z	
		Модуль m, мм	
Результат проверки нольпункта, мм		Степень точности по ГОСТ 21354-87	

Результаты измерений, мм

№ изм.	1	2	3	4	5	Среднее значение
W						W _{сд}
W = mk			$n = \frac{z}{9} + \frac{1}{2}$			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16

ИЗМЕРЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МЕЖЦЕНТРОВОГО РАССТОЯНИЯ НА МЕЖЦЕНТРОМЕРЕ

При окончательном контроле зубчатых колёс 5-9 степеней точности применяют метод определения колебания измерительного межосевого расстояния между контролируемым и измерительным колесами при их совместной обработке и двухпрофильном (безазорном) зацеплении. Этот

метод широко используется при серийном и массовом производстве зубчатых колёс из-за высокой производительности и конструктивной простоты средств измерения. Высокая производительность метода обеспечивается совмещением в одной контрольной операции проверок зубчатого колеса по трем комплексам норм точности. При этом можно определить:

1. Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса ($F_{i\ r}''$), которое является показателем кинематической погрешности колеса.

2. Предельные отклонения измерительного межосевого расстояния (верхнее $+ A_{a\ e}''$ и нижнее $- A_{a\ e}''$), которые являются показателем норм бокового зазора.

3. Предельные колебания измерительного межосевого расстояния на одном зубе ($f_{i\ r}''$), которое является показателем плавности работы колеса.

Принципиальная схема работы прибора для комплексного двухпрофильного контроля показана на рис. 49.

Одно из колёс устанавливается на неподвижной оси, другое - на оси, смонтированной на плавающей каретке 3.

Беззазорное зацепление обеспечивается пружиной 5. При вращении колеса погрешности контролируемого зубчатого колеса вызывают изменение межосевого расстояния, которое регулируется с помощью измерительной головки (индикатора) или самопишущего прибора. По полученным показателям индикатора на каждом зубе строится диаграмма за один оборот контролируемого колеса или снимается с самопишущего прибора. Показателем радиальной составляющей норм кинематической погрешности колеса является величина $F_{i\ r}''$, характеризующая наибольшее колебание измерительного межосевого расстояния. Показателем норм плавности работы является величина $f_{i\ r}''$, которая фиксируется при новом повороте на дуге, соответствующей одному зубу измеряемого колеса. $f_{i\ r}''$ характеризует наибольшее колебание межосевого расстояния при повороте на один зуб на одном угловом шаге.

Для измерения величин, характеризующих боковой зазор в передаче между осями прибора, необходимо предварительно установить номинальное теоретическое измерительное межосевое расстояние, рассчитываемое по формуле

$$a_w = \frac{r_{bk} + r_{bu}}{\cos \alpha_{wm}},$$

где r_{bk} и r_{bu} - радиусы основных окружностей контролируемого и измерительного колеса; α_{wm} угол зацепления контролируемого и измерительного колёс.

