

Руководство по проведению лабораторных работ по дисциплине
"Метрология, стандартизация и квалиметрия" для специальнос-
ти ЗИИ300 "Механизация сельского хозяйства" разработано
к.т.н., доцентом Фридляндом И.Г.

Рецензент -----

Руководство утверждено на заседании кафедры КМ и рекомендо-
вано к печати _____ Протокол № _____.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные работы по дисциплине "Метрология, стандартизация и квалиметрия" предназначены для закрепления теоретических знаний в области метрологии, полученных на лекциях, ознакомления средствами измерений и методикой технических измерений.

Перед каждой лабораторной работой студент должен проработать теоретический материал, изложенный в лекциях, учебной литературе или разделе "Общие сведения" данного руководства; ознакомиться с содержанием и порядком выполнения работ.

При ознакомлении с приборами и инструментами студент должен помнить о том, что он имеет дело с точными измерительными средствами, дорогостоящим оборудованием, которое может быть легко повреждено при неумелом или небрежном обращении с ним.

Результаты лабораторной работы оформляются в виде отчета. Рекомендуемая форма отчета приведена в конце описания каждой лабораторной работы. Для получения зачета по лабораторной работе студент должен представить законченный отчет и ответить на контрольные вопросы, приведенные в конце каждого руководства. При оценке выполненной работы учитываются, кроме устных ответов, правильность выполнения, аккуратность оформления отчета и точность расчетов.

Окончательная обработка результатов и оформление отчетов может производиться студентом самостоятельно. После окончания работы необходимо сдать преподавателю средства измерения, детали, литературу.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Методы измерений.

ИЗМЕРЕНИЕ — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. При измерениях используют разнообразные методы, представляющие собой совокупность приемов использования различных физических принципов и средств.

По характеру оценки измеряемой величины измерения могут быть прямыми (нахождение физической величины опытным путем, непосредственной оценкой по мере или по показаниям измерительного прибора или отклонения размера детали от установленной меры) или косвенными (оценка измеряемой величины по результатам измерений других величин, связанных с искомой определенной зависимостью).

Абсолютные измерения основаны на прямых измерениях основных величин и использовании значений физических констант (оценка значения всей измеряемой величины непосредственно по показаниям измерительного прибора). При относительных измерениях величину сравнивают с одноименной, играющей роль единицы или принятой за исходную. В случае проведения линейных или угловых измерений в качестве исходных величин применяют плоскопараллельные концевые или угловые меры.

При оценке годности сложного изделия, характеризуемого несколькими геометрическими параметрами, как правило, связанными между собой, используются два метода.

Комплексный метод предназначен для контроля годности за счет проверки суммарного показателя при помощи таких средств измерения, как калибры. В этом случае суммарный показатель оценивается по его предельным границам, без измерения отдельных составляющих элементов. В противоположность этому, поэлементный метод предусматривает измерение каждого элемента изделия в отдельности при помощи универсальных измерительных средств. Заключение о годности может быть сделано либо сразу по результатам измерений, либо после соответствующих вычислений искомого параметра.

В зависимости от конструкции средства измерения метод может быть контактным, когда измерительные поверхности прибора или инструмента непосредственно соприкасаются с поверхностью измеряемой детали, и бесконтактным, при котором не происходит непосредственного контакта средства измерения и детали.

2. Средства измерения.

2.1. СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

МЕРА – средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА – совокупность объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов и преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенная в одном месте.

КАЛИБР – однозначная мера специальной конструкции, предназначенная для проверки соответствия действительных значений геометрических параметров изделия заданным, без определения действительного числового значения контролируемой величины.

ОБРАЗЦОВОЕ СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЙ – мера, измерительный прибор или измерительный преобразователь, служащие для проверки по ним других средств измерений и утвержденные в качестве образцовых.

ШКАЛА – часть отсчетного устройства, представляющая собой совокупность отметок и проставленных у некоторых из них чисел отсчета, или других символов, соответствующих ряду последовательных значений физической величины.

Средства измерения классифицируются по следующим признакам:

- по типу контролируемых величин (геометрические, механические, акустические и пр.);
- по виду измеряемых геометрических величин (см. рис. I.1);
- по конструктивным особенностям, например, для измерения угловых величин (см. рис. I.2) и линейных размеров (см. табл. I.1)
- по способу измерения различают средства измерения: абсолютные и относительные, которые, в свою очередь, разделяются на прямые, разностные и косвенные, контактные и бесконтактные;
- по месту расположения относительно объекта измерения (наружные, встроенные и комбинированные);
- по сложности и составу (инструменты, приспособления, приборы и оборудование);
- по степени механизации и автоматизации (ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические).

2.2: Метрологические характеристики средств измерения – характеристики, оказывающие влияние на результаты измерения и их точность. Они подразделяются на группы:

- характеристики, предназначенные для определения показаний средств измерения ;
- характеристики качества показаний;
- характеристики чувствительности к влияющим факторам;
- динамические характеристики и т.д.

Некоторые основные метрологические характеристики:

ДЛИНА ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ – расстояние между осями (центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

ДИАПАЗОН ПОКАЗАНИЙ – область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы.

ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ – область значений измеряемой величины с нормированными допускаемыми погрешностями средства измерения,

ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЙ – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения.

НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ применения средства измерения – условия их применения, при которых влияющие факторы имеют нормированные значения или находятся в пределах нормированной области значений.

ДОПУСКАЕМАЯ ПОГРЕШНОСТЬ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ – наибольшая по абсолютной величине погрешность средства измерения, допускаемая действующими нормами.

СТАБИЛЬНОСТЬ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ – качество средства измерения, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств.

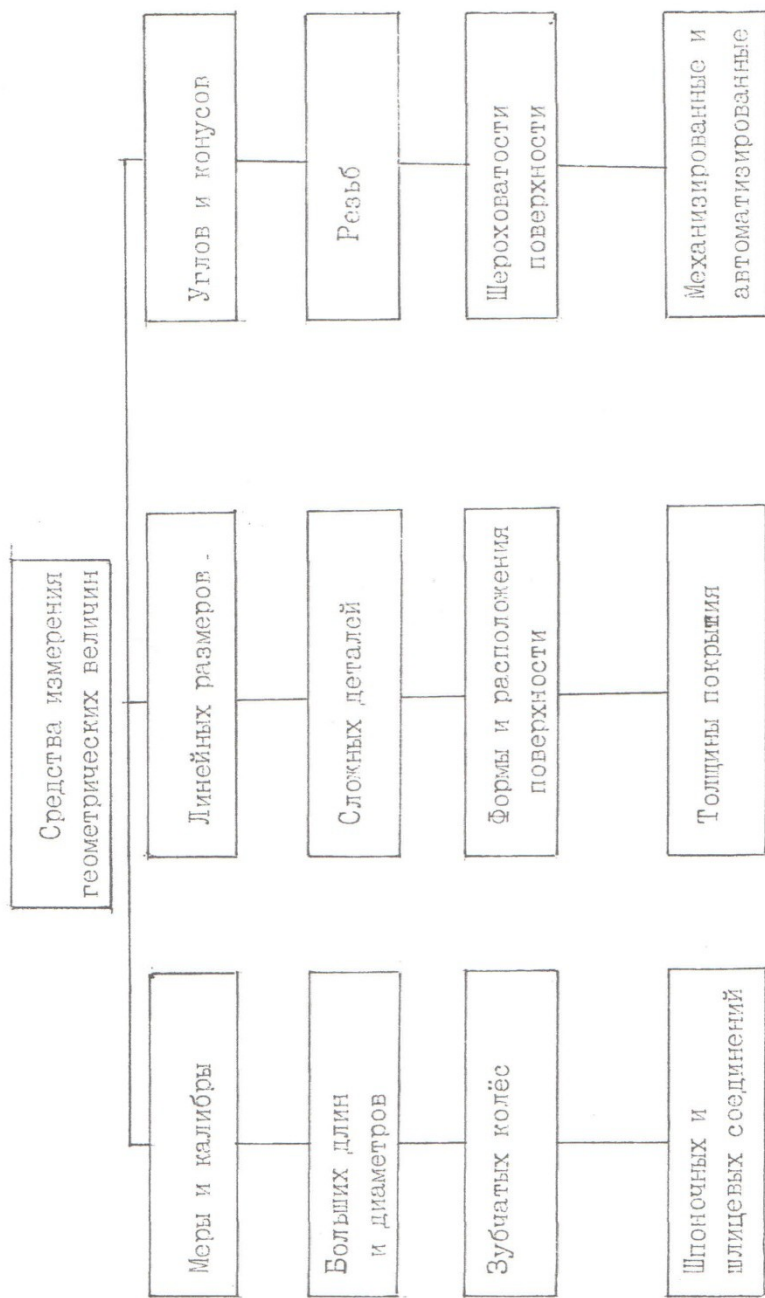


Рис. I.I. Классификация средств измерения по виду геометрических величин.

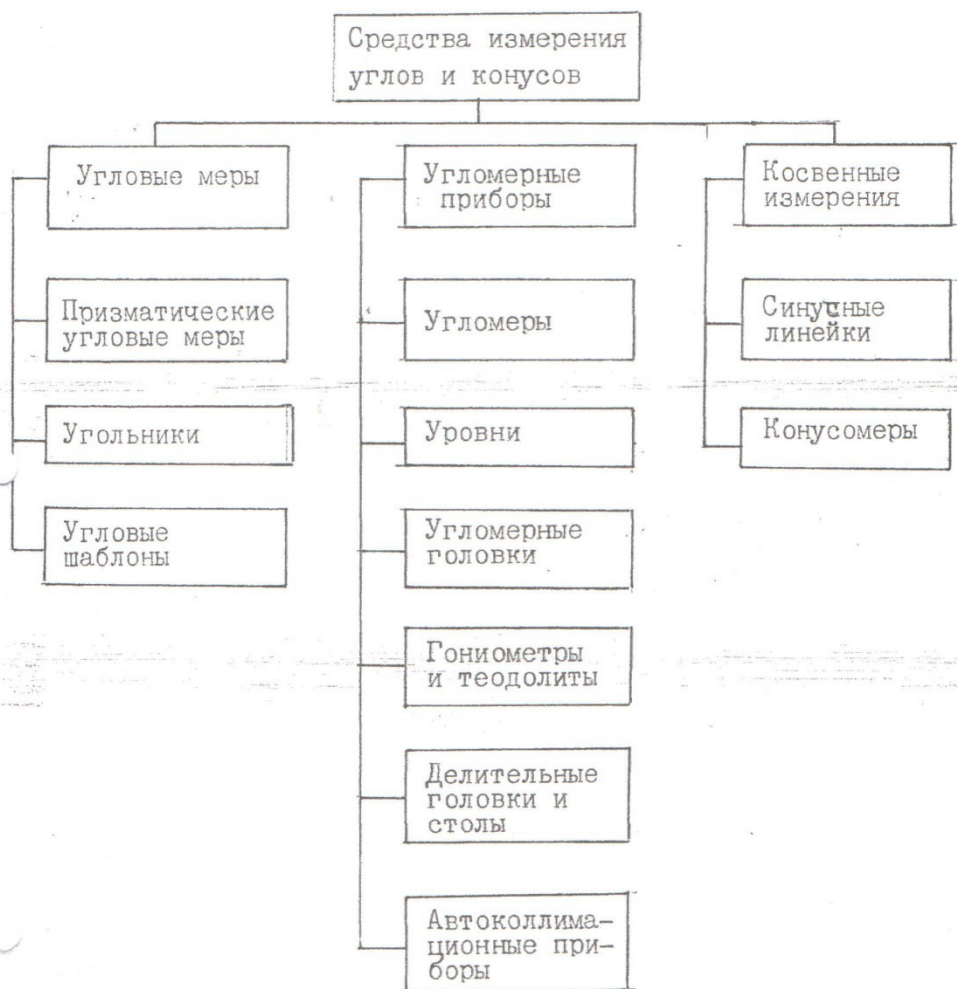


Рис. 1.2.. Классификация средств измерения углов и конусов

Таблица I.I. Основные виды средств измерения линейных размеров

Типы средств контроля	Средства контроля, относящиеся к данному типу
I. Меры длины :	
а) концевые плоскопараллельные	-
б) штриховые	Штриховые метры, рулетки, масштабные линейки, лимбы
2. Щупы	-
3. Штангенциркуль	Штангенциркуль, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы
4. Микрометрический инструмент	Микрометры, микрометрические глубиномеры, микрометрические нутромеры
5. Приборы рычажно-механические	Индикаторы; измерительные головки; приборы с рычажно-зубчатой передачей /пружинные (микрокаторы), пружинно-оптические (оптикаторы), пружинные малогабаритные (микаторы)/; скобы рычажные и индикаторные; рычажные микрометры
6. Оптико-механические и оптические	Оптиметры, длинномеры оптические, измерительные машины (установки), измерительные микроскопы, гатетомеры, интерференционные приборы и др.

3. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИИ

На результат измерения влияет множество факторов, которые можно сгруппировать в группы в зависимости от источника возникновения погрешностей:

- объект измерения;
- субъект измерения;
- способ измерения;
- средство измерения;
- условия измерения.

Все эти факторы обуславливают возникновение погрешностей, т.е. отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Поскольку истинное значение остается неизвестным, на практике можно найти лишь приближенную оценку погрешности, как правило, экспериментальным путем.

Суммарная погрешность складывается из систематических и случайных погрешностей, которые вызваны действием выше перечисленных групп факторов. Эти же причины могут приводить к грубым погрешностям.

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ - составляющая суммарной погрешности измерения, которая остается постоянной или подчиняется определенной закономерности при повторных измерениях одной и той же величины. Она может быть выделена расчетным или экспериментальным путем и частично или полностью исключена из результатов измерения с помощью соответствующей поправки.

СЛУЧАЙНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ - составляющая суммарной погрешности измерения, возникающая случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Её нельзя исключить из результата измерения. Пределы, в границах которых они могут проявиться, могут быть установлены статистическими методами обработки результатов измерения.

ГРУБАЯ ПОГРЕШНОСТЬ - погрешность измерения, при котором результат измерения существенно отличается от ожидаемого; она приводит к явному искажению результатов и должна быть исключена из рассмотрения.

Суммарная погрешность измерения может быть представлена в двух видах в зависимости от способа определения.

Максимальное значение суммарной погрешности

$$\Delta_{\text{макс.}} = \pm |\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n|, \quad (1.1)$$

где $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$ - отдельные погрешности, вызываемые совместным действием возмущающих факторов.

Наиболее вероятная погрешность

$$\Delta_{\text{вер}} = \pm \sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_n^2}. \quad (1.2)$$

Одной из важных метрологических характеристик средства измерения является, как уже говорилось, допускаемая погрешность $\Delta_{\text{lim}}^{\text{cm}}$, которая определяет точность измерения. Эта величина устанавливается соответствующими нормативными документами. При использовании средства измерения необходимо убедиться, что его действительная предельная погрешность Δ_{lim}^g не превышает эту величину, т.е. $\Delta_{\text{lim}}^{\text{cm}} \geq \Delta_{\text{lim}}^g$.

Для определения Δ_{lim}^g необходимо произвести серию замеров (не менее 10) одной величины, например, одной концевой меры, соблюдая при этом постоянство условий измерения. За результат измерения размера A принимается среднее арифметическое значение $\bar{X}$ отсчетов x_i по шкале средства измерения. (Отсчет - число, отсчитанное по отсчетному устройству средства измерения либо полученное счетом последовательных отметок или сигналов)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1.3)$$

где n - число отсчетов в серии.

Погрешность средства измерения представляет собой среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, \quad (1.4)$$

и предельная действительная погрешность

$$\Delta_{\text{lim}}^g = \pm K \sigma_x, \quad (1.5)$$

где K - коэффициент, зависящий от доверительной вероятности $p(x)$; при $p(x)=0,95$ $K=2$.

Для практических расчетов вполне достаточно $K=2$.

4. Выбор средства измерения.

Выбор средств измерения основывается на обеспечении заданных показателей процесса технического контроля и анализа затрат на реализацию процесса контроля. К обязательным показателям этого процесса относятся точность измерения (свойство контроля, определяющее близость его результатов к истинному значению контролируемого признака), достоверность (вероятность соответствия результатов контроля действительным значениям контролируемых признаков), экономичность (свойство контроля обеспечивать минимальные затраты на контроль при установленной достоверности контроля).

При выборе средства измерения следует учитывать: вид объекта технического контроля (деталь, сборочная единица, технологический процесс); виды контролируемых признаков (геометрический размер, форма и т.п.); номинальные размеры и допуски на эти размеры; допустимую погрешность измерения; конструктивные особенности изделия, особенности измерительной базы; массу объекта контроля (при необходимости); повреждаемость (деформируемость) объектов контроля; условия рабочего места; производительность средства контроля; наличие средства контроля на производстве; стоимость средства контроля; квалификацию контролёра и др.

Одним из основных факторов выбора является допустимая погрешность измерения. При контроле линейных размеров следует руководствоваться установленными стандартом величинами допустимой погрешности $\delta_{изм}$, которая равна $1/3 \dots 1/5$ величины допуска на размер. Следовательно, допустимая погрешность, как и допуск, будет определяться в зависимости от величины номинального размера и качества.

Одной из основных метрологических характеристик средства измерения является предельная погрешность измерения $\pm \Delta_{lim}^{cm}$. Для того, чтобы средство измерения удовлетворяло требованиям контроля по точности, необходимо выполнение условия

$$\pm \delta_{изм} \geq \pm \Delta_{lim}^{cm}.$$

При этом следует стремиться к тому, чтобы величина Δ_{lim}^{cm} была как можно ближе к величине $\delta_{изм}$, т.к. излишнее занижение Δ_{lim}^{cm} приводит к выбору более точного, а следовательно, и более дорогого средства измерения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № I

Изучение плоскопараллельных концевых мер длины.

1. Цель работы : Изучение конструкции и точностных характеристик концевых мер длины. Освоение навыков проведения измерений с помощью концевых мер. Ознакомление с конструкцией рабочих калибров.

2. Инструменты и материалы.

2.1 Наборы концевых мер.

2.2 Калибр-скобы и калибр-пробки.

2.3 Наборы принадлежностей для крепления блоков концевых мер.

2.4 Авиационный бензин, мягкая полотняная ветошь.

3. Общие сведения.

МЕРЫ – это тела и устройства для вещественного воспроизведения физической величины заданного размера. При помощи мер производится передача единицы длины от эталонов (средства измерения, официально утвержденные и обеспечивающие воспроизведение и хранение единицы физической величины) к рабочим средствам измерения. Передача размера от эталона к средствам более низких разрядов производится в соответствии с поверочной схемой от мер высшего порядка к мерам низшего порядка и рабочим средствам измерения.

Для передачи линейных размеров служат плоскопараллельные концевые меры длины (плитки), обладающие способностью прочно сцепляться друг с другом при нажатии одной меры на другую. Эта способность, называемая притираемостью, позволяет составлять из нескольких концевых мер разных размеров блок требуемого размера. Притираемость мер объясняется их молекулярным притяжением, когда они покрыты тончайшей пленкой смазывающей жидкости.

Концевые меры выпускаются наборами, которые состоят из разного количества мер. Например, набор №1 – из 83 мер, набор №2 – из 38, набор №3 – из 112 и т.д. По точности изготовления концевые меры из стали делятся на классы 00, 01, 0, 1, 2, 3.

С целью повышения точности концевых мер для случая использования их в качестве образцовых помимо классов точности установлены ещё и разряды концевых мер от 1-го до 5-го, которые присваиваются им после проведения аттестации.

Блок концевых мер должен состоять, по возможности, из минимального числа мер; во всяком случае, это число не должно превышать 4. С этой целью при наборе блока следует придерживаться следующего правила: размер первой концевой меры должен содержать последний или два последних знака размера блока, размер второй — аналогично последние знаки остатка и т.д.

Пример. Составить блок концевых мер размером 28,785 мм, используя меры из набора № I.

Размер блока.....	28,785 мм
Размер первой меры	1,005 мм
Остаток	27,78 мм
Размер второй меры	1,28 мм
Остаток	26,5 мм
Размер третьей меры	6,5 мм
Размер четвертой меры	20 мм

Для закрепления блока концевых мер и удобного пользования при наружных и внутренних измерениях, для проведения точных разметочных работ выпускаются наборы принадлежностей типа ПК-I, ПК0-I, ПК-2, ПК-3, в которые входят державки, боковички, лекальная линейка и т.п.

4. Точностные характеристики концевых мер длины.

Основными точностными характеристиками концевой меры являются допускаемые отклонения срединной длины и от плоскопараллельности.

СРЕДИННАЯ ДЛИНА концевой меры l_{cp} определяется длиной перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей на противоположную измерительную поверхность (рис. I.I.a)

ОТКЛОНЕНИЕМ ОТ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ меры Δ называется бо́льшая по абсолютной величине положительная или отрицательная разность между длиной меры в любой точке и срединной её длиной (рис. I.I.б).

Допускаемые отклонения срединной длины и отклонения от плоскопараллельности концевых мер в зависимости от установленных классов точности не должны превышать величин, указанных в таблице 4.I. Зная указанные отклонения, можно определить суммарную погрешность блока концевых мер с помощью формул (I.I) или (I.2).

Для блока концевых мер класса I (рис. I.1 в), набор которого приведен выше, можно определить максимальную погрешность $\Delta_{\text{макс.}} = \pm 0,9$ мм или наиболее вероятную погрешность $\Delta_{\text{вер}} = \pm 0,458$ мм.

5. Измерение калибров для контроля гладких цилиндрических поверхностей при помощи концевых мер.

Одной из возможностей, которые представляют концевые меры является возможность измерения действительных размеров рабочих калибров-скоб и калибров-пробок. Это объясняется высокой точностью мер и необходимостью измерять калибры с точностью до 0,5 мкм.

