

Бесплатно.

11/35

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. АРТЕМА



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО КУРСУ «ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ,  
СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»



Днепропетровск  
1981

ГЛ 3072 8/88 *Модрица*

3105 7.08.85 О.С.

ГЛ 3610 30/9 85

ГЛ 3839 23/86 *Селин*

3742 17/88 *Варна*

Министерство высшего и среднего специального  
образования СССР

Днепропетровский ордена Трудового Красного Знамени  
горный институт им. Артема

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО КУРСУ "ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТЬ, СТАН-  
ДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ"  
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 0506, СПЕЦИАЛИЗА-  
ЦИЙ "ПРОИЗВОДСТВО И КОНСТРУИРОВАНИЕ  
ГОРНЫХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ", "МАШИНЫ  
И ОБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБ-  
РИК" И "ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА"

(Кафедра технологии  
горного машиностроения)

Днепропетровск  
1981



## В В Е Д Е Н И Е

При изучении курса предусматривается выполнение лабораторных работ, имеющих целью: получить практические навыки измерения наружных и внутренних размеров различными инструментами, научиться пользоваться таблицами допусков предельных отклонений и допусков различных соединений, закрепить теоретические понятия, полученные на лекциях и др.

Следует учитывать, что промышленность СССР сейчас переходит на стандарты СЭВ, а это связано с отсутствием достаточного количества литературных источников и затруднениями использования справочных материалов.

Выполнение каждой лабораторной работы сопровождается составлением эскиза измеряемой детали, схемы измерения, протокола измерений и других мероприятий, указываемых в порядке выполнения работы. При составлении схемы измерения цилиндрических деталей на измеряемых размерах выделяются два взаимноперпендикулярных направления вдоль оси для определения отклонения профиля продольного сечения и три сечения по длине измеряемого размера для определения отклонения от круглости (некруглости). Выбранные сечения и направления обозначаются на детали мелом или карандашом.

Отчет о выполнении лабораторных работ должен содержать краткое описание цели работы, метрологические характеристики применяемых измерительных приборов, эскиз детали со схемой измерения и протокол измерения, бланк которого выдается на кафедре во время самоподготовки.

### Лабораторная работа № I

#### ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ И УГЛОВЫЕ МЕРЫ

Приборы, инструменты, принадлежности: наборы плоскопараллельных концевых мер длины, наборы угловых мер, салфетки, авиационный бензин, вазелиновое масло.

#### Общие сведения

Плоскопараллельные концевые меры длины производят и хранят

единицы длины и служат средством передачи размеров от эталона единицы длины (за I м длины в системе СИ принята длина, равная 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего оранжевой линии спектра криптона 86) до изделия включительно.

Наиболее распространены в промышленности концевые меры в виде стальных прямоугольных плиток или цилиндрических стержней, изготовленных из закаленной инструментальной стали или твердого сплава и имеющих две параллельные зеркально полированные измерительные поверхности. Измерительные поверхности обладают способностью прочно сцепляться друг с другом при надвижении одной меры на другую за счет сил молекулярного притяжения, когда они покрыты тончайшей пленкой смазывающей жидкости. Эта способность называемая притираемостью, позволяет составлять блоки из нескольких плиток для получения требуемого размера.

За размер концевой меры принимают длину перпендикуляра, опущенного из любой точки измерительной поверхности на противоположную. На каждой концевой мере гравироват ее номинальный размер. Его наносят на боковой нерабочей поверхности мер размером свыше 5,5 мм или на измерительной поверхности, если размер плитки - до 5,5 мм. Основными точностными характеристиками концевой меры являются ее срединная длина (длина перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей на противоположную) и отклонение от плоско-параллельности (наибольшая по абсолютной величине положительная или отрицательная разность между длиной меры в любой точке и срединной ее длиной). СТ СЭВ 720-77, СТ СЭВ 721-77 устанавливают пять классов точности концевых мер (00, 0, I, 2 и 3) для их изготовления. Концевые меры проходят аттестацию, в зависимости от точности которой установлены пять разрядов в порядке убывания точности от I до 5. Применение концевых мер по разрядам, т.е. с учетом поправок к их номинальным размерам повышает точность измерений, а также расширяет возможность использования мер грубых классов или мер бывших в эксплуатации и прошедших ремонт. При пользовании аттестационными мерами за размер каждой из них принимают действительный размер, указанный в аттестате.