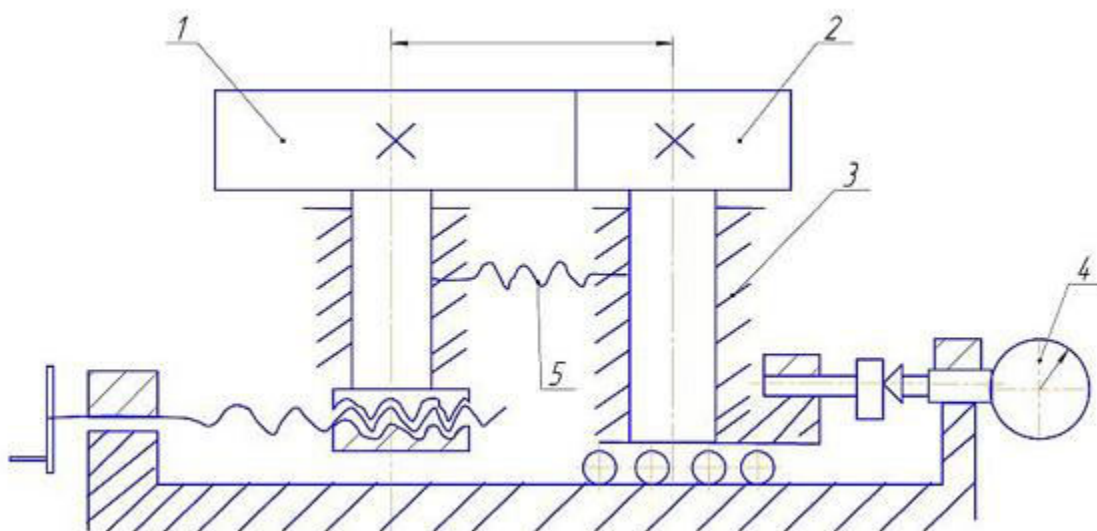


Рис. 49. Схема межцентромера: 1 – контролируемое зубчатое колесо; 2 – измерительное зубчатое колесо; 3 – плавающая каретка; 4 – измерительная головка (индикатора); 5 – пружина.

Этому расстоянию соответствует нулевая линия на диаграмме (рис. 50). Действительное межосевое расстояние получается после введения колёс в плотное зацепление, а отклонение его в положительную или отрицательную сторону от линии 0,0 будет определяться в основном толщиной зубьев контролируемого колеса, т.е. величиной, характеризующей боковой зазор в передаче, а также кинематическим и геометрическим эксцентриситетом. Наибольшее расстояние точек кривой относительно нулевой линии (величины $+A_{ae}''$ и $-A_{ai}''$) в пределах одного оборота контролируемого колеса является наибольшим или наименьшим действительными отклонениями бокового зазора в передаче.

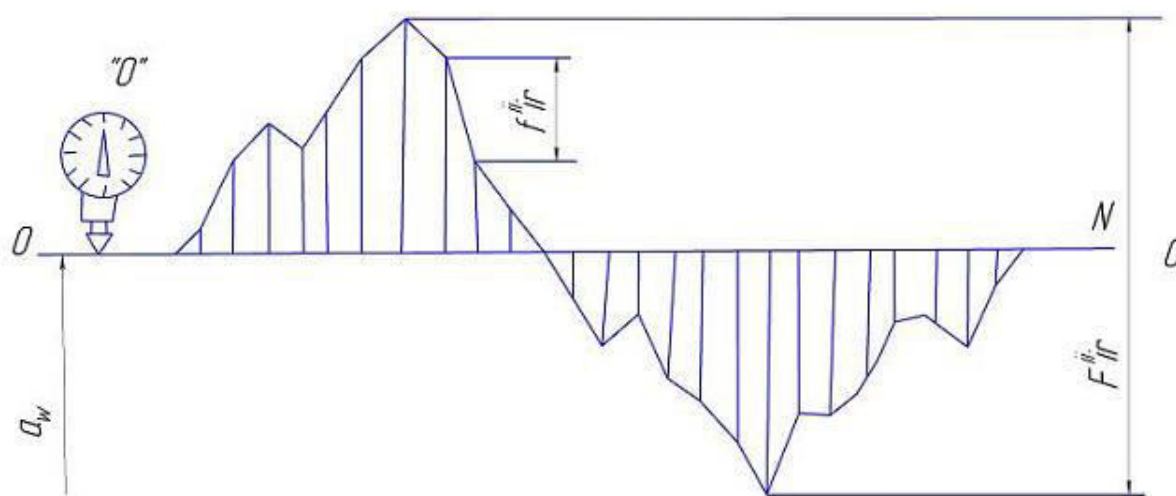


Рис. 50. Диаграмма колебания измерительного межосевого расстояния

Устройство прибора

Межцентромер завода «Калибр» модель КДД – 300 (рис. 51) состоит из станины 3, по направляющим которой скользят плавающий суппорт 4 и установочный суппорт 9. Последний перемещается при помощи ходового винта, приводимого в движение маховичком 8. Закрепление суппорта 9 в нужном положении производится рукояткой 7. Плавающий суппорт смонтирован на шариках и имеет ограниченную величину перемещения 4-5 мм. Под действием пружины, находящейся внутри станины, плавающий суппорт прижимается к установочному суппорту, обеспечивая двухпрофильное зацепление измерительного и проверяемого зубчатых колёс. В обратном направлении суппорт отводится кулачком при помощи маховика 13. Оба суппорта в верхней части имеют конусные отверстия для оправок 5 и 6, на которые устанавливаются зубчатые колёса. Номинальное измерительное межосевое расстояние между оправками устанавливается по масштабной линейке 11 и нониусу 10. Величина перемещений плавающего суппорта определяется индикатором 2, закреплённым в державке 1, установленной на плавающем суппорте.