При помощи калибров осуществляют контроль, т.е. нахождение размера (параметра) между заданными предельными значениями. Эти предельные значения размера реализованы в конструкции калибра проходной частью ПР (контроль предельного размера, соответствующего максимуму материала проверяемой детали) и непроходной частью НЕ (контроль предельного размера, соответствующего минимуму материала проверяемой детали). Деталь считается годной, если проходная часть под действием собственного веса или усилия, примерно равного ему, проходит, а непроходная часть не проходит по контролируемой поверхности детали. Для контроля цилиндрических отверстий применяют чаще всего калибр-пробки, а для контроля валов — калибр-скобы.

На каждом калибре нанесена маркировка: 1) контролируемый номинальный размер; 2) обозначение проверяемого поля допуска; 3) числовые значения проверяемых предельных отклонений; 4) обозначения калибра (ПР, НЕ); 5) товарный знак предприятия-изготовителя. Размеры калибров-скоб измеряются непосредственно блоком концевых мер. Размер блока равен соответствующему максимальному или минимальному размеру, проходной или непроходной стороны калибра. Для измерения калибров-пробок необходимо применение бокофиксов и державки.

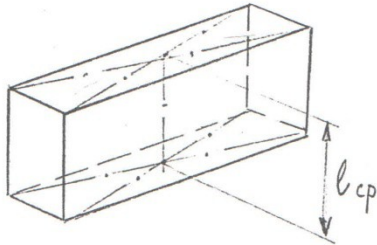
Для определения предельных размеров проходной и непроходной сторон скобы следует использовать формулы:

$$\left. \begin{aligned} \text{ПР}_{\text{max}} &= d_{\text{max}} - Z_1 + 0,5 H_1 \\ \text{ПР}_{\text{min}} &= d_{\text{max}} - Z_1 - 0,5 H_1 \end{aligned} \right\} \quad (I.6)$$

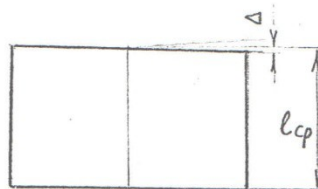
$$\left. \begin{aligned} \text{НЕ}_{\text{max}} &= d_{\text{min}} + 0,5 H_1 \\ \text{НЕ}_{\text{min}} &= d_{\text{min}} - 0,5 H_1 \end{aligned} \right\} \quad (I.7)$$

где $d_{\text{max}}, d_{\text{min}}$ — предельные размеры контролируемого вала;
 H_1, Z_1 — определяются по таблице 5.2.

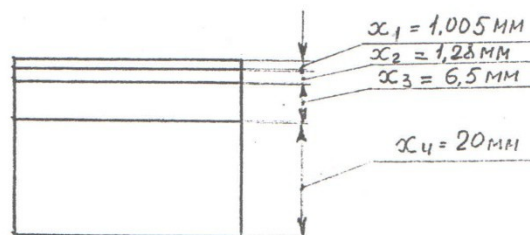
a)



б)



б)



$$\begin{aligned}\Delta x_1 &= 0,2 \text{ мм} \\ \Delta x_2 &= 0,2 \text{ мм} \\ \Delta x_3 &= 0,2 \text{ мм} \\ \Delta x_4 &= 0,3 \text{ мм}\end{aligned}$$

Рис. 1.1

Таблица 4.1 Точностные характеристики концевых мер.

Интервалы номинальных размеров мер, мм	Классы мер												
	00			01		0		I		2		3	
	Допускаемые отклонения , мкм (±)												
до 10	средний длина	от плоско паралель ности	средний длина	от плоско паралель ности	средний длина	от плоско паралель ности	средний длина	от плоско паралель ности	средний длина	от плоско паралель ности	средний длина	от плоско паралель ности	
	0,06	0,05	0,2	0,05	0,12	0,10	0,2	0,16	0,4	0,3	0,8	0,3	
	0,07	0,05	0,3	0,05	0,14	0,10	0,3	0,16	0,6	0,3	1,2	0,3	
	0,1	0,06	0,4	0,06	0,2	0,10	0,4	0,18	0,8	0,3	1,6	0,3	
	0,12	0,06	0,5	0,06	0,25	0,12	0,5	0,18	1,00	0,35	2,00	0,4	
	0,14	0,07	0,6	0,07	0,3	0,12	0,6	0,2	1,2	0,35	2,50	0,4	
св.100 до 150	0,2	0,08	0,8	0,08	0,4	0,14	0,8	0,2	1,6	0,4	3,00	0,4	

Для определения предельных размеров проходной и непроходной сторон пробки следует использовать формулы:

$$\left. \begin{aligned} PR_{max} &= D_{min} + z + 0,5H \\ PR_{min} &= D_{min} + z - 0,5H \end{aligned} \right\} \quad (I.8)$$

$$\left. \begin{aligned} HE_{max} &= D_{max} + 0,5H \\ HE_{min} &= D_{max} - 0,5H \end{aligned} \right\} \quad (I.9)$$

6. Подготовка к измерениям.

6.1 Получить набор концевых мер, определить их класс точности. Получить калибр и ознакомиться с его основными данными.

6.2 При помощи формул (I.6 - I.9) вычислить предельные размеры проходной и непроходной сторон калибра.

6.3 Составить блоки концевых мер (последовательно, по мере контроля), размеры которых равны вычисленным значениям предельных размеров.

6.4 Определить по формулам I.1 и I.2 максимальную и наиболее вероятную погрешность блоков.

6.5 Заполнить таблицу 8.1 отчета.

7. Порядок проведения работы.

7.1 Проверить предельные размеры проходной и непроходной сторон калибра. Для этого применять блоки концевых мер (п.6.4.).

Для измерения калибра-скобы ввести блок концевых мер между измерительными поверхностями скобы. Скобу при этом можно держать в руках или закрепить в стойке. Размер скобы равен размеру блока, если при перемещении блока с небольшим усилием между измерительными поверхностями скобы ощущается плотное соприкосновение поверхностей скобы и блока и отсутствие качки. Если блок не входит в скобу или ощущается зазор между ним и поверхностями скобы, надо уменьшить или увеличить размер блока путем соответствующей замены одной меры на другую.

При измерении калибр-пробки последовательность действий такая же. Только в этом случае блок мер используется вместе с боковыми, измерительные поверхности которых контактируют с цилиндрической поверхностью калибра.

7.2 Результаты измерений внести в таблицу 8.2 отчета и сделать заключение о годности калибра.

Таблица 5.1 Допуски и отклонения калибров

Квали- теты	Обозначения размеров и допусков	Интервалы размеров, мм						
		до 3	св.3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80
		Размеры и допуски, мкм						
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4
	H	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5
7	Z, Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4
	H, H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5
8	Z, Z ₁	2	3	3	4	5	6	7
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8
9	Z, Z ₁	5	6	7	8	9	11	13
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8
10	Z, Z ₁	5	6	7	8	9	11	13
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8
11	Z, Z ₁	10	12	14	16	19	22	25
	H, H ₁	4	5	6	8	9	11	13
12	Z, Z ₁	10	12	14	16	19	22	25
	H, H ₁	4	5	6	8	9	11	13

8, Содержание отчета

8.1 Размеры блоков и их погрешности

Маркировка калибра	Обозначения предельных размеров калибра	Размер блока, мм	Размеры концевых мер в блоке мм	Предель- ная погрешность мер, мкм	Максималь- ная сум- марная погреш- ность блока мкм	Наиболее вероят- ная погрешность блока мкм
	PP max					
	PP min					
	HE max					
	HE min					

8.2 Эскиз калибра с указанием маркировки.

8.3 Результаты измерения калибра

Расчетные предельные размеры сторон калибра		Действительные размеры сторон калибра (разме- ры блоков) с указанием погрешности измерения	Заключение о годности
PP max	Висн Эп-лось		
PP min			
HE max			
HE min			

9. Контрольные вопросы.

- 9.1 Назначение плоскопараллельных концевых мер длины.
- 9.2 Свойства концевых мер.
- 9.3 Точностные характеристики концевых мер.
- 9.4 Принцип составления блоков концевых мер.
- 9.5 Определение погрешности блока мер.
- 9.6 Порядок расчета исполнительных размеров калибров.
- 9.7 Порядок выбора средства измерения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

1. Цель работы: Изучение основных понятий взаимозаменяемости гладких цилиндрических соединений; ознакомление с конструкцией штангенинструментов и методикой проведения измерений с их помощью; определение погрешностей измерений.

2. Инструменты и материалы.

2.1 Штангенциркули с ценой деления шкалы нониуса 0,1 и 0,05 мм .

2.2 Штангенглубиномер с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм .

2.3 Штангенрейсмас с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм .

2.4 Разметочная плита.

2.5 Детали для проведения измерений.

2.6 Авиационный бензин, вата, мягкая полотняная ветошь, антикоррозионная смазка, кисточки.

3. Общие сведения.

Штангенинструменты являются универсальными средствами измерения, имеющими широкое распространение вследствие своей простоты и дешевизны. Они находят применение при измерениях и разметке деталей перед обработкой.

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров, глубин и высот, а также при проведении разметочных операций. Существует несколько типов штангенциркулей:

- ШЦ-I с пределами измерений 0-125 мм и величиной отсчета по нониусу 0,1 мм имеет двухсторонние губки для наружных и внутренних измерений и линейку глубиномера ;

- ШЦ-II с пределами измерений 0-160 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм имеет двухсторонние губки для наружных и внутренних измерений, а также для разметки;

- ШЦ-III с пределами измерений 0-400 мм и величиной отсчета по нониусу 0,05 мм имеет односторонние губки для наружных и внутренних измерений ;

- штангенциркули со стрелочным отсчетным устройством с ценой деления 0,01 и 0,02 мм .

Отличительной особенностью большинства штангенинструментов является наличие у них двух шкал - основной и дополнительной (нониуса), которая служит для повышения точности отсчета по основной шкале. В основе отсчета по нониусу лежит способность человеческого глаза более точно определять совпадение или несов-

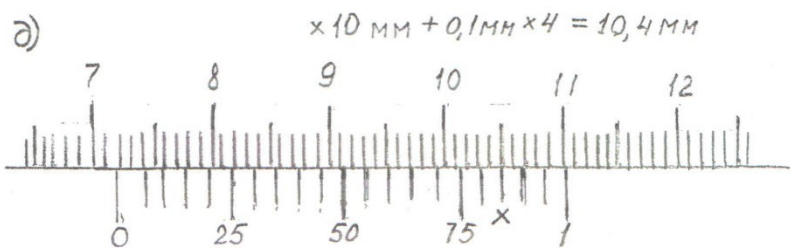
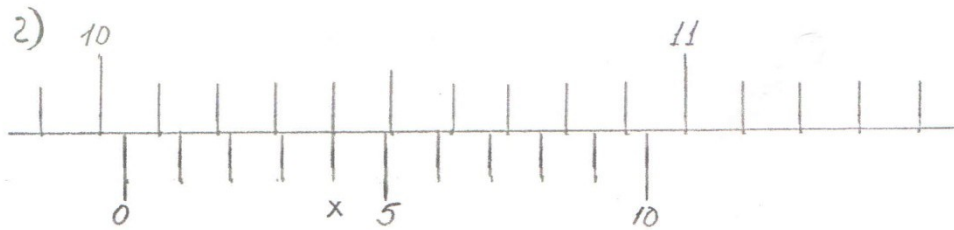
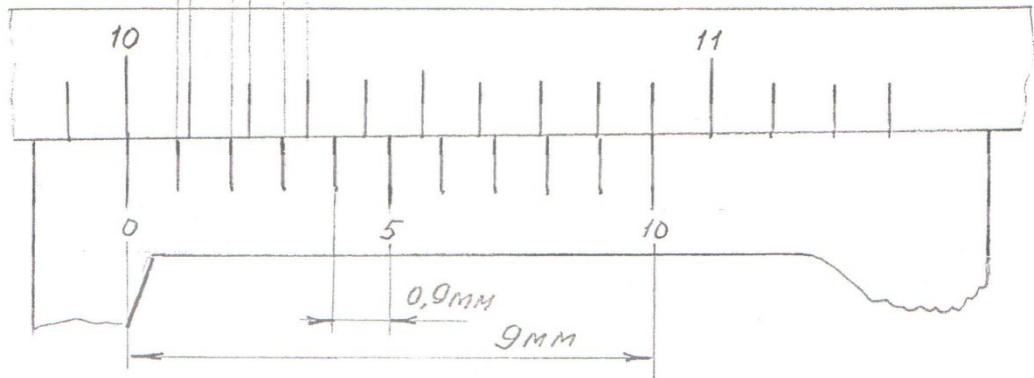
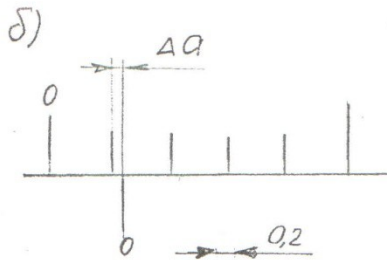
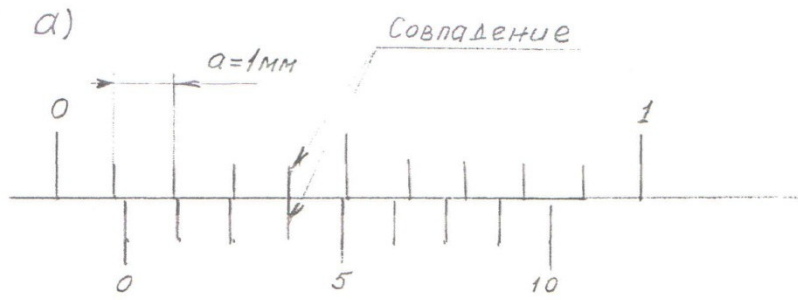
падение штрихов двух сомкнутых шкал (рис.2.1 а), чем оценивать долю деления шкалы "на глаз" (рис. 1.2 б). Для получения шкалы нониуса с точностью 0,1 мм (рис. 2.1. в) отрезок основной шкалы, равный 9 мм, делится на 10 равных частей (делений). В этом случае интервал шкалы нониуса будет равен 0,9 мм. Если нулевой штрих шкалы нониуса будет, например, совпадать с десятым штрихом основной шкалы (рис.2.1 в), то следующий штрих не дойдет до соответствующего штриха основной шкалы на 0,1 мм, второй - на 0,2 мм и т.д., а последний десятый штрих на 1 мм. В положении шкал на рис.2.1 в размер $A=10$ мм.

На рис.2.1.г показано совпадение четвертого штриха шкалы нониуса, т.е. размер $A=10,4$ мм. Таким образом, для отсчета по нониусу необходимо определить, какой его штрих совпадает с соответствующим штрихом основной шкалы.

На рис.2.1.д. показан пример отсчета размера при измерении штангенинструментом с нониусом, имеющим 20 делений. Крестиком показан штрих нониуса, совпадающий со штрихом основной шкалы.

Устройство штангенциркуля показано на рис. 2.2. Он состоит из штанги 1, на конце которой выполнена неподвижная губка 2. Подвижная губка 3 закреплена или изготовлена заодно с рамкой 4. Для точных перемещений рамки служит микрометрический винт 5 с гайкой 6 и хомутиком 7. При микрометрических перемещениях подвижной губки необходимо ослабить фиксирующий винт 8 на рамке 4 и закрепить винт 9 на хомутике 7. Нониус 10 прикреплен к рамке 4 двумя винтами. Некоторые штангенциркули не имеют узла микрометрической подачи.

24



$$\times 10\text{ мм} + 0,1\text{ мм} \times 4 = 10,4\text{ мм}$$

$$\times 71\text{ мм} + 0,75\text{ мм} + 0,05\text{ мм} \times 2 = 71,85\text{ мм}$$

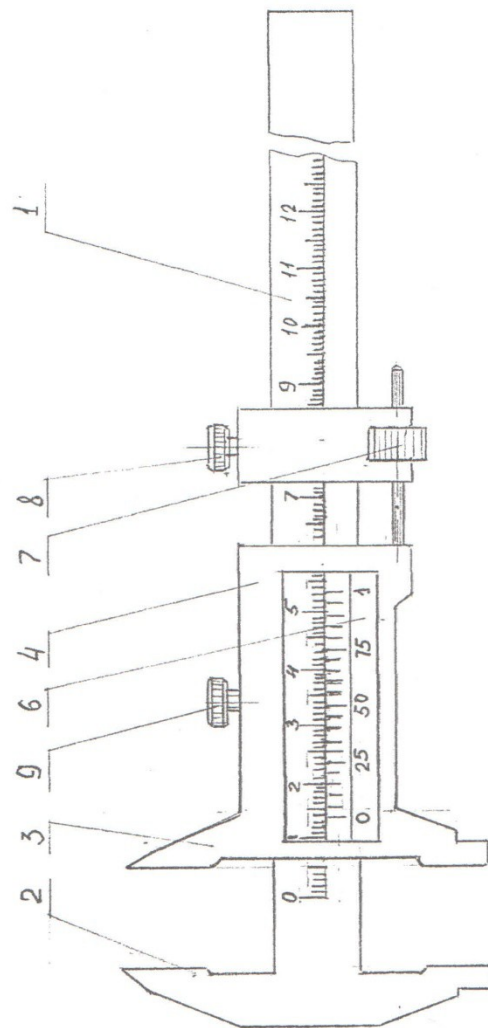


Рис. 2.2

ШТАНГЕНГЛУБИНОМЕР (рис.2.3.) состоит из основания I, которое является базой при измерении, штанги 2 с основной шкалой и хомутика 3 с микрометрической подачей 4. Штанга 2 может закрепляться в основании винтом 5.

Штангенрейсмас имеет конструкцию, аналогичную вышеописанной. Исключение составляют разметочные и измерительные сменные наконечники, устанавливаемые в подвижной рамке.

4. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ.

4.1 Изучить устройство и принцип действия инструментов.

4.2 Определить и записать в таблицу 6.1 отчета: основные метрологические характеристики инструмента: диапазон измерения, цену деления, предельную допускаемую погрешность Δ_{lim} , а так же завод-изготовитель и заводской номер.

4.3 Подготовить инструмент к проведению измерений:

- промыть бензином измерительные поверхности инструмента, а затем протереть их мягкой тканью;
- произвести наружный осмотр, проверить работоспособность;
- проверить нулевое положение шкал:

а) у штангенциркуля необходимо сдвинуть подвижные измерительные губки до совмещения с неподвижными; при этом просвета между ними не должно быть;

б) у штангенглубомера необходимо установить основание на разметочную плиту и совместить торец штанги с поверхностью плиты;

в) у штангенрейсмаса необходимо установить основание на плиту и совместить измерительную поверхность ножки с поверхностью плиты.

В указанных положениях нулевой штрих основной шкалы должен совпадать с нулевым штрихом нониуса. Если она не совпадает, то необходимо :

- ослабить с помощью отвертки винты, фиксирующие нониусную линейку на рамке;
- совместить нулевые штрихи основной шкалы и нониуса;
- вновь закрепить винты.

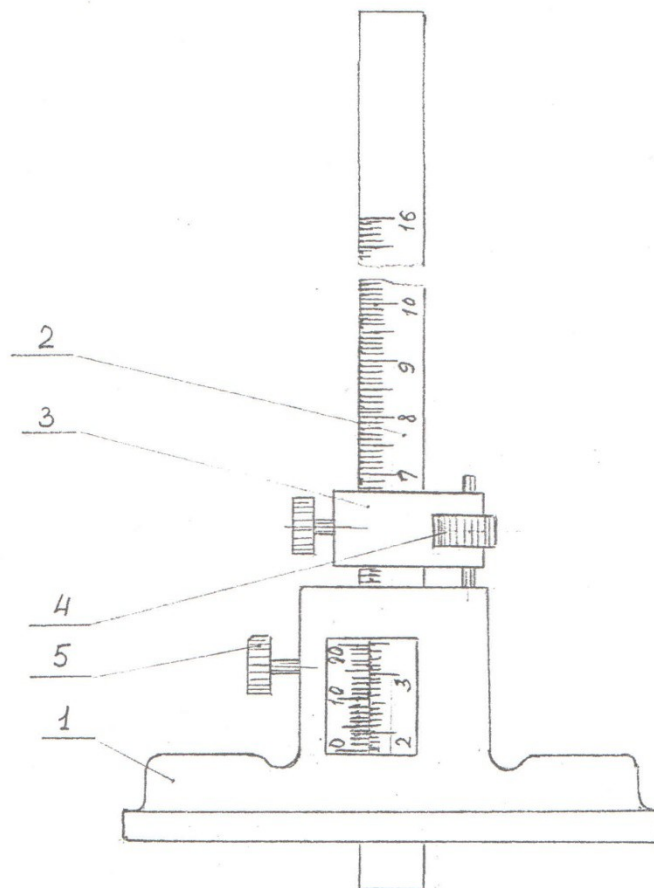


Рис. 2.3

3, 8 дм
 $0.3 = 0.001 \cdot 10^3$

5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

5.1 Определить действительную предельную погрешность измерения штангенциркуля

- произвести десять измерений калибра (концевой меры или калибра-пробки); для этого прижать неподвижную губку 2 к измеряемой поверхности калибра и, перемещая рамку 4, приблизить к противоположной поверхности подвижную губку 3; прижать её к поверхности, воспользовавшись микрометрической подачей 7 (если она есть), или непосредственно легким нажатием на рамку 4; закрепить рамку винтом 9; при этом обе губки должны плотно прилегать к поверхности калибра, а при снятии штангенциркуля должно ощущаться легкое трение; необходимо следить за отсутствием перекоса губок;
- при измерении внутренних размеров к величине отсчета по шкале необходимо прибавить значение ширины губок, указанное на их поверхности;
- снять штангенциркуль и определить размер с точностью 0,025 мм (для цены деления шкалы 0,05 мм) и 0,05 мм (для цены деления 0,1 мм);
- полученные значения занести в таблицу 6.2 отчета и вычислить действительное значение предельной погрешности штангенциркуля.