В СССР выпускают наборы концевых мер, отличающихся друг от друга количеством мер, номинальным значением длины мер и классом (всего 21 номер набора). Наиболее распространены в машино-

строении наборы I, 2, 3 состоящие соответственно из 83, 38 и 112 мер.

Концевые меры широко используют в лабораторной и цеховой практике линейных измерений. Их применяют для установки измерительных инструментов и приборов на нуль, для проверки точности и градуирования измерительных инструментов и приборов, для точных измерений длин изделий, точных разметочных работ, для наладки станков и т.п. При производстве с помощью концевых мер различных измерений и разметки используются специальные отдельные наборы принадлежностей к ним (державки, боковики, стяжки и т.п.).

Угловые меры выполняются в виде призм и предназначены для хранения и передачи плоского угла, для проверки и градуировки угломерных и угловых шаблонов, а также для контроля углов изделий. ГОСТ 2875-75 делит угловые меры на следующие типы: I - с одним рабочим углом и срезанной вершиной; II - с одним рабочим углом, остроугольные; III - с четырьмя рабочими углами; IV - шестигранные призмы с неравномерным угловым шагом; V - многогранные призмы с равномерным шагом (8 и 12 граней). Угловые меры выпускают в виде отдельных призм и наборов из сталей ШХ15, ХГ (все типы) или из оптического стекла К8 и ЛК7 (угловые меры типов I, IV и V). Наборы содержат 3, 7, 8, 24, 33 и 98 отдельных мер, позволяющие набирать комплект (блок) с градацией 1°, 10', 2", 1'; 30" и 15".

Угловые меры изготавливаются трех классов точности 0 - погрешность углов  $\pm (3...5)''$ ; I - погрешность до  $\pm 10''$ ; 2 - погрешность  $\pm 30''$ .

#### Задание

Рассчитать и составить блоки угловых и концевых мер, измерить калибр-скобу набранным блоком.

#### Порядок выполнения работы

I. Рассчитать блок плиток заданного размера методом составления по классу, т.е. используя в расчете номинальные размеры плиток. Блок необходимо составлять из наименьшего числа плиток (не более 4-5). При этом в первую очередь следует подбирать плитки, у которых размер имеет тысячные доли миллиметра, затем сотые доли миллиметра и т.д.

2. Составить заданный блок плиток. Для этого следует выбран-

1005 9038-90



ные меры освободить от смазки ватой, протереть бензином, затем мягкой чистой тканью. После этого одну из мер накладывают на вторую примерно на треть длины рабочей поверхности и, плотно прижимая пальцами, подвигают вдоль большой оси до полного контакта рабочих поверхностей. Вначале следует притирать меры малых размеров.

При работе с плитками:

- не берите рабочие поверхности промытых мер руками;
- меры размером свыше 5,5 мм кладите на стол только нерабочими поверхностями;
- не притирайте рабочие поверхности к нерабочим!

Собранный блок плиток предъявите преподавателю.

3. Пользуясь аттестатом набора, определить действительный размер заданного блока (метод составления блока по разряду).

4. Выполнить аналогичную работу для заданного углового размера.

#### Лабораторная работа № 2

#### ИЗМЕРЕНИЯ ШТРИХОВЫМИ МЕРАМИ, ЩУПАМИ И ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: измерительные линейки, рулетки, щупы, брусковые меры, штангенциркули ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, детали для измерений, салфетки, авиационный бензин, вазелиновое масло.

#### Общие сведения

К штриховым мерам относятся брусковые меры длины, измерительные линейки и рулетки.

Брусковые меры длины применяются в качестве шкал приборов и станков (рабочие), а также как образцовые меры при проверке рабочих мер длины, приборов для линейных измерений и проверке станков. Брусковые меры изготавливаются шести классов точности (0...5) с номинальными размерами от 100 до 4 000 мм.

Измерительные линейки и рулетки предназначены для измерения размеров изделий 13 ... 17 классов точности. Изготавливаются они с одной или двумя шкалами с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1 000 мм и ценой деления 0,5 или 1 мм. Иногда ли-

нейки с ценой деления 1 мм могут иметь на длине от 1 до 50 мм полумиллиметровые деления.