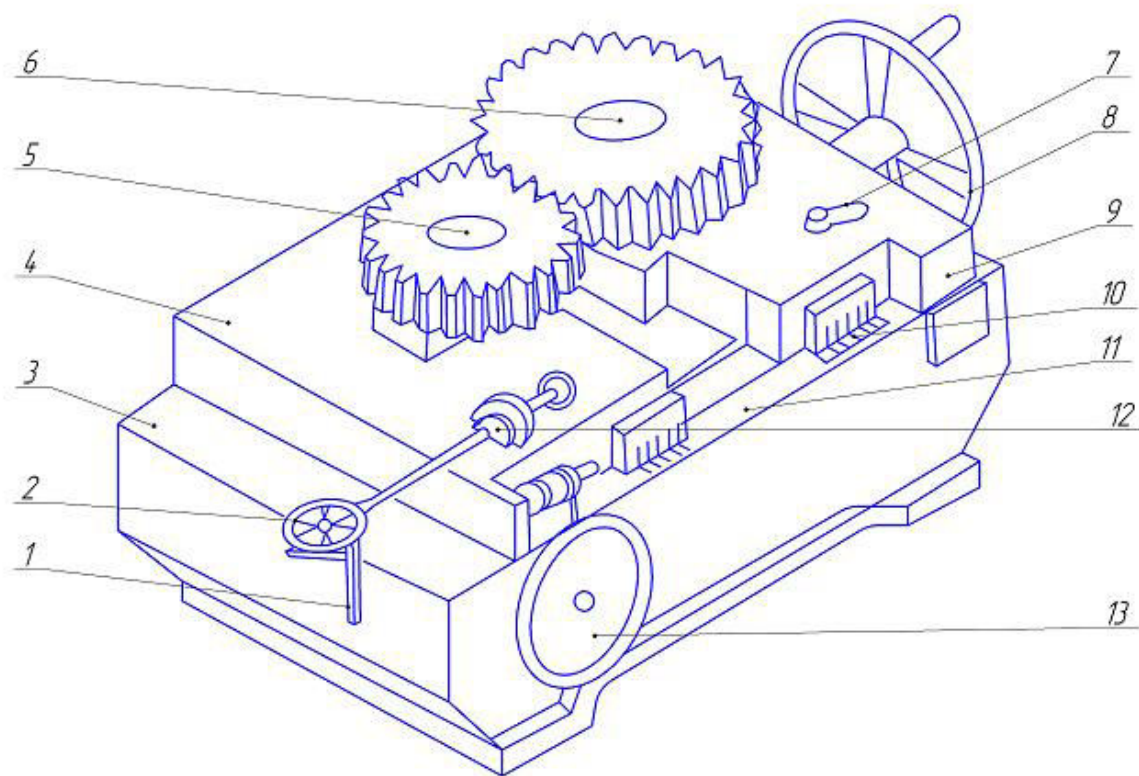


Рис. 51. Межцентромер модели КДД-300
Настройка прибора и методика измерений колебания
измерительного межосевого расстояния на один
оборот колеса $F_i r$ и на одном зубе $f'ir$.

Измерительный наконечник индикатора упирается в головку упорного винта 12, ввинченного в стойку, закреплённую на станине.

Установочный суппорт 9 с помощью маховика 8 отводится вправо от плавающего суппорта, а он, в свою очередь, устанавливается в среднее положение поворотом маховичка 18. Для этого маховичок необходимо повернуть риской вниз. После этого устанавливают индикатор таким образом, чтобы измерительный наконечник индикатора соприкасался с головкой упорного винта 12, создавая натяг, равный двум оборотам стрелки (2 мм).