5.2 Получить деталь, предназначенную для измерения, чертеж детали и произвести восемь замеров размеров, указанных преподавателем. При этом необходимо:

- измерять в нескольких точках продольного и поперечного сечения;
- по результатам замеров установить действительные значения предельных отклонений, сравнить со стандартными значениями предельных отклонений, указанных на чертежах, и сделать заключение о годности детали;
- при определении действительных значений отклонений формы необходимо найти максимальную разницу в размерах поверхности и сделать заключение о годности детали, сравнивая это значение с заданным допуском формы.

5.3 Вычертить в отчете эскиз детали с указанием проверяемых размеров.

5.4 Определить действительную предельную погрешность штанген-
глубиномера:

- взять концевую меру и установить ее на поверхность плиты;
- прижать основание 1 к поверхности концевой меры, затем плавно передвинуть штангу 2 до соприкосновения с поверхностью плиты (воспользоваться микрометрической подачей - в случае её наличия), закрепить винт 5;
- произвести определение действительного размера по шкале штангенглубиномера после его снятия с точностью отчета, равной половине цены деления шкалы прибора;
- произвести десять измерений и полученные результаты занести в таблицу 6.2 отчета, после чего произвести вычисление предельной погрешности Δ_{lim}^g .

5.5 Определить погрешность штангенрейсмаса:

- взять концевую меру и установить её на поверхность плиты ;
- установить штангенрейсмас основанием на плиту и подвести измерительную ножку к поверхности концевой меры до соприкосновения, при этом между ножкой и поверхностью меры, основанием инструмента и плитой не должно наблюдаться клиновидного просвета ;
- дальнейшая методика аналогична предыдущей , в случае измерений штангенглубиномером .

5.6 Сделать заключение о соответствии действительной погрешности инструмента стандартным значениям.

6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

6.1 Таблица основных данных инструментов

Инструмент	Завод-изготовитель	Заводской номер	Диапазон измерения	Цена деления	Предельная допускаемая погрешность $\Delta_{lim}^{ст}$
Штангенциркуль					
Штангенглубиномер					
Штангенрейсмас					

6.2 Определение предельной погрешности инструментов

Инструмент	З а м е р ы										Средне- квадрати- ческое отклоне- ние	Действител- ная предел- ная погреш- ность Δ_{lim}^g
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10		

Штангенциркуль

Штангенглубино-
мер

Штангенрейсмас

6.3 Заключение о соответствии действительной погрешности инструмента стандартным значениям

штангенциркуль -

штангенглубиномер -

штангенрейсмас -

6.4 Результаты измерений детали

Размер по чертежу с указанием пре- дельных отклонений; допуск формы	З а м е р ы								Действ- ное зна- чение $ES(es)$	Действ- ное зна- чение $EJ(ei)$	Раз- ность	Закл- чение о год- ности
	1	2	3	4	5	6	7	8				

6.5 Эскиз детали с указанием проверяемых размеров

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1 Что такое допуск, верхнее и нижнее отклонение, номинальный размер, предельный размер, действительный и исполнительный размеры ?
- 7.2 Что называется посадкой ? Какие бывают типы и системы посадок ?
- 7.3 Правила нанесения предельных отклонений размеров на чертежах ?
- 7.4 Что такое основное отклонение ? Для чего оно служит ?
- 7.5 От чего зависит величина допуска ?
- 7.6 Конструкция штангенинструментов .
- 7.7 Что такое нониус ? Принцип отсчета размера с помощью нониуса.
- 7.8 Что такое цена деления шкалы, диапазон показаний и измерения ?
- 7.9 Что такое погрешность измерения ? Какие виды погрешностей существуют ?
- 7.10 Какие методы измерений существуют ? В чем заключается абсолютный и относительный, прямой и косвенный методы измерений ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Измерение деталей микрометрическим инструментом.

1 Цель работы: ознакомление с конструкцией микрометрических инструментов и методикой проведения измерений с их помощью, определение погрешностей измерения.

2 Инструменты и материалы

2.1 Микрометры гладкие с пределами измерений 0 - 25 мм , 50 - 75 мм

2.2 Микрометрический глубиномер с пределами измерений 0 - 75 мм или 0 - 100 мм

2.3 Микрометрический нутромер (штихмас) с пределами измерения 75 - 175 мм

2.4 Детали для измерения

2.5 Авиационный бензин, вата, мягкая полотнянная ветошь, антикоррозионная смазка, кисточка.

3 Описание микрометрических инструментов.

К микрометрическим инструментам относятся :

- микрометры гладкие (МК) для измерения наружных размеров ;
- листовые и трубные микрометры (МГ, МП, МЛ), применяемые для измерения толщины листов , труб, проволоки ;
- микрометры со вставками для измерения мягких материалов (МВГ);
- настольные микрометры, горизонтальный (МГ) и вертикальный (МВ), для измерения малых деталей ;!
- микрометрические глубиномеры (ГМ) для измерения глубин и высот ;
- микрометрические нутромеры (НМ) - штихмасы - для измерения внутренних размеров ;
- резьбовые микрометры .

Измерительным устройством любого микрометрического инструмента является точно изготовленная винтовая микрометрическая пара с определенным шагом, обычно равным 0,5 мм , которая преобразовывает вращательное движение шкалы барабана (рис. 3.1) в продольное перемещение винта.

Корпусом микрометра служит скоба I, в которую запрессована с одной стороны пятка 2, а с другой-стебель 5. В микрометрах для размеров свыше 300 мм пятки выполняют подвижными для расширения пределов измерения. Внутри стебля с одной стороны имеется микрометрическая резьба, а с другой-гладкое цилиндрическое отверстие для точного перемещения винта 3. На конце стебля имеются продольные прорезы, а снаружи коническая резьба с гайкой IO. Вращением этой гайки изменяю зазор в резьбовом соединении винта со стеблем, обеспечивая необходимую легкость вращения винта. Торцовая поверхность винта, обращенная к пятке, является измерительной поверхностью.

Трещетка, предусмотренная в микрометре, предназначена для обеспечения постоянства измерительной силы в пределах 7 ± 2 Н. Механизм трещетки состоит из храповика 7, штифта 8 и пружины 9. Вращение головки храповика по часовой стрелке передается микрометрическому винту трением между штифтом 8, поджимаемым пружиной 9, и зубьями храповика. При измерительном усилии, превышающем допустимую величину, храповик будет проворачиваться относительно винта. Стопорное устройство 4 используется для фиксации винта после проведения замера.

На рис. 3.2 показаны продольная шкала I5 на стебле и круговая I6 барабана в отсчетном устройстве микрометра. Интервал деления основной шкалы равен 0,5 мм, т.е. расстоянию между двумя соседними штрихами ; один из них расположен выше продольного штриха I4 , другой ниже. Указателем для отсчета целого числа делений продольной шкалы служит торец I7 барабана 6, т.е. отсчет с точностью 0,5 мм проводится по продольной шкале. Указателем для круговой шкалы барабана является продольный штрих I4 на стебле, т.е. отсчет с точностью 0,01 мм производится по круговой шкале. Так как микрометрическая пара имеет шаг $P = 0,5$ мм , а число делений n на круговой шкале равно 50, то цена деления круговой шкалы, а следовательно и микрометра, равна
$$\frac{P}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм}$$

На рис. 3.2 а показано положение шкал, соответствующее размеру 7,36 мм , а на рис. 3.2 б - размеру 7,86 мм . Всегда необходимо обращать особое внимание на положение верхних штрихов относительно скоса барабана.

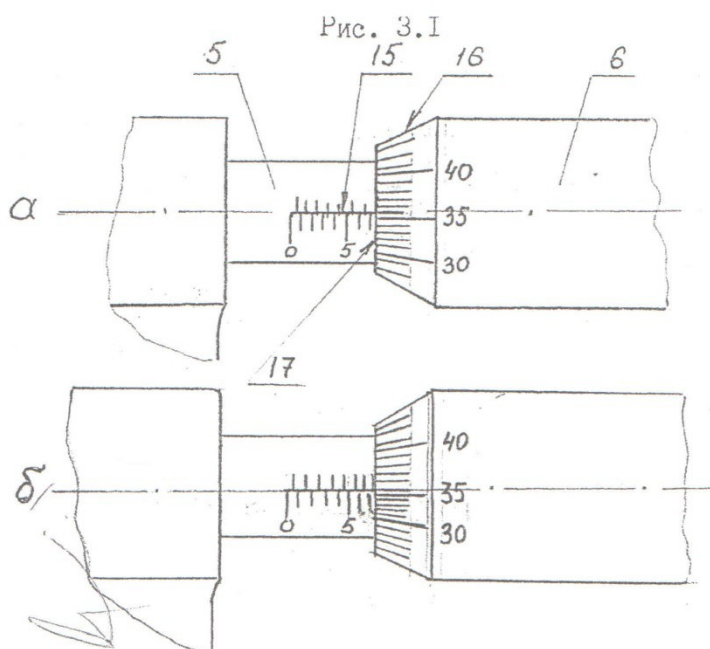
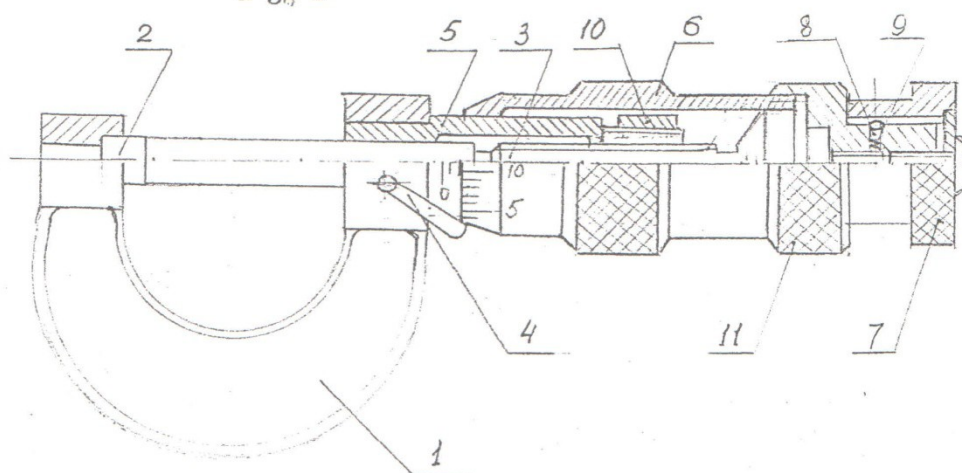


Рис. 3.2

Микрометрический глубиномер (рис. 3.3 а) предназначен для измерения глубины отверстий, пазов, уступов и т.п. Он состоит из основания (траверсы 3), стебля 2 и микрометрического механизма I с трещеткой 4. В торцовое отверстие винта вставляется сменный измерительный стержень 5, позволяющий изменять пределы измерения. Отсчетное устройство идентично устройству микрометра, но при ввинчивании микровинта показания продольной шкалы не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Верхний предел измерения может быть равен 100 и 150 мм.

Микрометрические нутромеры (рис. 3.3 б) выпускаются с пределами измерений: 50-75, 75-175, 75-600 мм и т.д. Нутромер состоит из микрометрической головки I, измерительного наконечника 2 и набора удлинителей 3. Для проверки установки нутромера "на нуль" в комплект поставки входит установочная мера 4 (рис. 3.3 в) .

4 ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ

4.1 Изучить устройство и принцип действия инструментов.

4.2 Определить и записать в таблицу 6.1 отчета основные микрометрические показатели инструментов: пределы измерения, цену деления, предельную допускаемую погрешность Δ_{lim}^{cm} и т.д.

4.3 Подготовить измерительное средство к проведению измерений:

- промыть бензином измерительные поверхности инструмента и изделия, а затем протереть их мягкой тканью ;
- произвести наружный осмотр, проверить работоспособность ;
- проверить нулевое положение шкал ;

а) у микрометра с пределами измерений 0-25 мм необходимо совместить измерительные поверхности неподвижной пятки 2 и винта 3 (рис. 3.1). У микрометров с пределами измерений 25-50, 50-75 мм и т.д. нулевой отсчет шкал необходимо проверять, используя установочную меру или плоскопараллельные концевые меры длины, размеры которых равны наименьшему пределу измерения микрометра.

б) у микрометрического глубиномера, если измеряемый размер находится в пределах 0-25, необходимо вставить соответствующий измерительный стержень 5 (рис. 3.3а), вывинтить микрометрический винт в верхнее крайнее положение, после чего установить инструмент основанием 3 на плоскость поверочной шкалы. После этого необходимо, используя механизм трещетки, обеспечить контакт измерительной поверхности стержня с плоскостью плиты.

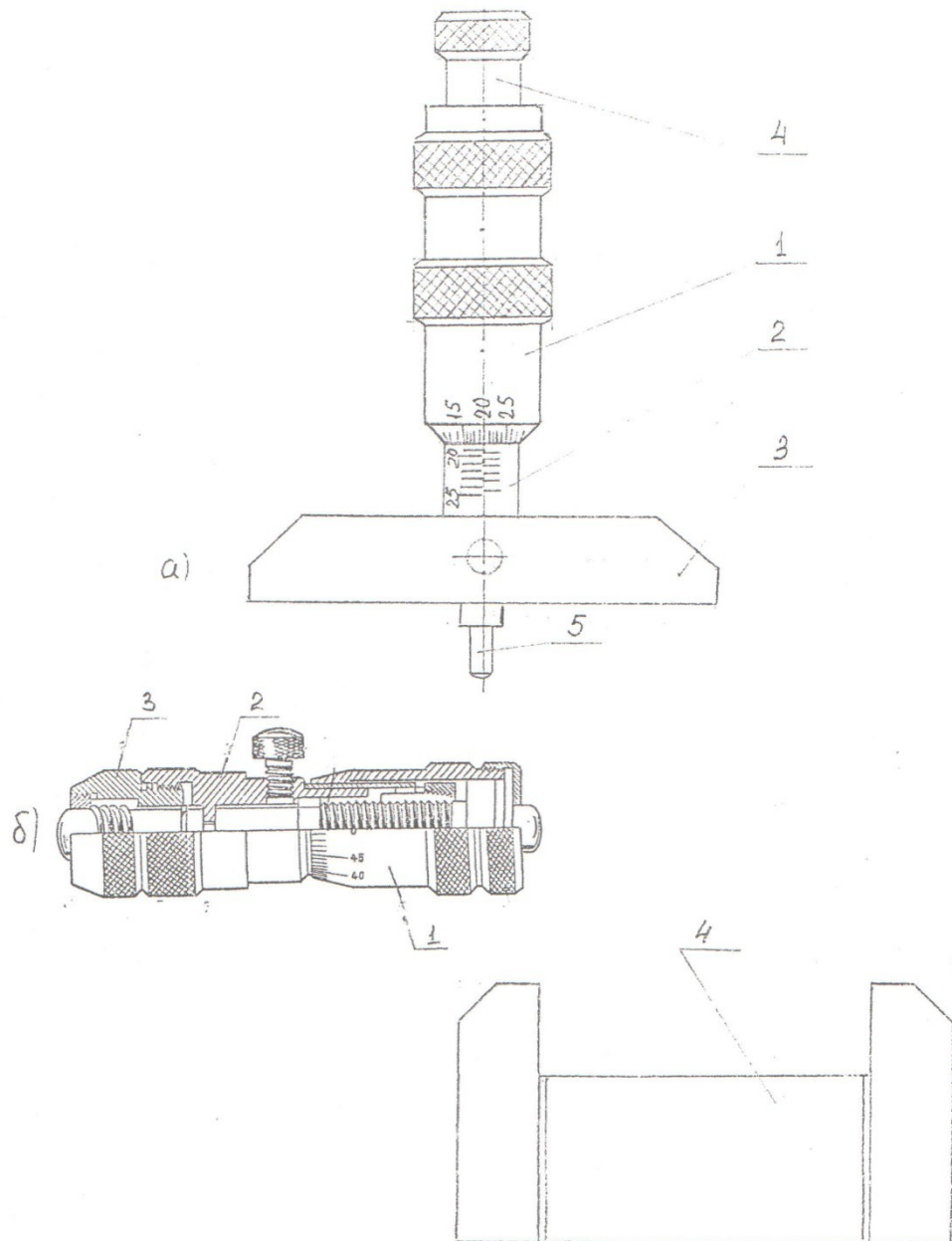


Рис. 3.3

Если у глубиномера другой диапазон измерения, то необходимо воспользоваться установочными мерами, которые прилагаются к инструменту в) у микрометрического нутромера с нижним пределом измерения 75 мм проверку нулевого положения производить при помощи установочной меры (скобы), входящей в комплект прибора. Используя микрометрическое устройство, необходимо ввести в контакт измерительные поверхности нутромера и скобы.

Если нулевой отсчет шкал выйдет за пределы $\pm 0,005$ мм, то необходимо произвести установку микрометрической головки "на нуль" следующим образом:

- зафиксировать микрометрический винт стопором ;
- отсоединить барабан от микровинта, для чего держа барабан за накатанную часть, отвернуть колпачек II (рис. 3.1), повернуть отсоединенный барабан до совпадения нулевого штриха круговой шкалы с продольным штрихом на стебле и, удерживая микрометр за барабан, затянуть колпачек до отказа ;
- отпустить стопор, повернуть барабан против часовой стрелки на I-2 оборота и вновь проверить нулевое положение шкал.

5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

5.1 Определить действительную предельную погрешность Δ_{lim}^g микрометра :

- произвести десять измерений концевой меры: для этого прижать неподвижную пятку 2 к поверхности меры и, плавно вращая винт 3 за головку трещетки 7, довести винт до соприкосновения с противоположной поверхностью меры ; вращение прекратить после трех-четырех щелчков трещетки ;
- зафиксировать это положение стопором ;
- снять без перекоса и заклинивания микрометр с изделия и произвести определение размера по шкалам микрометра с точностью 0,005 мм ;
- полученные данные занести в таблицу 6.2 отчета и вычислить действительную предельную погрешность Δ_{lim}^g .

5.2 Получить деталь, предназначенную для измерений, чертеж детали и произвести замеры размеров, указанных преподавателем. Замеры проводить в нескольких точках продольного и поперечного сечений. По результатам замеров установить наибольшее и наименьшее значения размера. Полученные результаты занести в таблицу 6.4.

5.3 Произвести определение годности проверяемого размера или действительного значения отклонения формы, которое задается допусками круглости, цилиндричности, продольного сечения, или отклонения расположения (допуск параллельности).

При определении годности размера необходимо по результатам замеров установить действительные значения предельных отклонений, сравнить со стандартными значениями предельных отклонений, указанных на чертежах, и сделать заключение о годности детали.

При определении годности детали по отклонениям формы или расположения необходимо найти максимальную разницу в размерах измеряемой поверхности и сделать заключение о годности детали, сравнивая это значение с заданным допуском.

5.4 Привести в отчете эскиз детали с указанием проверяемых размеров.

5.5 Определить действительную погрешность Δ_{lim}^g микрометрического глубиномера:

- произвести десять измерений концевой меры, для чего вставить в осевое отверстие торца микрометрического винта сменный стержень 5, соответствующий размеру концевой меры; поставить меру на плиту, прижать основание 3 левой рукой к поверхности меры и, вращая барабан I за трещетку, довести стержень 5 до соприкосновения с поверхностью плиты; после трех щелчков трещетки вращение прекратить и закрепить винт стопором;
- снять глубиномер с концевой меры и произвести измерение действительного размера по шкале с точностью 0,005 мм;
- полученные данные занести в таблицу 6.2 отчета и вычислить действительную погрешность.

5.6 Определить действительную погрешность Δ_{lim}^g микрометрического нутромера:

- произвести десять измерений калибра-скобы (калибра-кольца) или микрометра, размер которых превышает 75 мм (в случае превышения размера свыше 88 мм необходимо установить соответствующий удлинитель), для этого, прижав левой рукой неподвижный наконечник к внутренней поверхности отверстия и вращая микрометрический винт, приложить подвижный наконечник в соприкосновение с противоположной стороной отверстия;
- для правильного положения при измерении, необходимо, чтобы нутромер был установлен точно по диаметру отверстия и перпендикулярно его оси;

правильная установка производится покачиванием нутромера в диаметрально и осевом направлениях с тем, чтобы в диаметрально направлении был найден наибольший размер, а в осевом – наименьший ;

– после нахождения нужного размера зафиксировать винт стопором ;

извлечь нутромер из отверстия и определить искомый размер с точностью отсчета 0,005 мм ;

– полученные данные занести в таблицу 6.2 отчета и вычислить предельную погрешность

5.7 Определить соответствие действительной погрешности инструментов Δ_{lim}^g стандартным значениям $\Delta_{lim}^{ст}$.