Рулетки для машиностроения подразделяются на рулетки в закрытом корпусе (тип РЗ) с длиной шкалы 2, 5, 10, 20, 30 и 50 м и ценой деления 1 или 10 мм, самосвертывающиеся (тип РС) и желобчатые (тип РЖ) с длиной шкалы 1 и 2 м и ценой деления 1 мм. По точности нанесения шкалы изготавливаются трех классов: I - (тип РЗ с длиной шкалы 10 и 20 м); 2 - (тип РЗ с длиной шкалы 2, 5, 10, 20, 30 и 50 м) и 3 - (все типы рулеток). Рулетки I и 2 классов имеют миллиметровые деления на всей длине шкалы. Различают исполнения шкал: А - начало шкалы удалено от торца ленты не менее чем на 100 мм (рулетки типа РЗ и РС I, 2 и 3 классов точности); Б - начало шкалы совпадает с торцом ленты (рулетки всех типов 3 класса точности).

Щупы представляют собой пластины с параллельными измерительными плоскостями, предназначенные для проверки величин зазоров между поверхностями. Они изготавливаются двух классов точности (I и 2), длиной 100 и 200 мм в виде отдельных пластин или наборами. Наборы щупов: № I (из 9 щупов); № 2 (из 17 щупов); № 3 (из 10 щупов) и № 4 (из 10 щупов) состоят из пластин, размеры которых возрастают через 0,01, 0,05 и 0,1 мм.

К штангенинструментам относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы (рис. I) и штангензубомеры. Штангенциркули изготавливаются четырех типов: ШЦ-I - с двухсторонним расположением губок (для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин и высот); ШЦТ-I - с односторонним расположением губок, оснащенных твердым сплавом (для наружных измерений и с линейкой для измерения глубин и высот); ШЦ-II - с двухсторонним расположением губок (для наружных и внутренних измерений и для разметки); ШЦ-III - с односторонним расположением губок (для наружных и внутренних измерений). Штангенглубиномеры предназначены для измерений глубины и высоты изделий, расстояний от буртиков или выступов. Штангенрейсмасы используются для разметки и измерения высоты изделий.

Все штангенинструменты имеют основную шкалу с ценой деления 1 мм и вспомогательную шкалу для отсчета дробных долей мм (нониус) с величиной отсчета 0,1, 0,05 и 0,2 мм.

Принцип построения нониуса основан на расчете числа делений

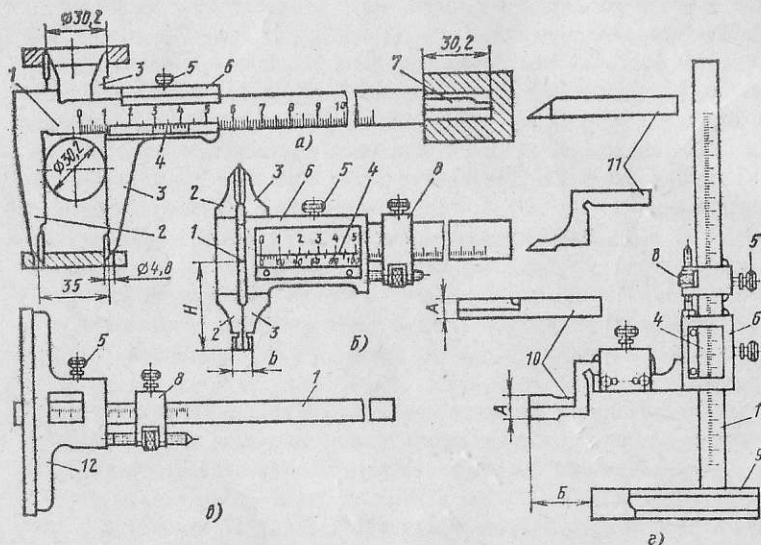


Рис. 1. Штангенинструменты: а - штангенциркуль типа ШЦ-I; б - штангенциркуль типа ШЦ-II; в - штангенглубиномер; г - штангенрейсмас; 1 - штанга; 2 - губка штанги; 3 - губка рамки; 4 - шкала нониуса; 5 - зажим рамки; 6 - рамка; 7 - линейка глубиномера; 8 - микрометрическая подача; 9 - основание; 10 - ножка измерительная; 11 ножка разметочная; 12 - основание.