Затем устанавливают измерительное колесо на оправку плавающего суппорта, а колесо, подлежащее измерению, на оправку установочного суппорта. Передвигая установочный суппорт при помощи маховика 8, вводят проверяемое колесо в плотное соприкосновение с измерительным колесом до момента, когда плавающий суппорт отойдёт влево примерно на 1 мм, произведя отсчёт по индикатору. В этом положении установочный суппорт фиксируют рукояткой 7, а шкалу индикатора устанавливают на нуль. Плавно поворачивая рукой проверяемое колесо, наблюдают за показаниями индикатора. Отклонения стрелки индикатора от нулевого штриха указывают на наличие погрешностей основного шага, профиля и толщины зуба проверяемого колеса.

В данной лабораторной работе следует произвести измерения на всех зубьях контролируемого колеса, если число зубьев не более 26, и через один зуб, если число зубьев более 26. В этом случае контролируется только величина F_{it} . Для осуществления точного измерения следует очень плавно осуществить обкатывание колёс в пределах контролируемого зуба и зафиксировать крайнее отклонение стрелки индикатора. Причём, смещение стрелки индикатора по часовой стрелке относительно нулевого штриха шкалы соответствует отрицательному значению контролируемой величины, а против часовой стрелки - положительному.

После измерений на всех контролируемых зубьях следует установить первый зуб, на котором индикатор межцентромера настраивался на ноль. Показание прибора должно быть нулевым, если показание индикатора отличается от нуля, это значит, что в процессе измерения произошёл сбой настройки прибора и измерение следует повторить.

При измерении прямозубых некоррозированных колёс определение величины номинального измерительного межосевого расстояния производится по формуле

$$a = \frac{(z_{изм} + z_k)m}{2}.$$

Следует также учесть, что зуб измерительного колеса выполнен по теоретическому профилю с толщиной зуба, равной половине шага, а зуб

контролируемого колеса выполняется тоньше для обеспечения бокового зазора в передаче. Поэтому расчётную величину межосевого расстояния следует уменьшить на величину $A_{не}$ наименьшего смещения исходного контура контролируемого колеса.

$$a_w = \frac{(z_{изм} + z_k)}{2} * m - |A_{не}|$$

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчёт эскиз контролируемой детали, указать её номер и маркировку.
3. Зарисовать схему межцентромера.
4. Определить модель m и число зубьев $Z_{изм}$ измерительного и Z_k контролируемого колес.
5. Произвести настройку межцентромера на ноль.
6. Произвести измерения и занести результаты измерений в отчёт.
7. Построить диаграмму колебания измерительного межосевого расстояния.
8. Определить величину a_w .
9. Определить величины $F_{i''}$ и $f_{i''}$.
10. Дать заключение о годности зубчатого колеса.

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе					Данные о зубчатых колёсах					Контр.		Измер.		
Пределы измерения					Число зубьев Z									
Цена деления шкалы нониуса					Модуль m, мм									
Цена деления индикатора					Степень точности по ГОСТ 21354-87									
Результаты измерений														
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Показ														
$a_w = \frac{(z_{изм} + z_k)}{2} * m - A_{не} $							$F_{i''}$				$f_{i''}$			

КОНТРОЛЬ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА

Под радиальным биением зубчатого венца $F_{гр}$ понимают наибольшую в пределах зубчатого колеса разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура (одиночного зуба или впадины), условно наложенного на профили зубьев колеса (ГОСТ 21354-87). Величина $F_{гр}$ нормируется допуском на радиальное биение зубчатого венца F_r . Для контроля биения зубчатого венца обычно применяются биенимеры, выпускаемые заводами ЛИЗ, МИЗ И ЧЗМИ по ГОСТ 8137-74.

Работа биенимера основана на том, что измерительный наконечник 2 (рис. 52) касается поверхностей двух соседних зубьев колеса 1 по постоянной хорде. Для этого измерительный наконечник должен быть конусным, с углом, равным углу профиля исходного контура контролируемого колеса. При последовательном введении измерительного наконечника во впадины между зубьями, наличие радиального биения зубчатого венца вызывает изменения положения измерительного наконечника 2, и связанного с ним через стержень 3 рычага 4, положение которого фиксируется индикатором 5.