6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

6.1 Таблица основных данных инструментов

Инструмент	Завод-изготовитель	Заводской номер	Диапазон измерения	Цена деления	Предельная допускаемая погрешность
Микрометр гладкий					
Микрометрический глубиномер					
Микрометрический нутромер					

6.2 Определение предельной погрешности инструментов

[illegible]

6.3 Заключение о соответствии действительной погрешности Δ_{lim}^g инструмента стандартным значениям предельной допускаемой погрешности Δ_{lim}^{cm} :

микрометр -

глубиномер -

нутромер -

6.4 Результаты измерений детали

Размер по чертежу с указанием предельных отклонений; допуск формы	З а м е р ы								Действительное значение	Действительное значение	Разность	Заключение о годности
	I	2	3	4	5	6	7	8				
									$ES(es)$	$EJ(ei)$		

6.5 Эскиз детали с указанием проверяемых размеров

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1 Конструкция микрометра
- 7.2 Конструкция микрометрического глубиномера
- 7.3 Конструкция микрометрического нутромера
- 7.4 Какие отклонения формы приняты для :
 - цилиндрических поверхностей ?
 - плоских поверхностей ?
- 7.5 Что такое систематические, случайные и грубые погрешности ?
Привести примеры.
- 7.6 Чем отличаются абсолютный и относительный способы измерений?
- 7.7 Какие факторы влияют на точность измерения?
- 7.8 Что такое плоскопараллельная концевая мера длины ?
- 7.9 Что такое средство измерения ?
Классификация средств измерения .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ РЫЧАЖНО - МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение основ взаимозаменяемости гладких цилиндрических соединений. Ознакомление с основными типами рычажно-механических приборов, методикой проведения измерений и обработкой их результатов.

2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Рычажно-механические приборы предназначены для контроля линейных размеров и отклонений формы и расположения поверхностей. Главным образом эти приборы используют для относительных измерений, абсолютным методом могут быть измерены только размеры, лежащие в пределах диапазона измерений отсчетного устройства.

При измерении рычажно-механическими приборами проверяемые изделия должны быть протерты: наличие воды, масла и т.п. приводит к погрешности измерения.

Нельзя допускать попадания наждачной пыли, эмульсии на измеряемые поверхности приборов и их механизмы. Нельзя встряхивать приборы и резко толкать, особенно в конце хода измерительного стрелки. Запрещается также вскрывать механизм рычажно-механических приборов.

3. ИНСТРУМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ

- 3.1 Индикатор часового типа со стойкой.
- 3.2 Рычажная или индикаторная скоба.
- 3.3 Рычажный микрометр.
- 3.4 Биениемер
- 3.5 Разметочная плита
- 3.6 Детали для измерений
- 3.7 Авиационный бензин, вата, мягкая полотняная ветошь, антикоррозионная смазка, кисточка.
- 3.8 Набор концевых мер .

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К рычажно-механическим измерительным приборам относятся:

4.1. Индикаторные приборы:

а) Индикаторы часового типа:

- тип ИЧ - измерительный стержень перемещается параллельно шкале с ценой деления 0,01 мм;
- тип ИТ - измерительный стержень перемещается перпендикулярно шкале;
- многооборотный индикатор МИГ с ценой деления 0,001 и 0,002 мм.

б) Индикаторные скобы СИ.

в) Индикаторные нутромеры НИ с ценой деления 0,01 мм, применяющиеся для измерений внутренних размеров от 6 до 1000 мм, а также нутромеры с ценой деления 0,001 и 0,002 мм для более тонких измерений.

г) Индикаторные глубиномеры ГИ для измерения глубин, пазов, уступов, отверстий и т.д. с ценой деления 0,01 мм.

4.2. Микрометры рычажные МР, предназначенные для непосредственных измерений наружных размеров. Они оснащены микрометрическими устройствами и рычажно-отсчетным устройством с ценой деления 0,002 мм.

4.3. Рычажные скобы СР, предназначенные для наружных измерений относительным методом. Цена деления 0,002 мм.

4.4. Рычажно-зубчатые головки МКМ, 1ГРЗ, ИГМ, применяемые вместо индикаторов при проведении более точных измерений. Цена деления 0,001 и 0,002 мм.

4.5. Применение приборов повышенной точности, каковыми являются рычажно-механические приборы, требует использования дополнительных приспособлений и устройств, предназначенных для установки и закрепления приборов и измеряемых деталей. К ним относятся:

- стойки и штативы для установки индикаторов;
- поверочные и разметочные плиты, на которых проводится измерение плоских деталей;
- призмы и биениемеры для измерения деталей цилиндрической формы;
- стойки для закрепления инструментов, имеющих корпус в виде скобы.

5. Контроль размеров при помощи индикаторных головок.

5.1. Конструкция и принцип действия индикатора часового типа.

Общий вид индикаторной головки с ценой деления 0,01 мм и схема ее устройства показаны на рис. 4.1. В индикаторах этого типа перемещение измерительного стержня 1 вызывает перемещение большой

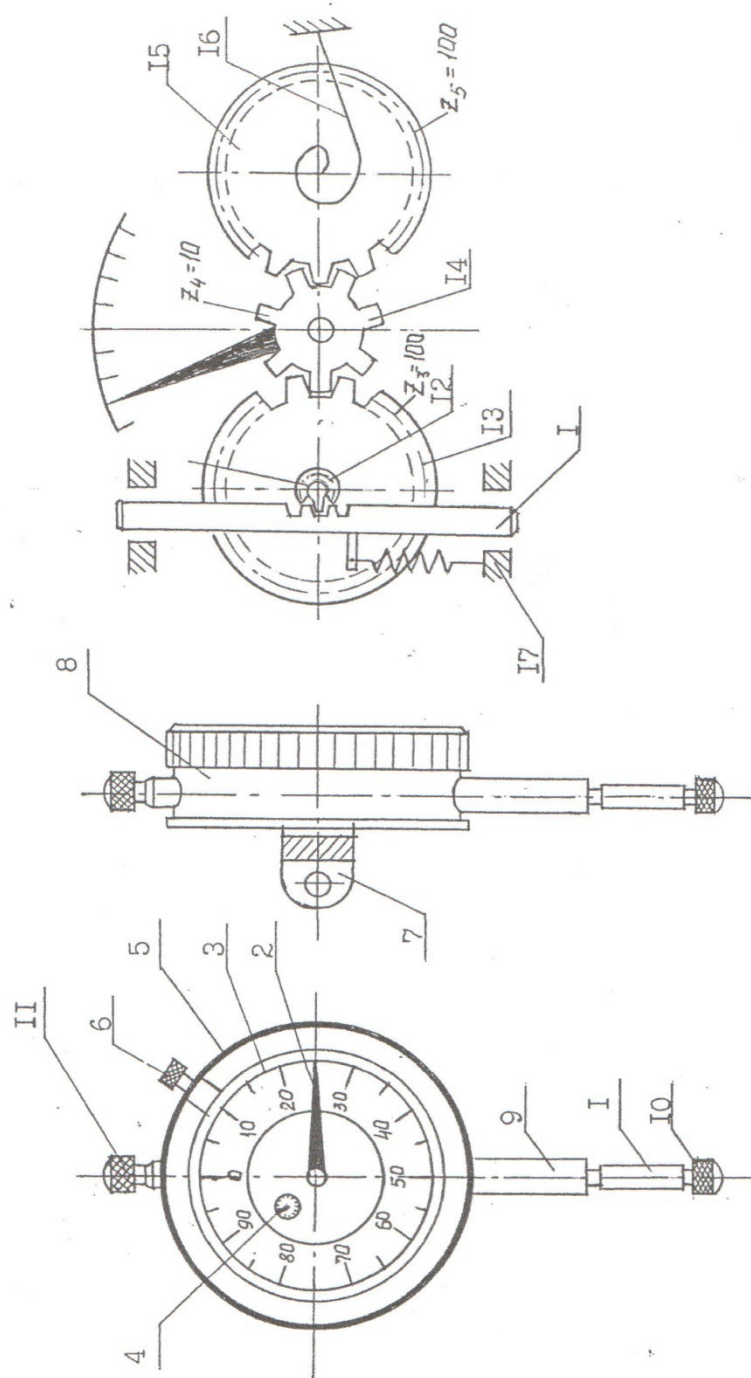


Рис. 4.1

стрелки 2 по шкале 3 и перемещение малой стрелки по шкале 4. Шкала 4 является указателем поворотов, т.е. по ней отсчитывается целое число оборотов большой стрелки 2.

Увеличение перемещения измерительного стержня производится при помощи зубчатой передачи, схема которой изображена на рис 4.1б.

На измерительном стержне 1 нарезана зубчатая рейка. При измерении детали линейное перемещение измерительного стержня вызывает поворот малого 12 и большого 13 зубчатых колес, сидящих на одной оси.

Зубчатое колесо 13 сцепляется с колесом 14, на оси которого укреплена большая стрелка индикатора. Зубчатое колесо 15 и связанный с ним волосок 16 служат для устранения влияния бокового зазора в передаче, обеспечивая постоянное касание профилей зубьев при прямом и обратном ходе.

Пружина 17 служит для создания измерительного усилия порядка

200 $\pm$ 80г. Малая стрелка указателя поворотов укрепена на оси зубчатых колес 12 и 13.

В индикаторе с ценой деления 0.01мм поступательному перемещению измерительного стержня 1 на 0,01 мм соответствует перемещение большой стрелки 2 на одно деление шкалы 3.

Шкала индикатора имеет 100 делений, следовательно, полный оборот большой стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм.

В зависимости от пределов измерений по шкале прибора большая стрелка делает два, три, пять или десять оборотов. Каждый полный оборот большой стрелки соответствует повороту на одно деление маленькой стрелки по шкале 4 указателя поворотов, следовательно, цена деления шкалы указателя оборотов равна 1 мм.

Шкала индикатора вместе с ободком 5 может поворачиваться относительно корпуса прибора так, что против большой стрелки прибора можно установить любой штрих шкалы. Это используется при установке прибора в нулевое положение, когда против большой стрелки устанавливается нулевой штрих. Некоторые индикаторы снабжаются стопорным устройством 6, при помощи которого шкала может быть закреплена в каком-либо положении и тем самым предохранена от случайного поворота.

Для работы индикатор укрепляют за гильзу 9 или ушко 7 в стойках или штативах.

Измерительный наконечник вворачивают в торец измерительного стержня, который может быть поднят рукой за половку 11.

5.5. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ.

5.2.1. Получить индикатор и ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

5.2.2. Определить и записать в таблицу 10.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

5.2.3. Закрепить индикатор в стойке или штативе.

5.2.4. Получить измеряемую деталь и ее чертёж. Выполнить эскиз детали с размерами, отмеченными на чертеже красной чертой. Определить числовое значение предельных отклонений этих размеров и занести их в соответствующий раздел таблицы 10.3.

5.2.5. Установить индикатор "на ноль" по блоку концевых мер. Наиболее правильной будет настройка на "ноль" по блоку с размером, близким или равным размеру, соответствующему середине поля допуска. Установить блок концевых мер на столик штатива или плиту, привести измерительный наконечник индикатора в соприкосновение с поверхностью блока. Если индикатор имеет указатель поворотов, то его подводят так, чтобы перед установкой шкалы "на ноль" большая стрелка сделала 1-2 оборота. Таким образом, индикатору дается "натяг" для того, чтобы в процессе измерений индикатор мог показывать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения. Закрепив штатив в данном положении, совмещают большую стрелку индикатора с нулевым штрихом путем поворота шкалы.

5.2.6. Снять со столика штатива или плиты блок концевых мер.

5.3. Порядок проведения работы.

5.3.1. Произвести замеры размеров, указанных на чертеже. Результаты наблюдений занести в таблицу 10.3.

При этом следует иметь в виду следующие особенности измерений:

- если производится измерение плоской детали, то она должна быть установлена на плиту вместе со стойкой индикатора;
- если производится измерение детали цилиндрической формы, то она должна быть установлена либо на призму, либо в центре биениемера;
- если производится определение размера, то необходимо применение метода измерения с использованием блока концевых мер (см. п. 5.2.5.);

- если производится определение отклонения формы или расположение поверхностей, то оно может получено непосредственно соответствующим перемещением измеряемой поверхности.

5.3.2. Обработать результаты наблюдений. Для этого необходимо найти наименьшее и наибольшее действительные отклонения размера и сравнить их с аналогичными стандартными значениями. Сделать вывод о годности размера.

Для определения соответствия действительного отклонения формы или расположения поверхностей с допусками, указанными на чертеже необходимо найти разность наибольшего и наименьшего значения измеряемого размера и сравнить её с чертежными значениями.

6. КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ РЫЧАЖНОЙ СКОБОЙ.

6.1. Конструкция и принцип действия рычажной скобы

Рычажная скоба типа СР (рис. 4.2) предназначена для точных измерений охватываемых поверхностей (валов). Скоба состоит из корпуса 1, неподвижной при измерении пятки 3 и подвижной пятки 2. Перемещение последней через рычаг 11, сектор 12 передается на зубчатое колесо 13, на оси которого закреплена стрелка 9. Скоба имеет арретир 6, с помощью которого подвижная пятка 2 смещается (убирается), освобождая пространство для ввода детали или калибра. Подвижная пятка 3 с помощью винта 5 может перемещаться для настройки на размер.

Для контроля деталей при серийном или массовом измерении указателями 7 устанавливается поле допуска на шкале 8 с помощью специального ключа. Стопор 4 фиксирует положение неподвижной пятки 3, исключая её случайные смещения.

Рычажные скобы обычно изготавливают для измерения размеров до 100 мм с ценой деления отсчетного устройства 0,002 мм и диапазоном показаний до $\pm 0,08$ мм. Типоразмеры этих скоб выпускаются, как и микрометрические инструменты, с диапазонами измерений, имеющих градацию 25 мм (0-25, 25-50, 50-75 мм и т.д.).

6.2. Подготовка к измерениям.

6.2.1. Получить рычажную скобу и предварительно ознакомиться с её конструкцией и принципом действия.

6.2.2. Определить и записать в таблицу 10.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

6.2.3. Если это требуется по условиям измерения, закрепить скобу в стойке.

6.2.4. Проверить действие отдельных частей. Для этого снять защитный колпачок с механизма 5 перестановки пятки 3, освободить стопор 4 и переместить пятку 3, вращая винт. Движение пятки

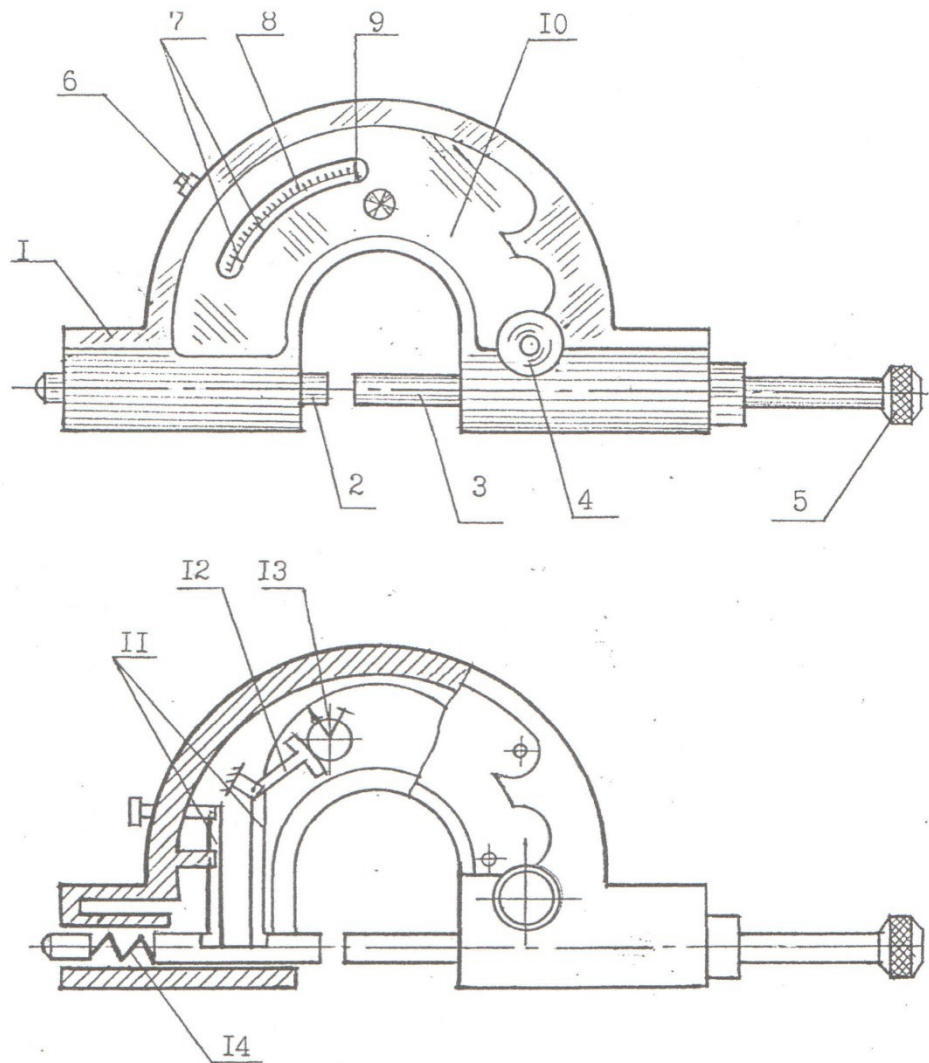


Рис. 4.2

должно быть плавным, без скачков и заеданий. Нажать несколько раз на арретир 6, при этом стрелка прибора должна перемещаться свободно, не задевая шкалы, возвращаясь в исходное положение.

6.2.5. Получить измеряемую деталь, её чертеж, набор концевых мер, выполнить эскиз детали с указанием проверяемых размеров или допусков формы или расположения поверхностей.

6.2.6. Установить рычажную скобу "на нуль". Для этого произвести набор блока концевых мер, размер которого рассчитывается по формуле

$$A = d_{\text{ном}} + \frac{es + ei}{2},$$

где A - размер блока;

$d_{\text{ном}}$ - номинальный размер (по чертежу.);

es, ei - соответственно верхнее и нижнее предельные отклонения размера.

Блок концевых мер ввести между пятками и перемещением пятки 3 добиться установки стрелки на нулевую отметку шкалы 8. Проверить правильность установки, нажав несколько раз на арретир 6 и отпустить его. При этом стрелка должна неизменно останавливаться на нулевой отметке.

6.3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

6.3.1. Убрать из скобы блок концевых мер и ввести между пятками измеряемую деталь. При этом обязательно в обоих случаях пользоваться арретиром. Прочитать по шкале результат наблюдения, который может иметь как положительное, так и отрицательное значение.

Записать в таблицу 10.3 результаты наблюдения.

Измерения производить в нескольких сечениях детали.

Цилиндрическую деталь необходимо вращать вокруг оси, производя замеры как в продольном, так и в окружном направлениях.

6.3.2. Определить действительные значения размеров по формуле:

$$d_g = A + a,$$

где a - результат наблюдения с соответствующим знаком.

6.3.3. Обработать результаты наблюдений, Методика обработки - в соответствии с указаниями, изложенными в п.5.3.2.

Сделать вывод о годности изделия.

7. КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ РЫЧАЖНЫМ МИКРОМЕТРОМ.

7.1. Конструкция и принцип действия рычажного микрометра.

Рычажный микрометр типа МР (рис.4.3а) предназначен, как и рычажная скоба, для точных измерений наружных размеров как абсолютным, так и относительным способами. Он состоит из скобы 1, с правой стороны которой смонтирован микрометрический механизм, аналогичный по конструкции с механизмами микрометрических измерительных приборов. С левой стороны помещена подвижная пятка 2 (рис.4.3б), которая связана с рычагом 3, имеющим на другом конце зубчатый сектор 4. Сектор находится в зацеплении с трибкой 5, на оси которой закреплена стрелка 6. Пружина 7 служит для выборки зазора в соединениях.

Шкала 9 имеет пределы измерения $\pm 0,02$ мм и цену деления 0.002 мм. Кроме того, указателями 10 можно устанавливать допускаемые отклонения, контролируя таким образом годность деталей.

7.2. Подготовка к измерениям.

7.2.1. Получить микрометр, ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

7.2.2. Определить и записать в таблицу 10.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

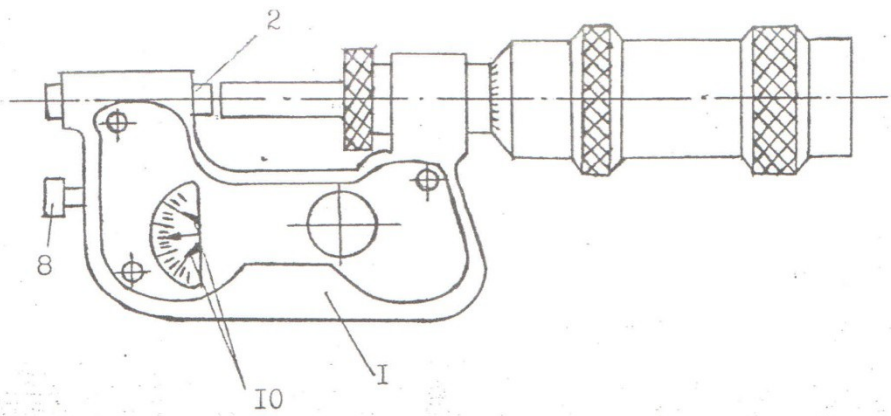
7.2.3. Если это требуется по условиям измерения, закрепить микрометр в стойке.

7.2.4. Получить измеряемую деталь, её чертеж и набор концевых мер; выполнить эскиз детали с указанием проверяемых размеров или допусков формы или расположения поверхностей.

7.2.5. Проверить установку "на ноль" микрометра. Для этого у микрометра с пределами измерений 0-25 мм вращением барабана привести в соприкосновение измерительные поверхности микрометрического винта и пятки. Вращение прекратить, когда совпадут нулевые отметки основной и дополнительной шкалы микрометрического устройства. Стрелка 6 должна (у исправного микрометра) находиться на нулевой отметке шкалы 9.