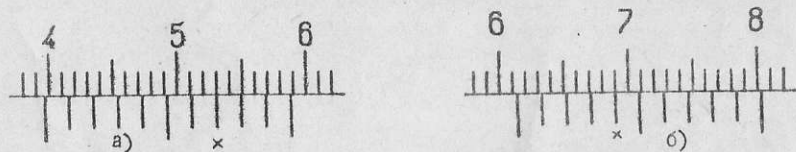


Рис. 2. Примеры отсчета: а) 39 мм + 0,1 мм x 7 = 39,7 мм; б) 61 мм + 0,1 мм x 4 = 61,4 мм.

нониуса  $n$ , длину одного деления (интервал)  $a'$  шкалы нониуса и длину всей шкалы нониуса  $l$ :

$$n = a/l; \quad a' = \gamma a - i; \quad l = n a' = n(\gamma a - i),$$

где  $i$  - величина отсчета по нониусу, мм;

$\gamma$  - модуль нониуса (количество делений основной шкалы, соответствующее одному делению шкалы нониуса);

$a$  - заданная длина (интервал) деления основной шкалы, мм.

Отсчет результата по штангенинструменту производят так: целое число мм получают, считывая целый размер на основной шкале против нулевого штриха шкалы нониуса, а доли мм получают, считывая целое число делений нониуса против того штриха основной шкалы, который наиболее точно совпал с одним из штрихов нониуса (рис.2).

В СССР изготавливают штангенинструменты с нониусами типов I, II, III и IV (соответственно  $a = 0,1; 0,1; 0,05; 0,02$  мм;  $\gamma = 1; 2; 2; 1$ ). Некоторые государства выпускают индикаторные и электроиндуктивные штангенинструменты. Цифровой отсчет у таких штангенинструментов выполняется через зубчатую рейку и индикатор часового типа или электроиндуктивный датчик (последний штангенинструмент имеет цифровую индикацию).

#### Задание

Измерить на детали одни и те же внутренние и наружные размеры различными инструментами, записать их и сравнить полученные результаты.

#### Порядок выполнения работы

1. Выбрать на детали внутренний размер и произвести его замеры линейкой, шупом (если он не более 3 мм), штангенциркулем (любого типа), штангенглубиномером, штангенрейсмасом. Учитывая точность отсчета показаний, произвести записи результатов в протокол измерений.

2. Выполнить аналогичную работу для наружного размера.

3. Сравнить полученные значения, оценить погрешность измерения заданного размера различными инструментами.



ИЗМЕРЕНИЕ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры, детали для замера внутренних и наружных размеров.

Общие сведения

Микрометрические измерительные инструменты используют устройство типа винтовой пары (микрометрические винт-гайка), преобразующей вращательное движение микровинта в поступательное. При этом винтовая пара служит увеличивающим устройством (малые поступательные преобразовываются в большие окружные перемещения шкалы барабана). Обычно изготавливают винтовые пары шагом  $P = 0,5$  мм и ценой деления круговой шкалы  $- 0,01$  мм. Для удобства отсчета целое число оборотов винта определяют по продольной шкале, нанесенной на стержне с интервалом деления, равным шагу пары. Круговая шкала (имеющая обычно 50 делений при шаге  $0,5$  мм) служит для отсчета десятых и сотых долей миллиметра). Таким образом, отсчет результата замера снимается как сумма показаний двух шкал: продольной (берется по кромке скоса барабана число делений нижней шкалы  $-$  мм и верхней части шкалы  $- 0,5$  мм) и поперечной (берется целое число делений на скосе барабана по продольному штриху). Пример: на рис. 3, ж результат замера:  $8 + 0,5 + 0,27 = 8,77$  мм.

К микрометрическим инструментам относятся микрометры, микрометрические глубиномеры и микрометрические нутромеры (рис.3). В СССР установлены следующие типы микрометров: МК  $-$  микрометры гладкие для измерения наружных размеров; МЛ  $-$  микрометры листовые для измерения толщины листов и лент; МТ  $-$  микрометры трубные для измерения толщины стенок трубы; МЗ  $-$  микрометры зубомерные для измерения длины общей нормали зубчатых колес; микрометры резьбомерные для измерения средних диаметров резьб; микрометры настольные горизонтальные (МГ) и вертикальные (МВ).