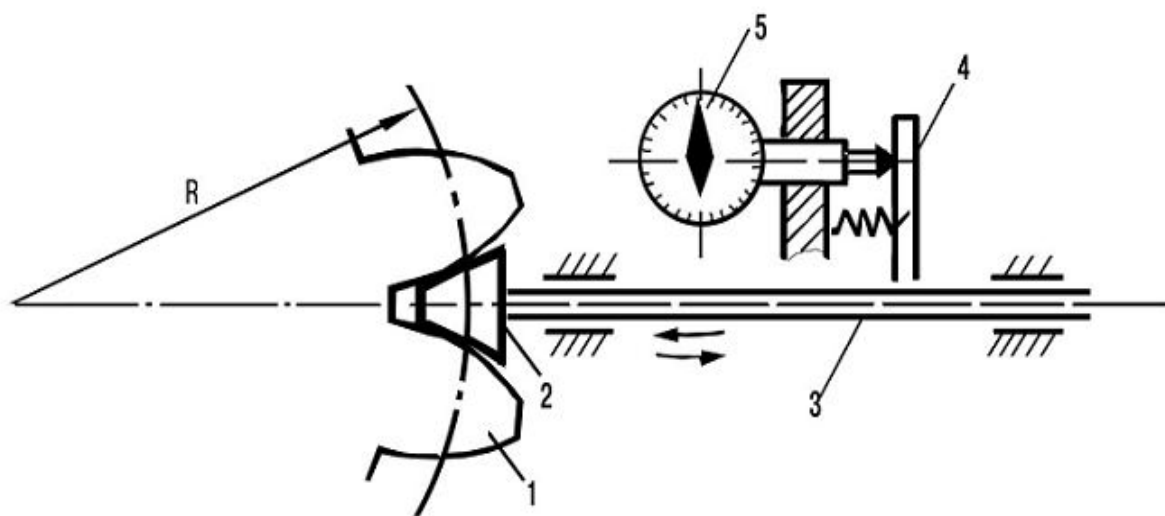


Рис. 52. Схема измерения радиального биения.

Описание конструкции биенимера

Биенимер типа 762 завода МИЗ (рис. 53) предназначен для контроля биения цилиндрических и конических зубчатых колёс диаметром от 40 до 240 мм, с модулями от 1 до 10 мм.