Для микрометров с пределами измерения 25-50 мм и выше установка "на ноль" проверяется при помощи специального калибра либо концевой меры соответствующего размера.

a)



б)

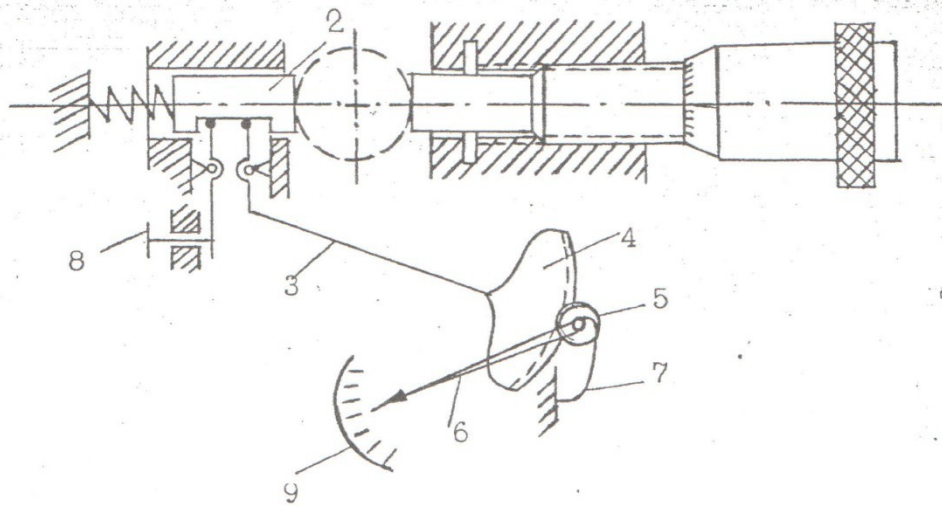


Рис. 4.3

7.3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

7.3.1. Проведение измерений абсолютным способом .

Измеряемая деталь вводится между пятками, которые предварительно разводятся на расстояние, несколько превышающее измеряемый размер. Затем вращением микрометрического винта пятки вводятся в соприкосновение с поверхностью детали. Вращение продолжается до тех пор, пока стрелка не установится на нулевой отметке шкалы. После этого по основной и дополнительной шкалам микрометрического устройства считывают значение размера с точностью $\pm 0,01$ мм.

7.3.2. Проведение измерений относительным способом.

Производится набор блока концевых мер, размер которого вычисляется по формуле, приведенной в п.6.2.6.

Блок вводится между пятками, и вращением микрометрического винта пятка вводится в соприкосновение с поверхностями блока. Перемещение микрометрического винта заканчивается тогда, когда стрелка достигнет нулевой отметки шкалы.

Затем блок удаляется, вводится измеряемая деталь и производится измерение согласно методике, изложенной в пп 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3.

7.3.3. Обработать результаты наблюдений в соответствии с методикой, изложенной в п.5.3.2.

8. КОНТРОЛЬ РАЗМЕРОВ РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫМИ ГОЛОВКАМИ.

8.1. Конструкция и принцип действия рычажно-зубчатой головки.

На рис.4.4 показаны измерительные рычажно-зубчатые головки типов МКМ, ИГРЗ, ИГМ. Головки МКМ и ИГРЗ не имеют указателя поворотов стрелки, перемещение стрелки происходит в пределах ± 50 мм, т.е. диапазон измерения составляет 0,1 мм. Головка ИГМ имеет указатель поворотов, а диапазон измерения составляет ± 1 мм.

На рис.4.5 показана кинематическая схема головки МКМ. При перемещении стержня 1 образуется зазор между верхней частью стержня и малым плечом рычага 2. Большое плечо рычага действует на рычаг 3, который имеет зубчатый сектор 4, зацепляющийся с трибом 5. На оси триба укреплен волосок 6, устраняющий зазор между зубьями триба и зубчатого сектора, а следовательно, воздействующий на рычаг 3 и 2. Таким образом, выбирается зазор между верхней частью измерительного стержня и малым плечом рычага 2 и перемещение измерительного стержня передается указателю 7, который вращается вместе с осью триба 5. Измерительное усилие создается пружиной 8.

Штифт 9 является стопорным устройством,

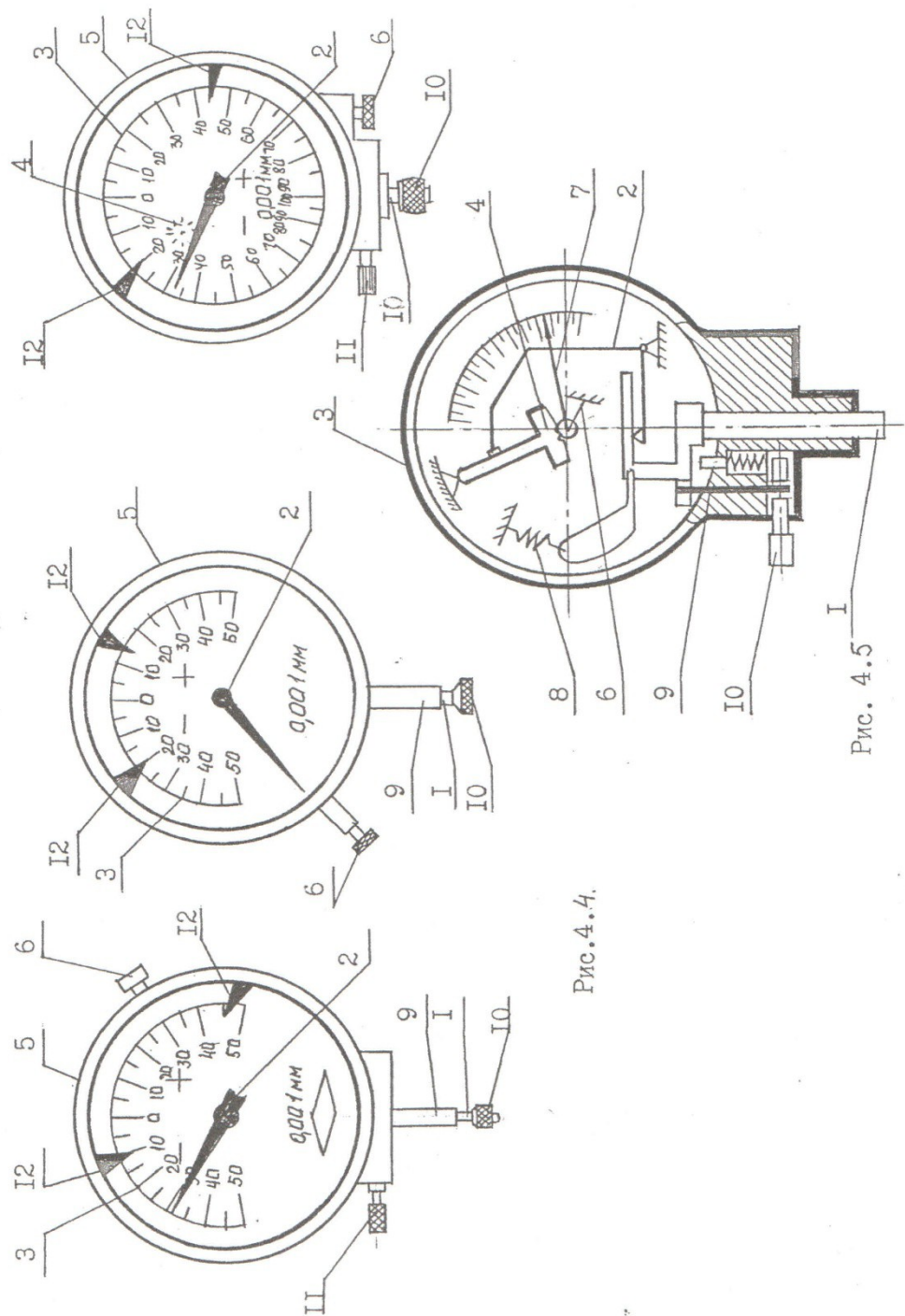


Рис. 4.4.

Рис. 4.5

рычаг 10- арретиром, т.е. устройством, позволяющим приподнимать измерительный стержень для ввода измеряемой детали или блока концевых мер. Цена деления шкалы рычажно-зубчатых головок - 0.001 или 0.002 мм, что позволяет производить измерения с более высокой точностью, чем индикаторами.

8.2. Подготовка к измерениям.

8.2.1. Получить головку, ознакомиться с ее конструкцией и принципом действия.

8.2.2. Определить и записать в таблицу 10.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

8.2.3. Получить измеряемую деталь, ее чертеж, выполнить эскиз детали с указанием проверяемых размеров или допусков формы или расположения поверхностей.

8.2.4. Для измерения плоских деталей выполнить установку головки "на нуль" по блоку концевых мер в полном соответствии с методикой, изложенной в п.5.2.5.

8.2.5. Для определения величин радиального или торцевого биения у деталей цилиндрической формы используют биение-меры. На рис.4.6. показана схема настройки при измерении радиального биения втулки 1, установленной на оправке 2. Оправка устанавливается в центрах 3 и 11. Для установки необходимо отпустить стопор 9 и сместить левую бабку неподвижным центром 11 так, чтобы расстояние между центрами оказалось несколько меньше длины оправки. Затем отвести подвижный центр 3 с помощью рукоятки 4, ввести между центрами оправку со втулкой и вернуть центр, зажав оправку. При этом необходимо следить, чтобы центра вошли в центровые отверстия оправки, не перекашивая её и обеспечивая свободное вращение без зазоров. Затем следует закрепить центр 3 при помощи стопоров 6 и 7.

Фиксатором 8 закрепить штатив 12 с головкой 13 так, чтобы измерительный стержень последней вошел в соприкосновение с измеряемой поверхностью. Головка должна иметь небольшой "натяг" (1-2 оборота стрелки), а стержень должен быть направлен перпендикулярно оси детали или торцу (в зависимости от того, какое биение проверяется). Поворотом шкалы установить головку "на нуль".

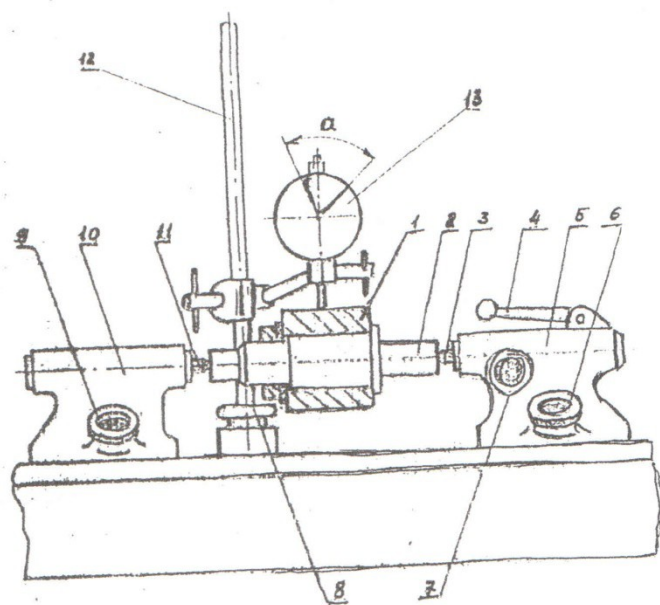


Рис. 4.6

8.3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

8.3.1. При измерении плоских деталей методика измерения аналогична приведенной в пп 5.3.1. и 5.3.2.

8.3.2. При измерении цилиндрических деталей производится определение максимального отклонения вращением детали на 360° , что будет определять значение радиального или торцевого биения.

8.3.3. Занести полученные значения в таблицу 10.3. Провести сравнения с чертежными значениями. Сделать заключения о годности детали.

9. КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ ИНДИКАТОРНЫМ НУТРОМЕРОМ.

9.1. Конструкция и принцип действия индикаторного нутромера.

Измерительным устройством в индикаторном нутромере является индикатор часового типа или рычажно-зубчатые головки типа МКМ, 1ГРЗ, др. В нутромерах обычного типа применяются индикаторы с ценой деления 0.01мм, а нутромерах повышенной точности применяются головки с ценой деления 0,001мм. или 0,002мм.

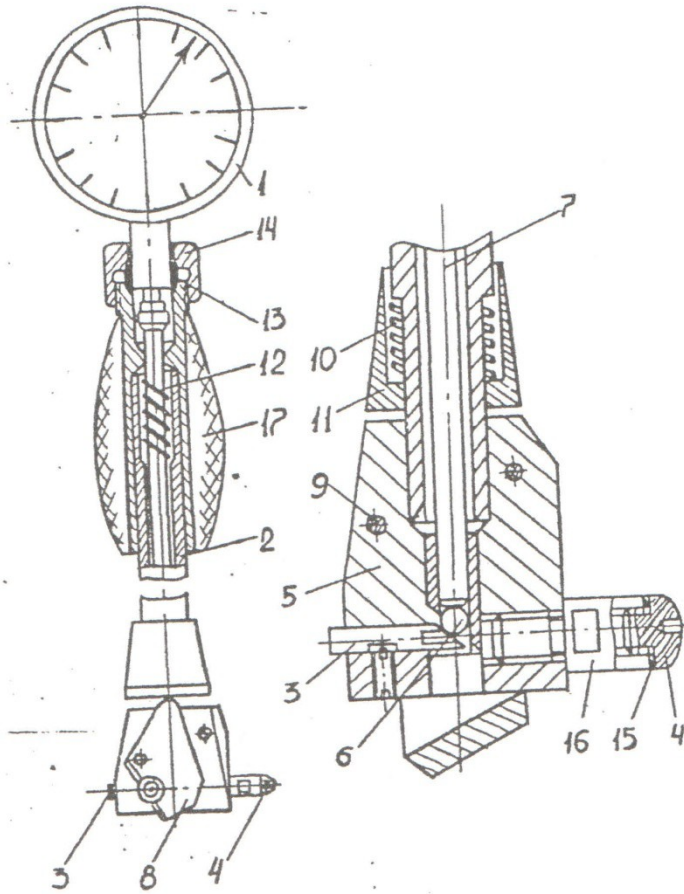
Индикатор устанавливается в трубчатый корпус прибора. На другом конце трубчатого корпуса имеется измерительно-передаточное устройство. Конструкция этого устройства у приборов с различными пределами измерения различна.

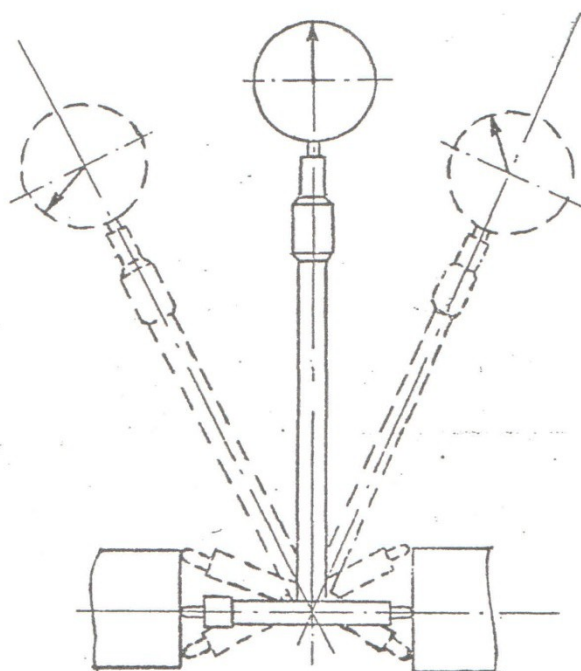
Конструкция индикаторного нутромера с пределами измерения 18-50 мм показана на рис.4.7. Для этого прибора наибольшая глубина измерения равна 140мм, перемещение измерительного стержня от среднего положения равно $\pm 0,5$ мм, предельная погрешность измерения $\pm 0,005$ мм в пределах любого участка перемещения стержня, равного $\pm 0,1$ мм.

Индикатор 1 вставляется в трубку нутромера 2 и закрепляется канговым зажимом, разрезным кольцом 13 и гайкой 14.

Измерительные стержни - подвижный 3 и неподвижный 4 (сменная вставка) расположены в корпусе 5. Измерительный стержень 3 оканчивается клином, который через шарик 6 взаимодействует с центральным стержнем 7. Передаточное отношение этой передачи равно единице.

Центрирующий мостик 8 шарнирно соединен через ось 9 с корпусом 5. Усилие мостика создается пружиной 10, действующей на мостик через колпачек 11.





Измерительное усилие создается индикатором и пружиной 12. К нутромеру прилагаются сменные вставки 4, шайбы 15 и удлинители 16 для набора соответствующих размеров в пределах 18-50 мм.

При измерениях нутромер следует держать за теплоизоляционную ручку 17.

9.2. ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ.

9.2.1. Получить нутромер, ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

9.2.2. Определить и записать в таблицу 10.1. основные данные прибора и его метрологические характеристики.

9.2.3. Получить измеряемую деталь, ее чертеж; выполнить эскиз детали с указанием проверяемых размеров или допусков формы или расположения поверхностей.

9.2.4. Установить прибор на измеряемый номинальный размер (в нулевое положение). Для этого необходимы либо гладкий микрометр с диапазоном измерения, соответствующим проверяемому размеру, либо блок концевых мер с боковиками.

При установке размера с помощью микрометра последний следует закрепить в стойке, установить по шкалам номинальный размер и зажать стопор. Настройка будет более точной, если настраивать микрометр на нужный размер по блоку концевых мер.

Ввести измерительные стержни между пятками микрометра, при этом индикатор при установке "на нуль" должен иметь "натяг", равный 1-2 оборота стрелки.

Стержни нутромера должны быть расположены перпендикулярно к измерительным плоскостям микрометра, что обеспечивается покачиванием нутромера (рис. 4.8). Нулевое положение индикатора соответствует максимальному отклонению стрелки.

9.2.5. При установке нутромера в нулевое положение по блоку концевых мер следует закрепить с боковиками в державке. Ввести между боковиками измерительные стержни, а затем произвести те же манипуляции, что и в п. 9.2.4.

9.3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

9.3.1. Измерить внутренний диаметр детали. Для этого ввести индикаторный нутромер в отверстие, стараясь расположить стержни по диаметру перпендикулярно оси отверстия. Установка по диаметру будет обеспечиваться центрирующим мостиком, а для установки перпендикулярно оси необходимо покачивать нутромер так, как уже говорилось в п. 9.2.4. Определить наибольший отсчет по шкале

индикатора (точка возврата стрелки). Величину отсчета в точке возврата стрелки записать в отчет. Определить величину отклонения "а" проверяемого размера от номинального как разность между показанием индикатора при его установке на номинальный размер и его показанием в проверяемой детали. Следует учесть, что отклонение берется со знаком "+", если стрелка индикатора отклоняется от нуля против часовой стрелки. Отклонения отрицательные, если стрелка отклоняется от нуля по часовой стрелке.

9.3.2. Определить действительное значение размера отверстия по формуле

$$D_d = D_{ном} + a, \text{ мм},$$

где а - отклонение с соответствующим знаком.

9.3.3. Обработать результаты наблюдений в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.3.2. и занести их в таблицу 10.3. Сделать заключение о годности деталей.

10. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.

10.1. Таблица основных данных средств измерения

Прибор		Завод-изготовитель	Заводской номер	Диапазон измерения мм	Цена деления мм	Предельная погрешность измерения мм
Индикатор						
Рычажная скоба						
Рычажный микрометр						
Рычажно-зубчатая головка						
Индикатор-нутромер	индикатор					
	нутромер					

10.2. Эскизы деталей (с указанием проверяемых размеров)

10.3. Результаты измерений.

размер или допуск по чертежу	Результаты наблюдений, мм						Макс. размер	Мин. размер	Разность	Заключе- ния о годнос- ти
	1	2	3	4	5	6	мм	мм	мм	

11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

11.1. Что такое допуск, отклонение, посадка?

Какие бывают посадки?

11.2. Простановка размеров на чертежах. Указания предельных отклонений.

11.3. Какие приборы относятся к группе рычажно-механических?

11.4. Конструкция индикатора часового типа. Метрологические характеристики индикаторов.

11.5. Конструкция рычажного микрометра и его метрологические характеристики.

11.6. Конструкция рычажных скоб и их метрологические характеристики.

11.7. Основные виды измерительных средств для измерения внутренних размеров.

11.8. Что такое индикаторный нутромер? Метрологические характеристики индикаторных нутромеров.

11.9. Особенности измерения внутренних размеров.

11.10. Принципы выбора средств измерения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ИЗМЕРЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

1 Цель работы: Изучение взаимозаменяемости резьбовых соединений; ознакомление с методами и средствами измерения геометрических параметров метрических резьб.

2 Инструменты и материалы

2.1 Резьбовые шаблоны

2.2 Цилиндрические резьбовые калибры

2.3 Резьбовой микрометр со вставками с диапазоном измерения 0-25 мм

2.4 Гладкие микрометры с диапазоном измерения 0-25, 25-50 мм

2.5 Комплект измерительных проволок

2.6 Резьбовые детали для проведения измерений

3 Общие сведения

Для метрической резьбы устанавливаются величины допусков и основные отклонения на средний и наружный диаметр наружной резьбы и средний и внутренний диаметр внутренней резьбы. При этом на средний диаметр устанавливается комплексный допуск, состоящий из допуска на ... собственно средний диаметр и диаметральных компенсаций отклонений шага и половины угла профиля.

Точность резьбы можно контролировать дифференцированным (контроль каждого параметра в отдельности) и комплексным (контроль расположения контура резьбы в предписанном поле допуска) методами. Метод контроля каждого параметра резьбы в отдельности трудоемок, поэтому его применяют для точных резьб: ходовых винтов, резьбовых калибров, метчиков и т.п. Комплексный контроль выполняют либо с помощью предельных калибров, либо с помощью проекторов и шаблонов с предельными контурами.

4 Контроль шага резьбы шаблонами

Шаблоны резьбовые (резьбомеры) представляют собой собранные в наборы стальные пластинки с зубьями стандартных метрических профилей резьбы. Набор маркирован условным обозначением М 60°; в нем собрано 20 шаблонов для шагов от 0,4 до 6 мм. Основные назначения резьбомеров - визуальное определение номинального шага подбором и наложением наиболее подходящего шаблона (рис. 5.1).

5 Комплексный контроль резьбы

Комплексный контроль обеспечивает соблюдение предельных контуров сопрягаемых резьб по длине их свинчивания. При этом одновременно проверяются средний диаметр, шаг, у симметричных резьб половина угла профиля, внутренний и наружный диаметр.

Комплексный контроль производится при помощи резьбовых калибров. Резьбовые калибры, так же как и гладкие пробки и скобы, имеют проходную (ПР) и непроходную (НЕ) стороны. Проходные резьбовые пробки имеют полный профиль резьбы и большую длину. Непроходные — укороченные профиль и длину. Непроходные кольца также короче и имеют по середине выточку.

Калибры применяют не только в массовом и крупносерийном производстве, но и мелкосерийном и индивидуальном производствах, т.к. дифференцированный контроль сложен. На рис. 5.2 приведены образцы резьбовых калибров. Проходная сторона (ПР) при завинчивании должна свободно свинчиваться с проверяемой поверхностью контролируемого размера, а непроходная сторона НЕ не должна с ней свинчиваться. Допускается свинчивание на одну-две нитки с торца детали.

6 Дифференцированный (поэлементный) контроль параметров резьбы

6.1 Метод трех проволок. Этот метод применяется для измерения среднего диаметра наружной резьбы. Он является косвенным методом, т.к. по результатам измерения необходимо вычислять определяемый средний диаметр. Измерение базируется на определении среднего диаметра как диаметра воображаемого кругового цилиндра, образующая которого пересекает витки резьбы так, что толщина витка в сечении, проходящем через ось резьбы, равна ширине впадины.

Проволочки закладываются во впадины резьбы, и с помощью универсальных контактных приборов измеряют размер М (см.рис. 5.3). Диаметр проволок должен выбираться таким, чтобы касание проволок профилем резьбы происходило в зоне среднего диаметра. Этому условию для метрических резьб отвечают проволочки с наивыгоднейшим диаметром

$$d_n = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (5.1)$$

где P — шаг резьбы, а α — угол профиля, равный 60° .

Таким образом, для метрической резьбы

$$d_n = 0,577 P.$$

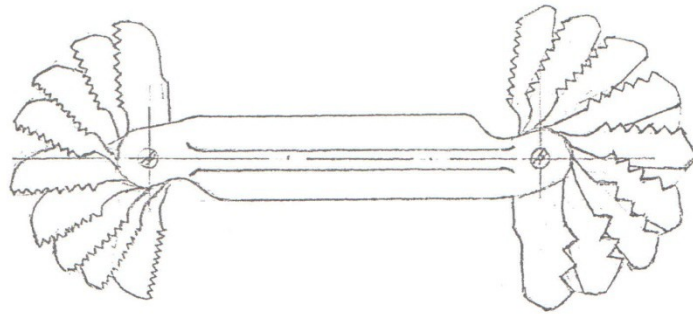


Рис. 5.1

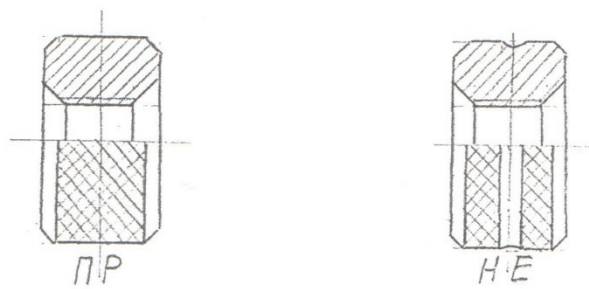
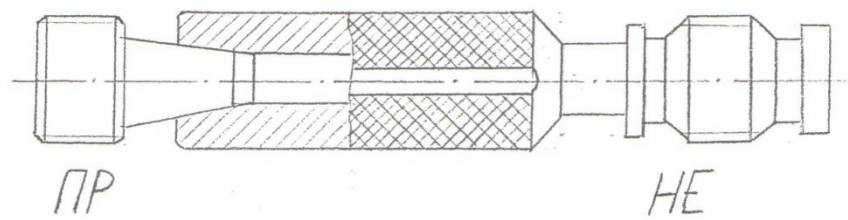


Рис. 5.2

Средний диаметр метрической резьбы можно вычислить по формуле

$$d_2 = M - 3 d_n + 0,866 P. \quad (5.2)$$

Проволочки поставляются комплектами из трех штук классами точности 0 и I и могут иметь три конструктивные модификации: тип I - гладкие, тип II - ступенчатые, тип III - ролики (для трапецеидальной и упорной резьбы).

К проволочкам предъявляются высокие требования по точности. Так, для проволочек диаметром 3,464 мм ($P = 6$ мм) класса I допускаемые отклонения размера $\pm 0,5$ мкм, допуск круглости 0,8 мкм, допуск цилиндричности 1,0 мкм.

6.2 Подготовка к измерениям

6.2.1 Выполнить эскиз измеряемого изделия. Записать в таблицу отчета основные данные измеряемой резьбы по ГОСТ 8724-81 и ГОСТ 24705-81.

6.2.2 Вычислить диаметр проволочек наивыгоднейшего диаметра по формуле 5.1 и подобрать проволочки. В случае отсутствия этих проволочек подобрать проволочки ближайшего большего диаметра. Записать данные проволочек и применяемого микрометра в таблицу отчета.

6.2.3 Закрепить микрометр в стойке так, чтобы линия измерения была расположена вертикально, а неподвижная пятка находилась бы внизу.

6.2.4 Проверить установку микрометра на нуль.

6.3 Порядок проведения работы

6.3.1 Вложить две проволочки в соседние впадины резьбы измеряемой детали и прижать их к неподвижной пятке. Вращая микрометрический винт, подвести его измерительную поверхность почти вплотную к детали и ввести сверху во впадину резьбы, расположенную против первых двух проволочек, третью проволочку. Вращением микрометрического винта привести, с небольшим усилием, измерительную поверхность подвижной пятки в соприкосновение с поверхностью проволочки. Проволочки должны касаться поверхности впадин своими рабочими участками. Отсчет по микрометру полученного размера M записать в таблицу отчета.

6.3.2 Произвести восемь замеров размера M , проворачивая деталь вокруг оси и переставляя проволочки по длине резьбового участка. Найти наибольшее и наименьшее значение M и определить действительные значения верхнего и нижнего отклонения среднего диаметра d_2 путем вычисления по формуле 5.2.

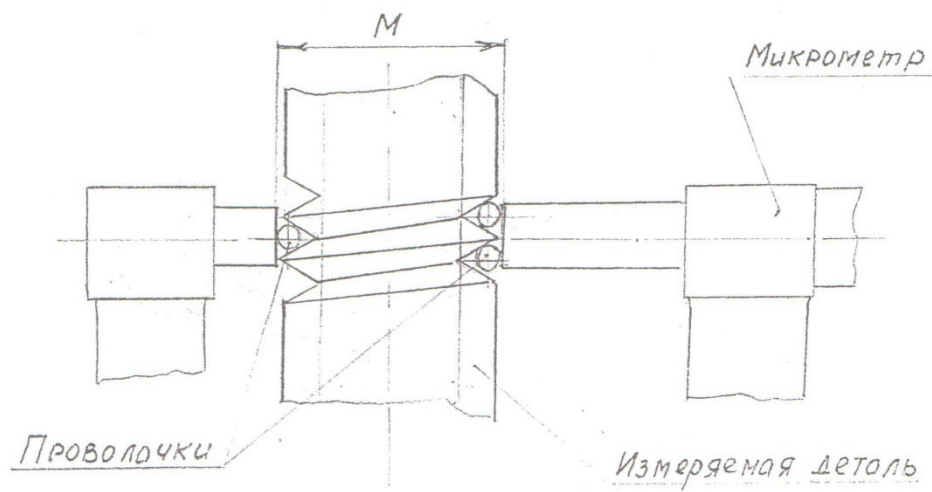
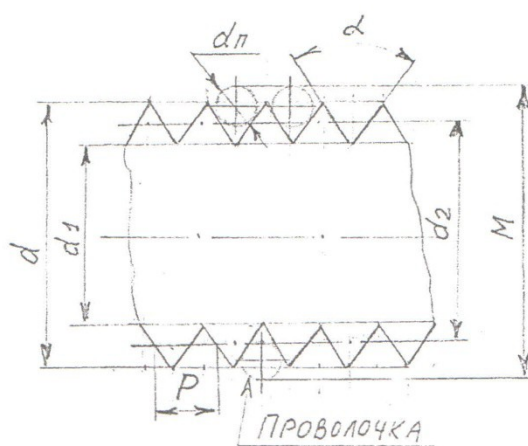
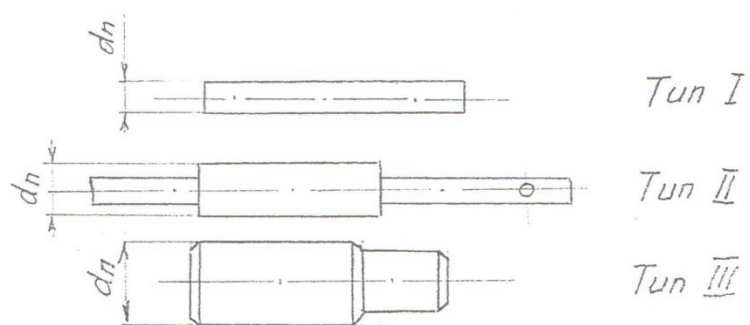


Рис. 5.3

6.3.3 Дать заключение о годности среднего диаметра резьбы путем сравнения его действительного значения со стандартным.

6.4 Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром

6.4.1 Резьбовой микрометр. Резьбовой микрометр МВМ для метрической резьбы со вставками (см. рис. 5.4 а) применяется для измерения среднего диаметра. Микрометры комплектуются набором призматических и конических вставок (рис. 5.4 б). В зависимости от диапазона измерения (0-25, 25-50 и т.д.) набор включает от 7 до 2 пар вставок. Вставки выбираются в соответствии с шагом резьбы (по маркировке и таблице, имеющейся в наборе). Конструкция резьбового микрометра аналогична конструкции гладкого микрометра, но положение пятки может регулироваться для установки микрометра "на нуль".

6.5 Подготовка к измерениям.

6.5.1 Ознакомиться с устройством и работой резьбового микрометра. Определить и записать в отчет основные данные инструмента.

6.5.2 Подобрать пару вставок согласно шагу измеряемой резьбы. Шаг резьбы можно определить резьбόμεром или замером штангенциркулем длины резьбовой части с целым числом витков и последующим делением длины на число витков. Коническую вставку вставить в отверстие микрометрического винта, призматическую - в отверстие пятки.

6.5.3 Выставить микрометр в нулевое положение.

Для этого отвести призматическую пятку и перемещением микровинта установить микрометрическую головку "на нуль". Пятку с призматической вставкой перемещать до контактирования с конусной вставкой (при диапазоне измерения 0-25 мм) или установочной мерой. Пятку перемещать с помощью гаек, расположенных с обеих сторон пятки. Доведя до соприкосновения, отвести микрометрический винт и проверить установку микрометра в нулевое положение.

6.5.4 Выполнить эскиз детали и занести в таблицу отчета данные измеряемой резьбы.

6.6 Порядок проведения работы

6.6.1 Закрепить микрометр в стойке. Развести вставки на такое расстояние, при котором деталь будет входить между ними с небольшим трением так, как показано на рис. 5.4 в. Следить за тем, чтобы ось резьбы была перпендикулярна оси микровинта.

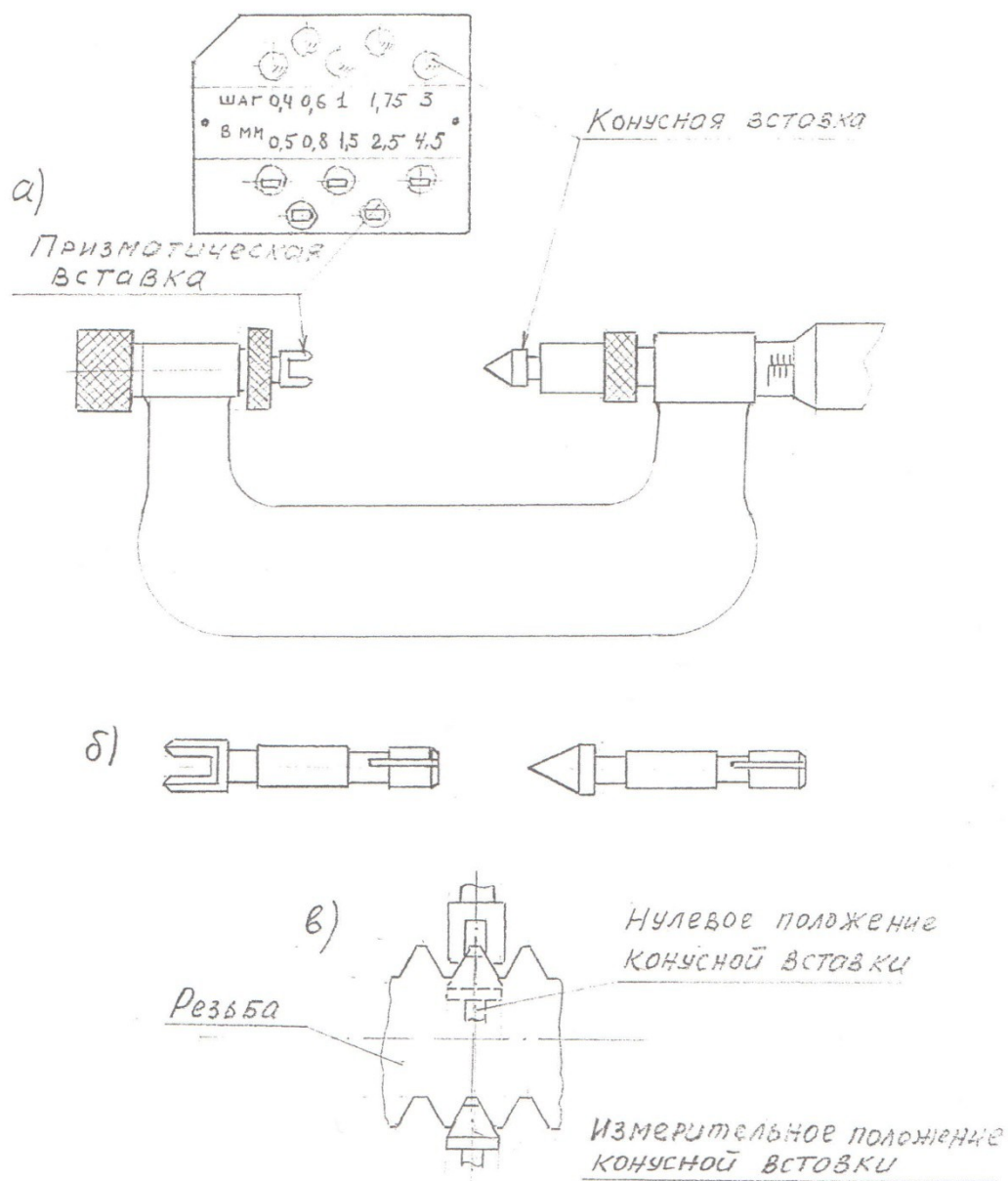


Рис. 5.4

6.6.2 Произвести восемь замеров среднего диаметра d_2 , проворачивая деталь вокруг оси и переставляя микрометр по длине резьбового участка. Найти наибольшее и наименьшее действительное значение d_2 . Результаты записать в таблицу отчета.

6.6.3 Дать заключение о годности среднего диаметра, сопоставляя его действительные значения со стандартными.

7 Содержание отчета

7.1 Эскиз измеряемой детали

7.2 Основные параметры резьбы

Обозначение резьбы по чертежу		
Номинальные размеры	Средний диаметр, мм	d_2
	Шаг, мм	p
	Угол профиля	α
	Наружный диаметр, мм	d
	Внутренний диаметр, мм	d_1
	Верхнее отклонение ср.диаметра, мм	es
	Нижнее отклонение ср.диаметра, мм	ei
	Наибольший предельный ср.диаметр, мм	$d_{2\max}$
	Наименьший предельный ср.диаметр, мм	$d_{2\min}$

7.3 Таблица основных данных инструментов

Инструмент	Завод-изготовитель	Заводской номер	Диапазон измерения, мм	Цена деления, мм	Пределы допускаемой погрешности, мм
Микрометр гладкий					
Микрометр резьбовой					
Проволочки	Диаметр -				

7.4 Результаты измерений

Метод измерения	Значение среднего диаметра по чертежу	Результаты замеров								Макс. действ. размер d_2	Мин. действ. размер d_2	Заключение о годности
		1	2	3	4	5	6	7	8			
Метод трех проволок												
Резьбовым микрометром												

8 Контрольные вопросы

- 8.1 Основные параметры метрических резьб
- 8.2 Допуски и посадки метрических резьб
- 8.3 Обозначение резьб на чертежах
- 8.4 Комплексный и дифференцированный методы измерения резьб. Преимущества и недостатки.
- 8.5 Измерение среднего диаметра методом трех проволок.
- 8.6 Измерение среднего диаметра резьбовым микрометром.
- 8.7 Резьбовые шаблоны. Конструкция и назначение.
- 8.8 Резьбовые калибры. Конструкция и назначение.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

I Цель работы: Изучение основных норм взаимозаменяемости цилиндрических зубчатых колес. Ознакомление с методами и средствами измерения цилиндрических зубчатых колес.

2 Инструменты и материалы

- 2.1 Зубомерный микрометр (нормалемер)
- 2.2 Шагомер для контроля шага зацепления
- 2.3 Шагомер для контроля окружного шага
- 2.4 Тангенциальный зубомер
- 2.5 Штангензубомер
- 2.6 Детали (зубчатые колеса) для проведения измерений

3 Общие сведения

3.1 Зубчатая передача представляет собой сложную кинематическую пару, точность которой должна быть обеспечена многими параметрами. От точности зубчатых передач зависят такие показатели работы машин, как плавность и бесшумность хода автомобиля, передача больших крутящих моментов в тракторе, обеспечение точного передаточного отношения в механизмах газораспределения двигателей и т.п. Увеличение скоростей и нагрузок, повышение требований к надежности и долговечности вызывают необходимость повышения точности зубчатых передач. В зависимости от основных требований, предъявляемых к этим передачам, они условно разделяются на три группы: отсчетные, скоростные и силовые. К отсчетным передачам предъявляются повышенные требования к кинематической точности (согласованное вращение ведущих и ведомых колес); скоростные передачи должны обеспечивать плавность работы, т.е. способность работать без шума и вибраций; силовые передачи должны обеспечивать полноту контакта активных поверхностей зубьев с целью передачи высоких нагрузок.

В соответствии с этими эксплуатационными требованиями все параметры точности разделяются на три группы норм точности. Параметры, обес-

печивающие: кинематическую точность ; плавность работы, контакт зубьев. Стандартами устанавливаются численные значения норм (допусков) точности в зависимости от степени точности (от 3-й до 12-й).

Кроме того, для зубчатых передач установлены виды сопряжений, определяющие нормы бокового зазора. Боковой зазор предназначен для создания необходимых условий смазки зубьев, компенсации погрешностей монтажа и температурных деформаций. Виды сопряжений - А, В, С, Д, Е, Н - определяют величину минимального (гарантированного) бокового зазора, а виды допусков - $\alpha, \beta, c, d, h, x, y, z$ - указывают предельные значения бокового зазора.

В каждую группу норм точности входит ряд параметров, на которые установлены значения допусков в зависимости от степени точности или вида сопряжения. При контроле зубчатых передач (колес) проверяются некоторые из этих параметров. Перечень этих параметров зависит от выбранного контрольного комплекса. В зависимости от контролируемых параметров выбирается метод и средство измерения.

3.2 Зубоизмерительные приборы. Для измерения зубчатых колес обычно применяются специальные зубоизмерительные приборы. В зависимости от вида измеряемых колес условное обозначение приборов начинается с буквы: С - для цилиндрических колес, К - для конических, Г - червячных, З - червяков, Р - для разных других конструкций. В зависимости от измеряемого параметра приборы делятся на 14 групп. Например, группа 1 - приборы для измерения кинематической погрешности, группа 2 - для измерения шага, группа 3 - для измерения радиального биения зубчатого венца и т.д.

Зубоизмерительные приборы выполняются двух типов: станковые - С, на которые устанавливаются зубчатые колеса при измерении ; накладные - М, устанавливаемые на зубчатое колесо.

В зависимости от размеров контролируемых колес приборы разделяются на типоразмеры: Ц, 02, 03 - для колес с $m < 1$ мм, 1, 2, 3, 4 - для колес с $m \geq 1$ мм.

По точности зубоизмерительные приборы делятся на три класса: А - приборы повышенной точности (для измерения колес 3-й степени точности и ниже) ; АВ - приборы нормальной точности (для измерения колес 5-й степени точности и ниже) ; В - приборы пониженной точности (для колес 7-й степени точности).

Например, условное обозначение станкового прибора для измерений цилиндрических зубчатых колес с $m \geq 1$ мм по параметру кинематической точности, класса точности А - С - S1-1-A.

4 Контроль параметров кинематической точности. Измерение колебания длины общей нормали.

4.1 Колебание длины общей нормали является одним из параметров кинематической точности зубчатых колес, характеризующим составляющую кинематической погрешности, зависящую от неточностей цепи обката зубообрабатывающего станка.

Длиной общей нормали называется расстояние между двумя параллельными прямыми охватывающими губками, касательными к двум разноименным профилям зубьев. При этом между губками располагается

$Z_n = 1/9 Z + 0,5$ зубьев, где Z - число зубьев колеса (рис. 6.1).