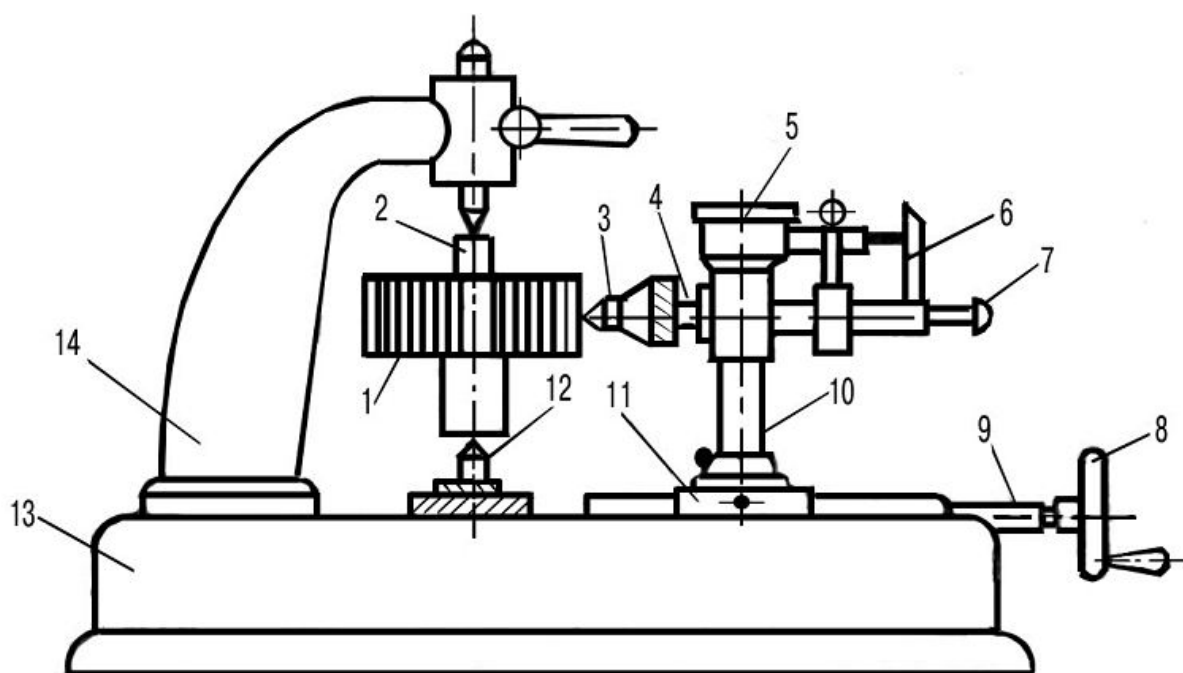


Рис. 53. Биенимер

Прибор состоит из станины 13, на которой закреплён кронштейн 14. В головке кронштейна 14 помещён верхний центр, положение которого фиксируется при помощи ручки. Нижний центр 12 вставляется в сменную оправку, смонтированную в станине прибора. При измерении конических зубчатых колёс сменная оправка вынимается и вместо неё вставляется специальная шарнирная оправка. На направляющих станины расположена каретка 11, несущая на себе колонку 10 с измерительным стержнем 4. В патроне, жестко закреплённом на измерительном стержне 4, закрепляется сменный измерительный наконечник 3. С другой стороны на измерительном стержне имеется отводная кнопка 7 и упор 6, в поверхность которого упирается измерительный наконечник индикатора 5, закреплённого на колонке 10. Перемещение каретки 11 по направляющим станины 13 осуществляется с помощью винта 9 и маховичка 8.

Как уже указывалось выше, за величину радиального биения зубчатого венца принимается наибольшее колебание расстояний от постоянных хорд колеса до оси его вращения.

Измерение цилиндрических зубчатых колёс

Измеряемое цилиндрическое зубчатое колесо 1 (рис. 53) следует надеть на оправку 2 соответствующего диаметра. Оправка 2 закрепляется на центрах прибора, для этого следует отвернуть стопорную ручку, расположенную на головке кронштейна 14, и, отстопорив верхний центр, переместить его до упора вниз в центровом отверстии оправки. Положение верхнего центра следует зафиксировать. В патрон измерительного стержня 4 следует вставить

измерительный наконечник 3 соответствующего модуля и закрепить его гайкой. Колонку 10 с измерительным стержнем 4 нужно установить в вертикальном направлении так, чтобы измерительный наконечник касался измеряемого колеса примерно в среднем по его высоте сечения. После этого следует при помощи маховичка 8 подвести каретку к измеряемому колесу с тем, чтобы измерительный наконечник вошёл в соприкосновение с боковыми сторонами зуба.

В этом положении каретки 11 индикатор 5 следует установить так, чтобы его измерительный наконечник упирался в упор 6 и при этом имелся натяг в 1-2 мм. Положение каретки следует зафиксировать стопорным винтом. Поворотом ободка шкалы индикатора её нулевой штрих следует совместить со стрелкой индикатора. После этого нужно, взявшись за отводную кнопку 7, отвести измерительный наконечник от контролируемого колеса и, отпустив отводную кнопку (арретир), убедиться, что стрелка индикатора занимает нулевое положение. Если этого не происходит, следует подтянуть все стопорные винты и гайки прибора и повторить установку шкалы индикатора и проверку прибора на ноль.

Поворачивая контролируемое колесо вместе с оправкой в центрах, следует последовательно ввести измерительный наконечник во все впадины между зубьями колеса. Во время поворота следует отвести измерительный наконечник за отводную кнопку от колеса, чтобы оно могло свободно поворачиваться.

Этот метод измерения - относительный, так как при измерении фиксируют отклонения стрелки от первоначального нулевого показания индикатора. После контроля во всех впадинах или через определённое число впадин следует установить колесо в первоначальное положение и зафиксировать нулевое показание индикатора. Если показание индикатора будет отличаться от нулевого больше, чем на 0,01 мм, то измерение следует повторить, так как в процессе измерения произошёл сбой настройки прибора.