Номинальное значение длины общей нормали для прямозубых колес можно вычислить по формуле

$$W = m \cdot \cos \alpha [\pi (Z_n - 0,5) + 2x \operatorname{tg} \alpha + Z \cdot \operatorname{inv} \alpha], \quad (6.1)$$

где m - модуль зубчатого колеса ;

x - коэффициент корригирования ;

α - угол исходного контура ;

$\operatorname{inv} \alpha$ - инволюта угла α .

Для некорригированных колес с углом исходного контура $\alpha = 20^\circ$ формула 6.1 примет вид:

$$W = m [2,952 (Z_n - 0,5) + 0,015 Z]. \quad (6.2)$$

Значение W можно определить также по таблицам [6].

Колебание F_{vwz} длины общей нормали - разность между наибольшей и наименьшей действительными длинами общей нормали в одном колесе

$$F_{vwz} = W_{\text{наиб}} - W_{\text{наим}}. \quad (6.3)$$

Допуск F_{vw} на колебание длины общей нормали зависит от размера делительного диаметра и степени точности зубчатого колеса [3].

4.2 Для контроля длины общей нормали используются различные инструменты и приборы. Схемы измерения с их использованием показаны:

- на рис. 6.2 а - жесткие калибры ;
- на рис. 6.2 б - микрометрические нормалемеры ;
- на рис. 6.2 в - индикаторные нормалемеры ;
- на рис. 6.2 г - станковые приборы.

Товарные знаки инструментальных заводов



Московский инструментальный завод «Калибр»



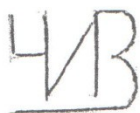
Ставропольский инструментальный завод



Кировский инструментальный завод «Красный инструментальщик»



Ленинградский инструментальный завод



Челябинский инструментальный завод

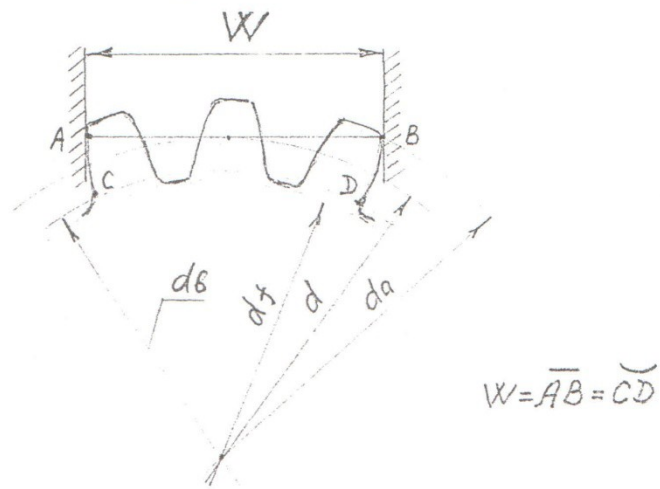


Рис. 6.1

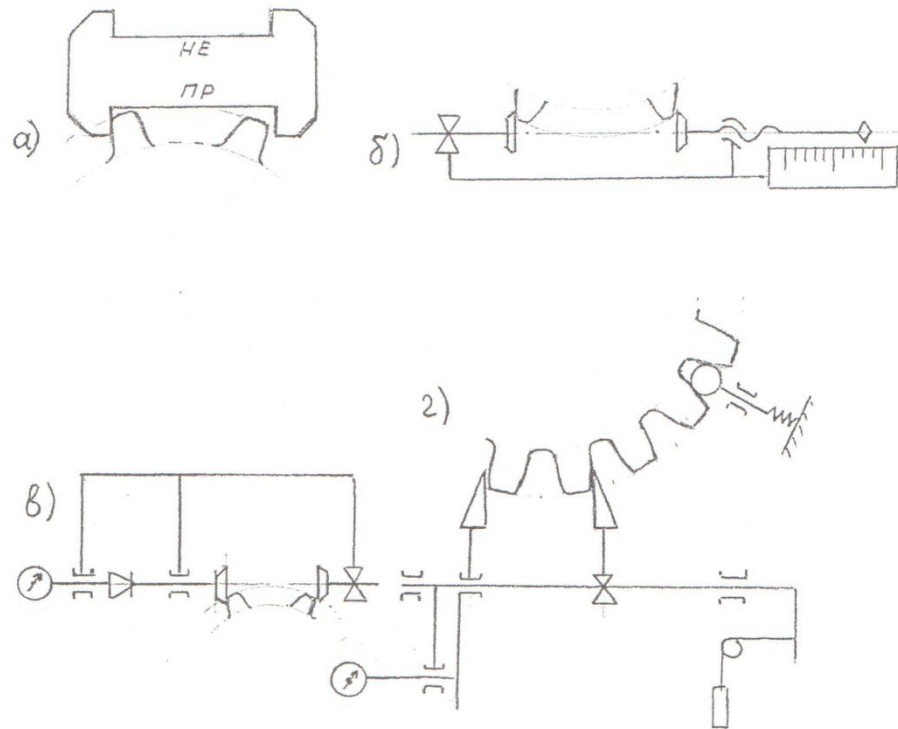


Рис. 6.2

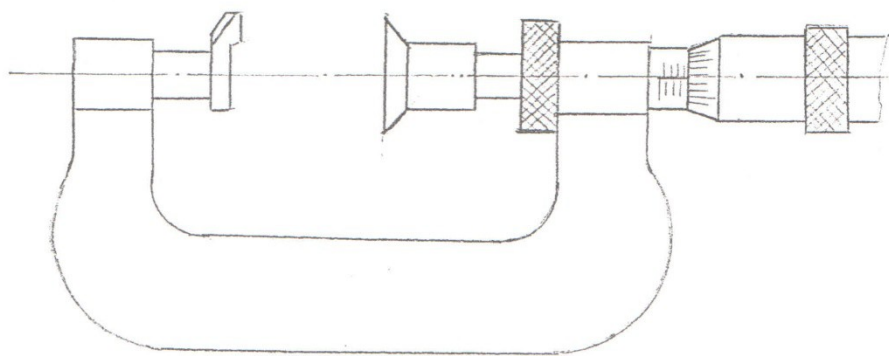


Рис. 6.3

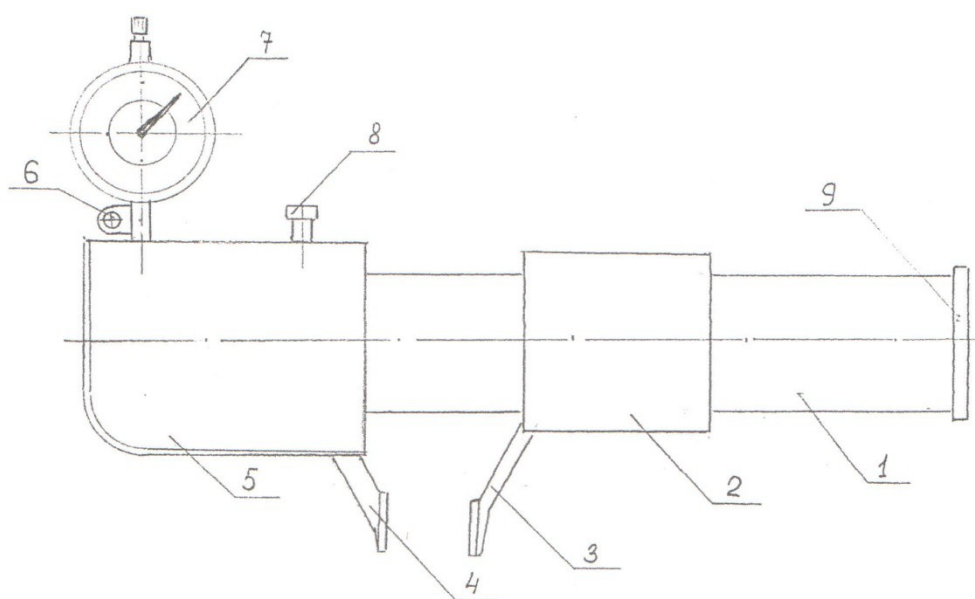


Рис. 6.4

Для контроля ответственных зубчатых колес и в процессе ремонта при дефектации можно применять штангенциркули с ценой деления 0,05 мм

Широкое распространение получили микрометрические нормалемеры (зубомерные микрометры МЗ), которые имеют специальные плоские губки, вводимые во впадины зубьев (рис. 6.3). Они выпускаются для измерения длины общей нормали по диапазонам:

0-25, 25-50, 50-75 мм (с ценой деления 0,01 мм) ;
57-100 мм (с ценой деления 0,02 мм).

Для более точных измерений применяется индикаторный нормалемер КН (цена деления 0,002 мм), а также рычажный микрометр-нормалемер МРЗ (цена деления 0,001 мм).

Внутри корпуса 5 (рис. 6.4), закрепленного на конце круглой штанги 1, помещен угловой рычаг с отношением плеч 1 : 2, передающий перемещение подвижной измерительной губки 4 индикатору 7. Вторая измерительная губка 3 вместе со втулкой 2 может быть перемещена по штанге и закреплена в любом положении.

Микрометрическим нормалемером производятся абсолютные измерения, индикаторным - относительные, т.е. перед измерением его необходимо установить на номинальный размер W при помощи концевых мер.

4.3 Подготовка к измерениям

4.3.1 Получить приборы, ознакомиться с их конструкцией и принципом действия.

4.3.2 Определить и записать в таблицу 7.1 основные данные приборов и их метрологические характеристики.

4.3.3 Получить измеряемое колесо, сделать его эскиз, определить число зубьев Z_n .

4.3.4 Определить по формуле 6.2 или по таблице [6] номинальное значение длины общей нормали, а также значение допуска $F_{\alpha W}$.

4.3.5 Подготовить прибор к работе. Индикаторный нормалемер установить "на нуль" по блоку концевых мер, размер которого равен номинальному значению W . Проверить установку "на нуль" микрометрического нормалемера.

4.4 Порядок проведения работы

4.4.1 Произвести измерения длины общей нормали и колебания этой длины путем определения разницы между наибольшим и наименьшим значениями отсчета. При этом необходимо сделать не менее пяти измерений по всей окружности колеса.

4.4.2 При измерении микрометрическим инструментом значения W

определяются непосредственно по шкалам. При измерении индикаторным нормалемером значение длины общей нормали определяется по формуле

$$W = A + a, \quad (6.4)$$

где A - размер блока концевых мер

a - показание индикатора с соответствующим знаком.

4.4.3 Данные отсчетов и результаты вычислений занести в таблицу 7.2.2. Дать заключение о годности колеса путем сопоставления действительного значения F_{vwz} с допуском F_{vw} .

б Контроль параметров плавности работы

5.1 Измерение отклонений основного шага

Основной шаг (шаг зацепления) P_B - это кратчайшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум одноименным активным боковым поверхностям соседних зубьев колеса. Отклонением $f_{P_{Bz}}$ основного шага называется разность между действительным и номинальным значениями основного шага. Отклонение $f_{P_{Bz}}$ ограничивается верхним $+f_{pe}$ и нижним $-f_{pe}$ предельными отклонениями (рис. 6.5). Номинальное значение основного шага можно определить по формуле

$$P_B = P_t \cos \alpha = \pi m \cos \alpha = 2,952 m, \quad (6.5)$$

где P_t - окружной шаг,

α, m - см. формулу 6.1.

5.2 Измерение отклонения основного шага производится шагомерами для контроля шага зацепления. Шагомеры изготавливают двух типоразмеров: для контроля зубчатых колес с модулями от 1,75 до 10 мм и для колес с модулями от 8 до 16 мм. На рис. 6.6 показана схема измерения отклонения основного шага при помощи тангенциального шагомера. На рис. 6.7 а показана конструкция этого шагомера. Измерительный накопчик 1 подвешен на плоских пружинах и его перемещение передается индикатору 2. Координирующий наконечник 3 может быть установлен относительно корпуса прибора вращением винта 4. Прибор настраивают по блоку концевых мер, размер которого равен номинальному значению

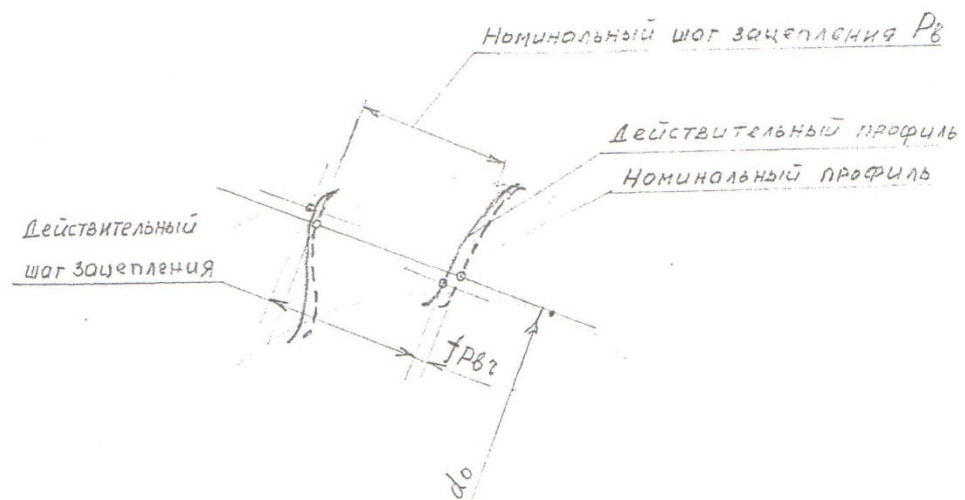


Рис 6.5

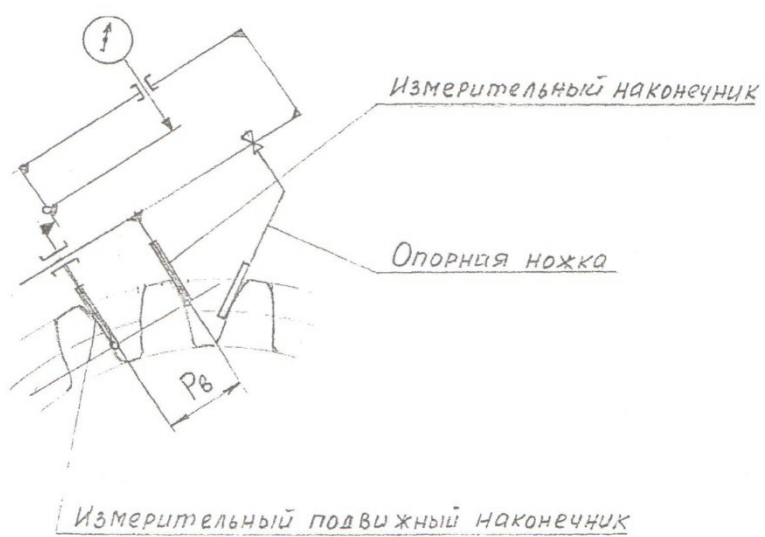


Рис. 6.6

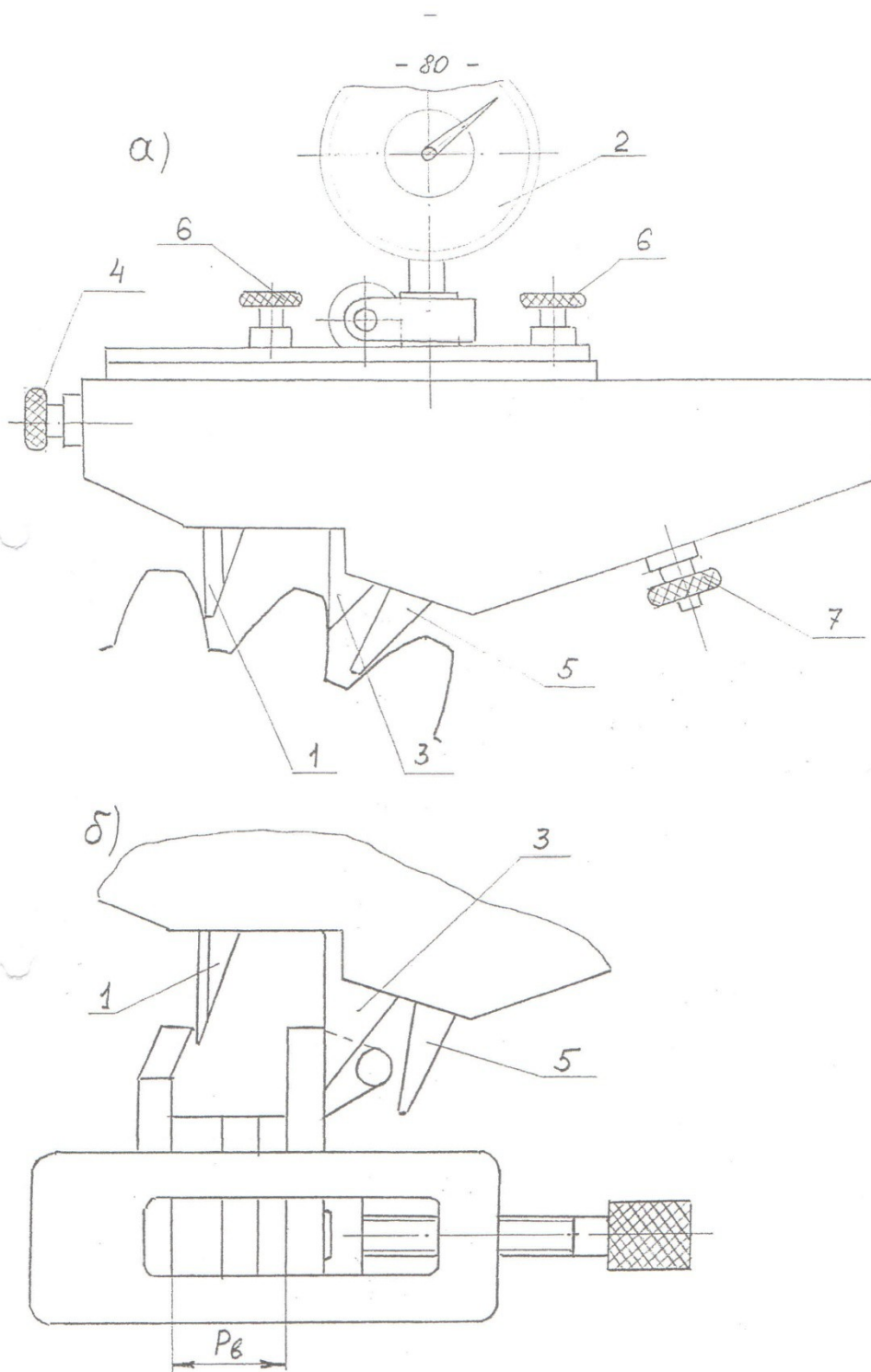


Рис. 6.7

основного шага. Опорная ножка 5 обеспечивает наибольшее заглубление линии измерения.

5.3 Подготовка к измерениям

5.3.1 Получить прибор, ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

5.3.2 Определить и записать в таблицу 7.3.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

5.3.3 Составить блок концевых мер по номинальному размеру основного шага P_B (см. формулу 6.5) контролируемого колеса. Блок с притертыми Г-образным и вильчатым боковиками закрепить в державке. Державку с блоком мер и боковиками закрепляют в стойке. Координирующий наконечник 3 ввести (рис. 6.7 б) в контакт с вильчатым боковиком, а измерительный наконечник 1 вращением винта переместить до соприкосновения с Г-образным боковиком, добиваясь чтобы стрелка индикатора находилась в пределах 1-2 оборотов. После установки измерительных наконечников закрепить передвигающую планку и вращением гайки 7 переместить опорную ножку 5, которая должна упираться в противоположный профиль впадины для фиксирования положения шагомера на колесе.

Установить индикатор "на нуль".

5.4 Порядок проведения работы

5.4.1 Расположить прибор относительно измеряемого колеса так, чтобы измерительный 1 и координирующий 3 наконечники касались боковых сторон двух смежных зубьев. Опорную ножку 5 привести в соприкосновение с противоположной стороной третьего зуба, перемещая его вращением гайки 7 и обеспечивая устойчивое положение прибора.

5.4.2 Снять отсчет по шкале индикатора и записать в таблицу 7.3.2. Последовательно поворачивая колесо, произвести аналогичным образом еще четыре измерения. Определить максимальные положительные и отрицательные (в зависимости от знака отклонения) значения $f_{p\epsilon z}$.

5.4.3 Найти по стандарту значения предельных отклонений $\pm f_{p\epsilon}$, сравнить с действительными значениями и сделать вывод о годности колеса по этому параметру.

5.5 Измерение отклонения окружного (углового) шага

5.5.1 Окружной (угловой) шаг $P_{\epsilon t}$ — расстояние между одноименными профилями двух соседних зубьев, измеренное по делительной окружности или окружности ей концентричной. Отклонение окружного шага $f_{p\epsilon t}$ — это кинематическая погрешность зубчатого колеса при его повороте на один

номинальный угловой шаг (см. рис. 6.8 а) Установлены верхнее и нижнее предельные отклонения окружного (углового) шага $\pm f_{pt}$. В колесах, получаемых методом обката, отклонение f_{pt} зависит главным образом от погрешностей нарезающего инструмента.

5.5.2 Измерения отклонения окружного шага производятся также шагомерами (накладными и станковыми). Конструкция накладного шагомера ЗШР приведена на рис. 6.8 г. Неподвижный (переставной) наконечник 1, перемещается относительно корпуса 2 и закрепляется винтом 3. Подвижный измерительный наконечник 4 укреплен на подвеске 5 и через угловой рычаг 6 передает движение индикатору 7 фиксирующему отклонения равномерности шага. Опорные ножки 8 перемещают и закрепляют стопорными винтами 9. Они необходимы для базирования шагомера относительно зубчатого колеса.

5.6 Подготовка к измерениям

5.6.1 Получить шагомер, ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

5.6.2 Определить и записать в таблицу 7.3.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

5.6.3 Вставить индикатор в державку прибора и закрепить его винтом при среднем положении подвижного измерительного наконечника и стрелок индикатора, находящихся в пределах нормированного участка. Это достигается перемещением индикатора вдоль оси и установкой шкалы "на нуль".

5.6.4 Переместить наконечник I до совпадения штриха, нанесенного на нем, со штрихом шкалы, соответствующим модулю контролируемого зубчатого колеса.

5.6.5 Произвести базирование шагомера относительно зубчатого колеса согласно принципиальной схеме на рис. 6.6. Для этого измерительные наконечники довести до соприкосновения с одноименными профилями зубьев примерно до делительной окружности. Затем опорные ножки последовательно устанавливаются перемещением в своих пазах и пазах корпуса до соприкосновения закругленной частью с выступами зубьев. Положение ножек фиксировать стопорными винтами.

5.7 Порядок проведения работы

5.7.1 Опереть шагомер на контролируемое колесо, добиваясь плотного соприкосновения запрессованных в выступы передних опорных ножек с торцом зубчатого венца и контактирования их закругленной части с окружностью выступов. Корректировать установку индикатора "на нуль".

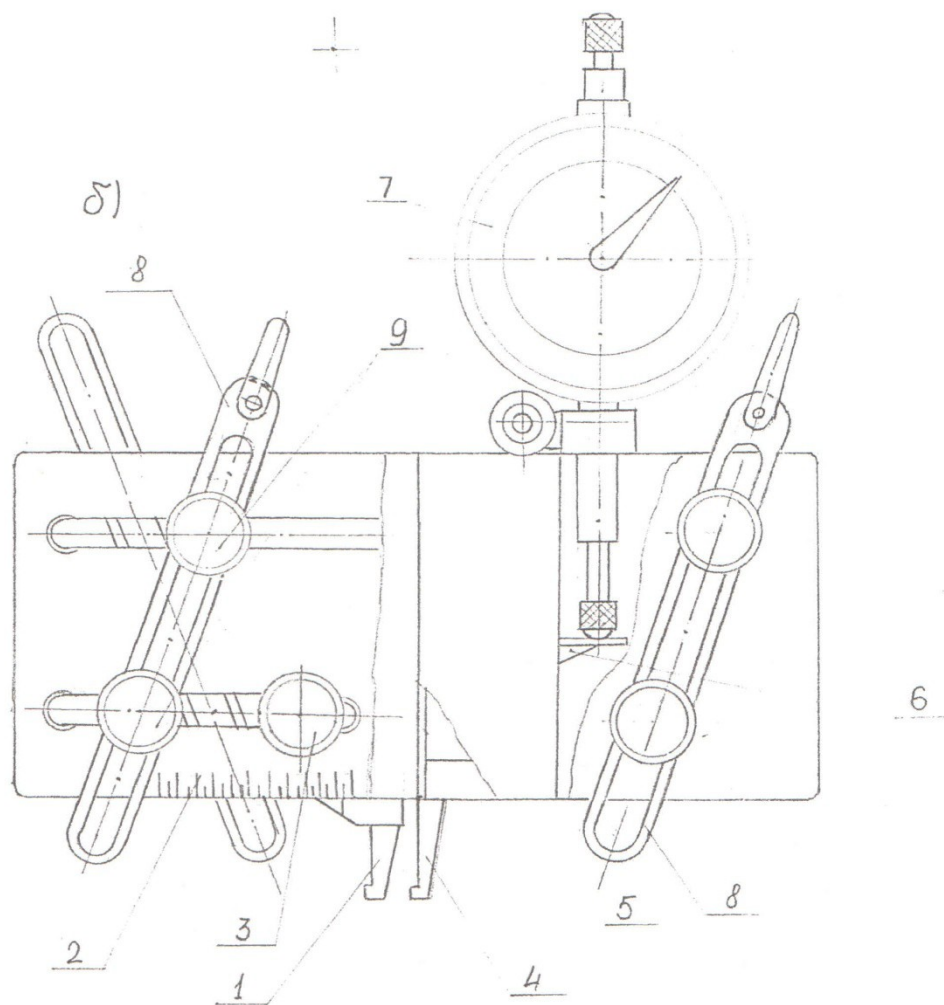
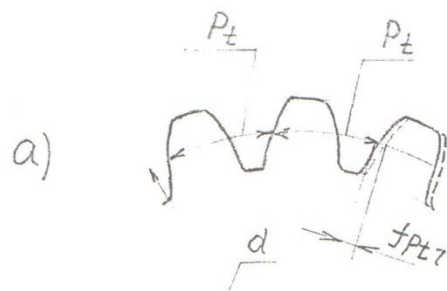


Рис. 6.8

5.7.2 Последовательно переносить шагомер с одной пары зубьев на соседнюю, фиксируя при этом отклонения. Записывать показания индикатора в таблицу 7.4 .

5.7.3 Определить максимальное значение отклонения окружного шага $f_{pt} \max$. Дать заключение о годности колеса по данному параметру, сравнивая это значение со стандартными значениями предельных отклонений $\pm f_{pt}$.

6 Контроль параметров бокового зазора

6.1 Измерение смещения исходного контура

6.1.1 В зубчатых передачах тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин должен быть определенный гарантированный боковой зазор $j_n \min$. Он обеспечивается путем радиального смещения в тело колеса исходного контура рейки (зуборезного инструмента). Его можно определить через наименьшее дополнительное смещение исходного контура для внешнего зацепления - $E_{n\delta}$ и допуск на смещение исходного контура T_n (рис. 6.9 а). Величина смещения определяется видом сопряжения, степенью точности и размером делительного диаметра.

6.1.2 Измерение смещения исходного контура производится чаще всего тангенциальными зубомерами ЗТ, которые предназначены для сравнительного определения смещения исходного контура относительно оси.

Прибор состоит из корпуса I (рис. 6.9 б), вдоль которого могут перемещаться измерительные губки 2 при помощи винта 3. В корпусе симметрично относительно губок закрепляется при помощи хомута 4 индикатор 5 с удлиненным измерительным стержнем 6. Прибор настраивается в соответствии с модулем колеса по специальным установочным калибрам - роликам 7, набор которых входит в комплект прибора.

6.2 Подготовка к измерениям

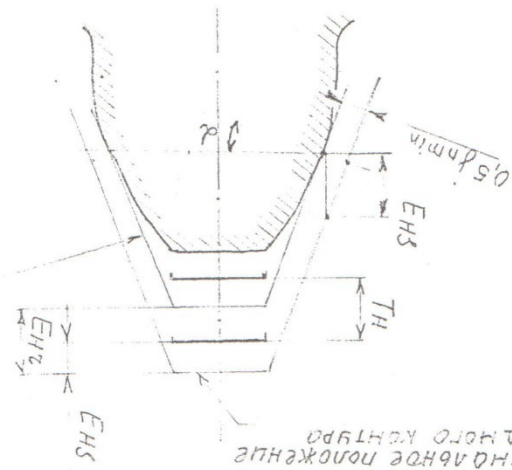
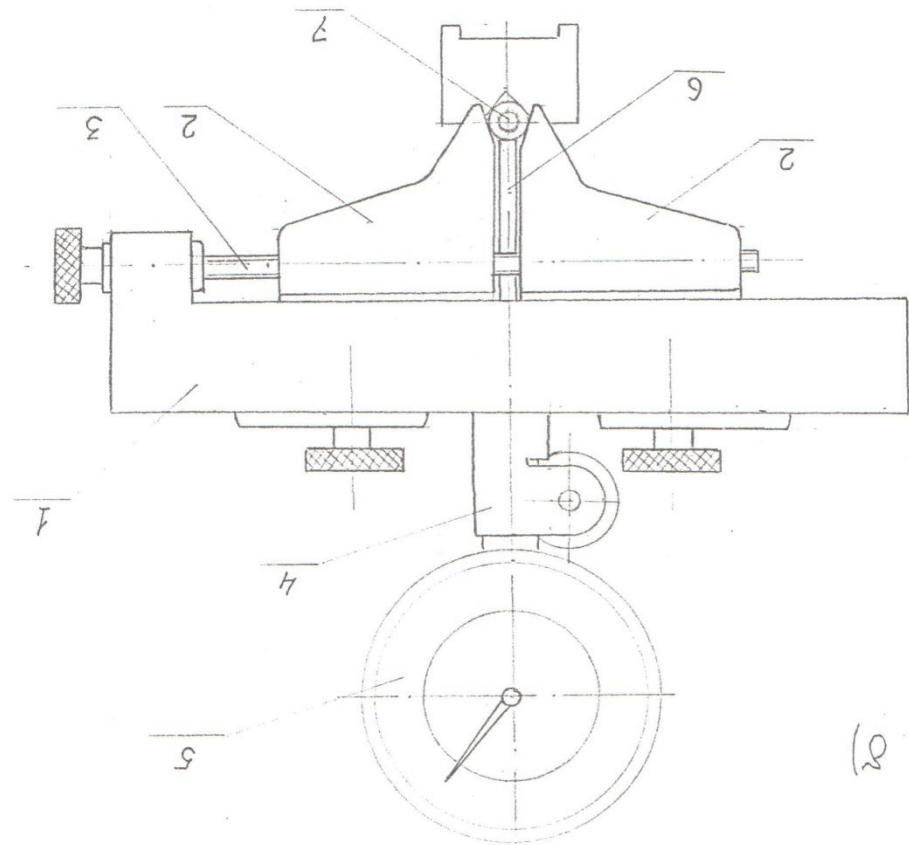
6.2.1 Получить зубомер, ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

6.2.2. Определить и записать в таблицу 7.5.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

6.2.3 Вставить индикатор в прибор и закрепить его хомутом.

6.2.4 Положить на призму ролик (рис. 6.9 в), соответствующий модулю измеряемого колеса. Этот ролик заменяет контур зуба номинального размера.

Рис. 6.9



Детальное изображение

Нормальное положение
устройства

6.2.5 Установить прибор губками на ролик и отрегулировать их положение так, чтобы они касались ролика примерно в средней части. После этого закрепить губки гайками.

6.2.6 Отрегулировать положение индикатора таким образом, чтобы его стрелка сделала 1-2 оборота, после чего установить её на "нуль".

6.3 Порядок проведения работы

6.3.1 Установить прибор на зуб измеряемого колеса и покачиванием определить направление и наибольшую величину отклонения. При этом следует иметь в виду, что перемещение стрелки индикатора вправо от нуля (по часовой стрелке) указывает на смещение исходного контура "в тело" колеса и наоборот.

6.3.2 Произвести пять аналогичных измерений, устанавливая зубомер равномерно по окружности колеса и занося результаты замеров в таблицу 7.5.2.

6.3.3 Определить годность колеса. Для этого необходимо, чтобы максимальное значение действительного отклонения исходного контура E_{H2} находилось в пределах

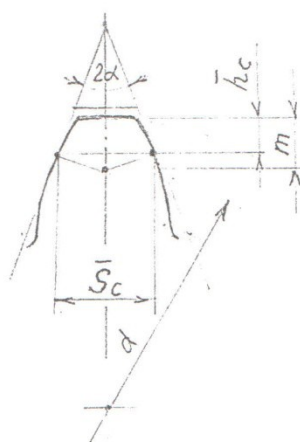
$$E_{H5} \leq E_{H2} \leq E_{H5} + T_H.$$

6.4 Измерение толщины зуба по постоянной хорде

6.4.1 Толщина зуба цилиндрических колес измеряется по постоянной хорде, которая представляет собой прямую, соединяющую точки касания зубчатого венца с рейкой при беззазорном зацеплении (рис. 6.10а). Постоянной хордой называется отрезок прямой, соединяющий две точки разноименных эвольвентных боковых поверхностей зуба, принадлежащие одной цилиндрической соосной поверхности и нормалям, проведенным к ним из одной точки делительной поверхности. Толщина зуба по постоянной хорде $\overline{S}_c = 1,387 m$ при $\alpha = 20^\circ$ на расстоянии $\overline{h}_c = 0,748 m$ от вершины зуба. Наименьшее отклонение толщины зуба E_{c2} - наименьшее предписанное уменьшение постоянной хорды, осуществляемое с целью обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора. Допуск на толщину зуба - T_c .

6.4.2 Для измерения толщины зуба используются зубомеры различной конструкции. Например, кромочные индикаторные зубомеры мод. ЗИМ-16 и ЗИМ-32 с ценой деления 0,01 мм. Самыми простыми инструментами для проведения данных измерений являются штангензубомеры с нониусами (рис. 6.10б), представляющие собой конструктивное сочетание штангенциркуля и штангенглубиномера.

a)



б)

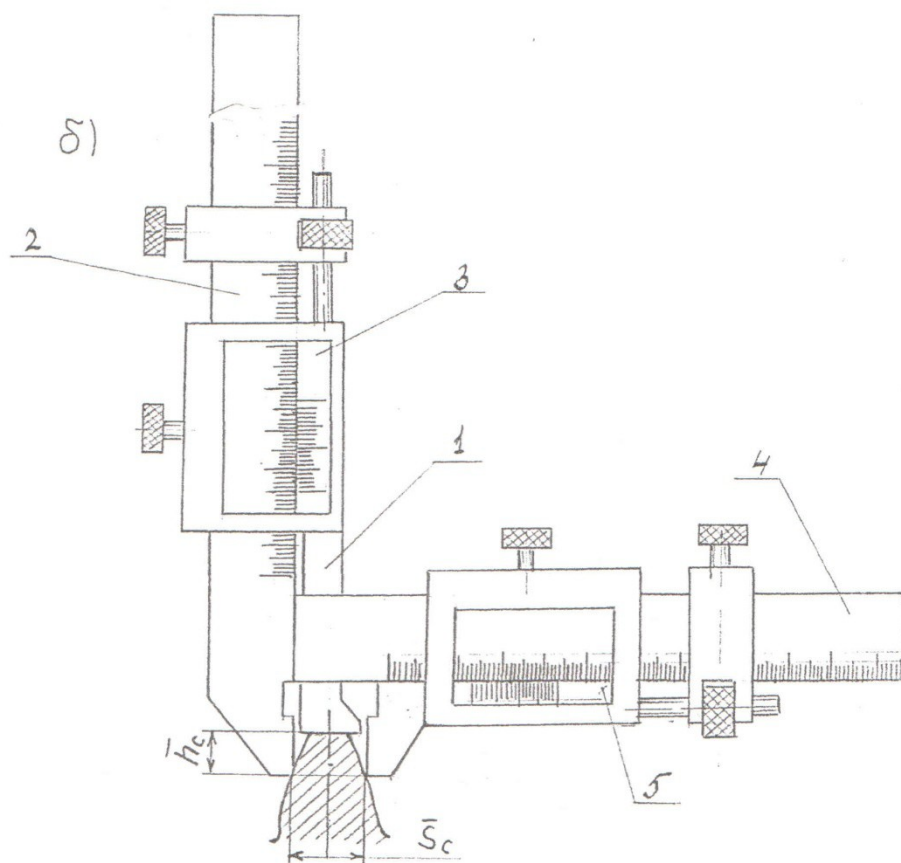


Рис. 6.10

При измерениях опорную планку 1 предварительно устанавливают на рассчитанную высоту h_c по основной шкале 2 и нониусу 3, а затем зубомер накладывается на проверяемый зуб, так чтобы опорная планка опиралась на вершину зуба, а сам зубомер располагался перпендикулярно образующей цилиндра колеса. В этом положении измеряют толщину зуба по основной шкале 4 и нониусу 5.

6.5 Подготовка к измерениям

6.5.1 Получить зубомер, ознакомиться с его конструкцией и принципом действия.

6.5.2 Определить и записать в таблицу 7.5.1 основные данные прибора и его метрологические характеристики.

6.5.3 Подсчитать номинальное значение толщины зуба $\bar{S}_c^{ном}$ (см. п.6.4.1). Определить по таблицам [3] стандартные значения наименьшего отклонения толщины зуба E_{cz} и допуска T_c .

6.5.4 Определить высоту h_c (п.6.4.1) и настроить опорную планку на этот размер.

6.6 Порядок проведения работы

6.6.1 Установить опорную планку зубомера на вершину зуба и довести измерительные кромки зубомера до соприкосновения с боковыми сторонами зуба. Опорная планка не должна отрываться от поверхности зуба. Определить величину толщины зуба и записать отсчет в таблицу 7.6.

6.6.2 Произвести измерение еще нескольких зубьев аналогичным образом.

6.6.3 Дать заключение о годности зубчатого колеса.

Для этого действительное значение толщины зуба $\bar{S}_c^g$ должно находиться в пределах

$$\bar{S}_c^{ном} - E_{cz} \geq \bar{S}_c^g \geq \bar{S}_c^{ном} - E_{cz} - T_c.$$

7 Содержание отчета

7.1 Данные измеряемого зубчатого колеса

Модуль, мм	Число зубьев	Делительный диаметр, мм	Степень точности по ГОСТ 1643-81
------------	--------------	-------------------------	----------------------------------

Примечание. Степени точности и вид сопряжения задаются преподавателем.

7.2 Измерение колебания длины общей нормали

7.2.1 Основные данные средств измерения

Наименование прибора	Завод-изготовитель	Заводской номер	Диапазон измерений	Цена деления, мм	Допускаемая погрешность мм
Микрометрический нормалемер					
Индикаторный нормалемер					

7.2.2 Результаты измерения

Прибор	Номинальное значение	Допуск F_{rw}	Действительные значения					Наиб. отклонение	Заключение о годности
			I	2	3	4	5		
Микрометрический нормалемер									
Индикаторный нормалемер									

7.3 Измерение отклонения основного шага

7.3.1 Основные данные средств измерения

Наименование прибора	Завод-изготовитель	Заводской номер	Диапазон измерений мм	Цена деления, мм	Допускаемая погрешность мм
Тангенциальный шагомер					
Шагомер для контроля окружного шага					

7.3.2 Результаты измерения

Размер блока концевых мер, мм	Отсчет по шкале индикатора					Макси- мальное откло- нение $f_{p\phi 2}$	Значение предель- ных откло- нений $\pm f_{pe}$	Заключе- ние о годности
	I	2	3	4	5			

7.4 Измерение отклонения окружного шага

Действительные значения отклонения окружного шага, $f_{pt 2}$, мкм					Предельные отклонения окруж- ного шага $\pm f_{pt}$ мкм	Заклучение о годности
I	2	3		2		

7.5 Измерение смещения исходного контура

7.5.1 Основные данные средств измерения

Наименование прибора	Завод- изгото- витель	Заводской номер	Диапазон измерений, мм	Цена деления, мм	Допускаемая погрешность, мм
Тангенциаль- ный зубомер					
Штангензубомер					

7.5.2 Результаты измерения

Отсчеты по шкале индикатора					Наименьшее допол- нительное смещение исходного контура $-E_{Hs}$	Допуск на смещение исходного контура T_H	Заклучение о годности
I	2	3	4	5			

7.6 Измерение толщины зуба по постоянной хорде

Толщина зуба	Размер	Отсчеты по шкале					Наимень- шее откло- нение $E_{сг}$	Допуск на тол- щину зуба T_c	Заклучение о годности
		1	2	3	4	5			

8 Контрольные вопросы

- 8.1 Что такое нормы кинематической точности ?
- 8.2 Что такое нормы плавности работы ?
- 8.3 Что такое нормы контакта зубьев ?
- 8.4 Для чего нужен боковой зазор ? Какие существуют нормы бокового зазора ?
- 8.5 Как указывается точность и вид сопряжения зубчатых колес на чертежах ?
- 8.6 Что такое вид сопряжения ? Какие бывают виды сопряжения ?
- 8.7 Как задаются допуски на боковой зазор ?
- 8.8 Что такое основной шаг ? Какие средства измерения применяются при измерении основного шага ?
- 8.9 Что такое окружной шаг ? Какие средства измерения применяются при измерении окружного шага ?
- 8.10 Какие бывают измерения длины общей нормали ? Устройство и принцип действия прибора для измерения длины общей нормали .
- 8.11 Что такое смещение исходного контура? Для чего оно требуется?
- 8.12 Конструкция и принцип действия тангенциального зубомера, штангензубомера.
- 8.13 Расшифровать условное обозначение точности и вида сопряжения зубчатого колеса (задается преподавателем) .

Литература

1. Иванов А.И., Куликов А.А., Третьяков Б.С. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве .М., "Колос", 1984, 352 с.
2. Берков В.И. Технические измерения (альбом). Уч.пособие для СПТУ. М., Высшая школа, 1988, 126 с.
3. Белкин И.М. Допуски и посадки (основные нормы взаимозаменяемости) Уч. пособие для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений, М., Машиностроение, 1992 , 528 с.
4. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник /И.И.Балонкина и др. - Л.: Машиностроение, 1983, 368 с.
5. Зябрева Н.М., Шегал М.Я. Лабораторные занятия по курсу "Основы взаимозаменяемости и технические измерения" - М., Машиностроение, 1966
6. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Ч.2 /Под ред. В.Д. Мягкова. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1979, 545с.

Содержание

стр.

Общие указания по методике проведения лабораторных работ

Общие сведения

Лабораторная работа № 1

"Изучение плоскопараллельных концевых мер длины"

Лабораторная работа № 2

"Измерение деталей штангенинструментами"

Лабораторная работа № 3

"Измерение деталей микрометрическими инструментами"

Лабораторная работа № 4

"Измерение деталей рычажно-механическими приборами"

Лабораторная работа № 5

"Измерение резьбовых деталей"

Лабораторная работа № 6

"Измерение геометрических параметров цилиндрических зубчатых колес"

Литература