Показания индикатора следует занести в отчёт, причем следует иметь в виду, что смещение стрелки индикатора от нулевого штриха шкалы по часовой стрелке соответствует отрицательной величине отсчёта, а смещение против часовой стрелки – положительной.

По результатам контроля следует построить диаграмму (рис. 54) колебания расстояний от постоянных хорд до оси вращения колеса. Величиной биение F_r будет являться разность наибольшего и наименьшего показаний прибора.

Измерение конических зубчатых колёс

Для измерения конических зубчатых колёс в приборе вместо нижнего центра 12 (рис. 53) устанавливается специальная шарнирная оправка 1 (рис. 55).

Угол наклона шарнирной оправки устанавливается равным углу делительного конуса контролируемого колеса 2 и измерение производится по линии, перпендикулярной к образующей делительного конуса (рис. 55).

Контролируемое колесо надевают или непосредственно на посадочный хвостовик шарнира или на сменную втулку соответствующего диаметра и затем на хвостовик шарнира.

Процесс измерения аналогичен измерению цилиндрических зубчатых колёс.

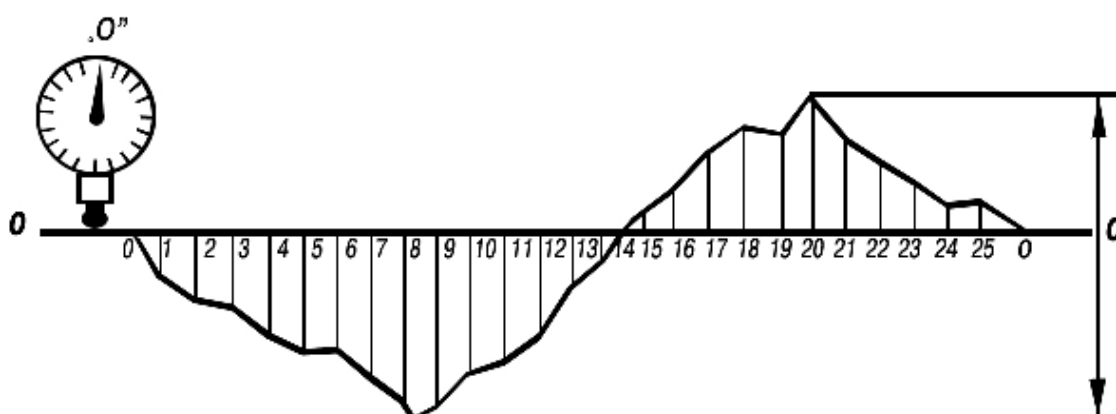


Рис. 54. Диаграмма колебания расстояния от постоянной хорды до оси вращения

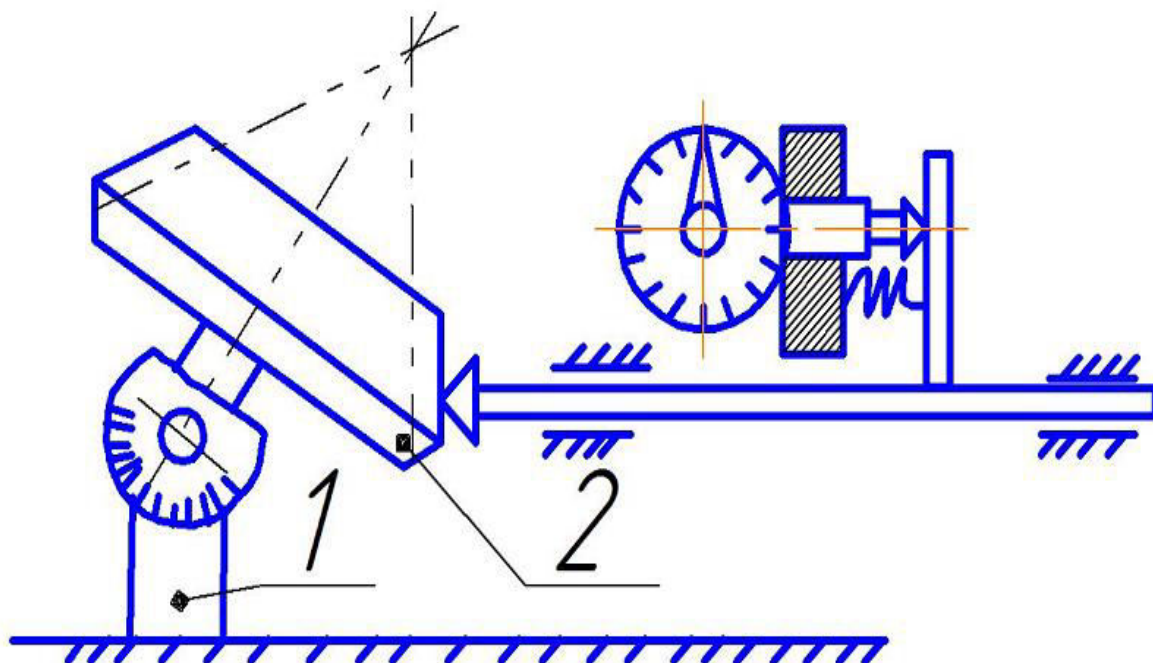


Рис. 55. Схема измерения радиального биения конических колёс

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Зарисовать в отчёт эскиз контролируемой детали, указать её номер и маркировку.
3. Зарисовать схему биенимера.
4. Произвести настройку биенимера на ноль.
5. Произвести измерение, занести результаты измерений в отчёт.
6. Построить диаграмму колебаний постоянных хорд от оси вращения колеса.
7. Определить величину биения F_r .
8. Дать заключение о годности зубчатого колеса.

Рекомендуемая форма отчета

Данные о приборе				Данные о детали			
Пределы измерения, мм				Число зубьев, z			
Цена деления				Модуль m, мм			
Результаты измерений							
№ зубьев	Показ. индик.	№ зубьев	Показ. индик.	№ зубьев	Показ. индик.	№ зубьев	Показ. индик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б. И. – М.: Высшая школа, 2012.
- Анухин В.И. Допуски и посадки: учебное пособие. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2008.
- Мягков В.Д., Палей М.А. Допуски и посадки: справочник. В 2 т. – М.: Машиностроение, 1978.
- Никифоров А.Д., Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Высшая школа, 2003. – 401 с.
- Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1979.

Содержание

Основные понятия и определения.....	3
1.1. Физические величины.....	3
1.2. Измерения.....	4
Основные метрологические показатели средств измерения.....	5
Воспроизведение определенного значения единицы длины плоскопараллельными концевыми мерами длины.....	6
Лабораторная работа №1. Измерение наружных и внутренних размеров деталей штангенинструментами.....	10
Лабораторная работа №2. Измерение наружных и внутренних размеров деталей микрометрическими инструментами.....	13
Лабораторная работа №3. Измерение углов пластины транспортным углом.....	19
Лабораторная работа №4. Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром.....	21
Лабораторная работа №5. Измерение элементов резьбы на малом и большом инструментальных микроскопах.....	25
Лабораторная работа №6. Измерение диаметра калибра на миниметре.....	31
Лабораторная работа №7. Измерение диаметра шарика рычажной скобой и рычажным микрометром.....	35
Лабораторная работа №8. Измерение диаметра наружного кольца подшипника качения на вертикальном оптиметре.....	38
Лабораторная работа №9. Измерение отклонений формы цилиндрической детали.....	43
Лабораторная работа №10. Контроль радиального и торцевого биения.....	50
Лабораторная работа №11. Измерение шероховатости поверхности на двойном микроскопе.....	60
Лабораторная работа №12. Измерение шероховатости поверхности на микроинтерферометре МИИ-5.....	72
Лабораторная работа №13. Измерение смещения исходного контура зубомером смещения.....	76
Лабораторная работа №14. Измерение толщины зуба штангензубомером.....	81
Лабораторная работа №15. Измерение длины общей нормали зубчатого колеса зубомерным микрометром.....	87
Лабораторная работа №16. Измерение колебаний измерительного межцентрового расстояния на межцентромере.....	92
Лабораторная работа №17. Контроль радиального биения зубчатого венца.....	98
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	102