У большинства микрометрических инструментов диапазон измерений составляет 25 мм (0...25; 25...50; 50...75; 75...100 и т.д. до 300 мм). Настольные микрометры, трубные и листовые имеют диапазон измерений 0...5; 0...10; 0...15 и 0...25 мм. Измерительное

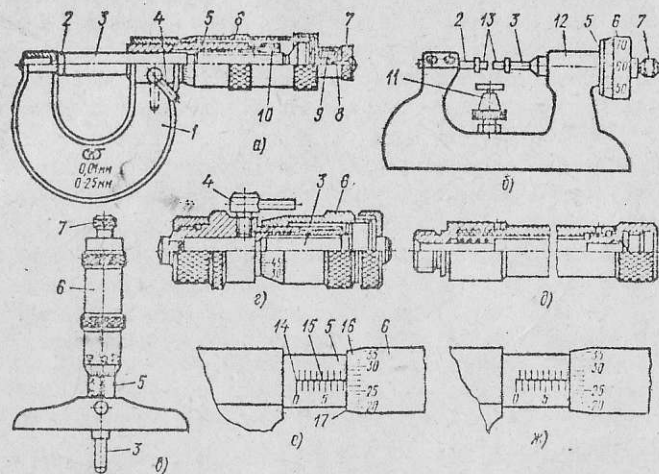


Рис.3. Микрометры: а  $-$  гладкий МК; б  $-$  горизонтальный МГ; в  $-$  глубиномер; г  $-$  нутромер; д  $-$  удлинитель к нутромеру; е, ж  $-$  шкалы при различных отсчетах (8,27 и 8,77 мм); 1  $-$  скоба; 2  $-$  пятка; 3  $-$  микрометрический винт; 4  $-$  стопор; 5  $-$  стержень; 6  $-$  барабан; 7  $-$  трещетка; 8  $-$  штифт; 9  $-$  пружина; 10  $-$  гайка с конической резьбой; 11  $-$  предметный столик; 12  $-$  основание; 13  $-$  измерительные наконечники; 14  $-$  продольный штрих; 15  $-$  продольная шкала; 16  $-$  круговая шкала; 17  $-$  торец барабана.

усилие у гладких микрометров составляет  $(7+2)H$ , у листовых, трубных и настольных  $-(5+2)H$ . Обеспечивается постоянство этого усилия механизмом трещотки, которым пользуются при измерении размеров. При этом пределы погрешностей показаний для всех микрометров от 0 до 300 мм не превышают величину  $\pm 6$  мкм. В противном случае погрешность увеличивается за счет изгиба скобы увеличением измерительного усилия.

Следует учесть, что микрометрические инструменты перед применением проверяются по наименьшему предельному размеру. Установку микрометра с верхним пределом измерения выше 25 мм выполняют с помощью установочной меры в виде стержня или концевой меры. Установку микрометра с верхним пределом 25 мм выполняют на соприкос-

новение измерительных поверхностей друг с другом. В обоих случаях отсчетный край барабана должен открыть штрих продольной шкалы, обозначенный цифрой 0, а нуль круговой шкалы барабана должен располагаться против линии продольной шкалы. В случае невыполнения этих требований производятся регулировки или вводится поправка к измерению с соответствующим знаком.

Кроме рассмотренных микрометров, изготавливаются микрометрические устройства с шагом пары 1 мм, а также количеством делений на круговой шкале барабана 100. Это позволяет вести отсчет по одинарной продольной шкале или в случае шага 0,5 и 100 делений на круговой шкале давать отсчет через 0,005 мм. В последнее время получили распространение микрометры с цифровой индикацией. Цифровое устройство размещается в барабане или в скобе микрометра.

#### Задание

Произвести измерение внутреннего и наружного размеров детали, дать заключение о соответствии действительного размера размеру детали по чертежу и об отклонениях формы.

#### Порядок выполнения работы

1. Произвести выверку микрометрических инструментов, для чего гладкий микрометр устанавливают на 0 как описано выше, а микрометрический нутромер устанавливает на 0 по блоку концевых мер, установленному в струбцины с боковиками.
2. Произвести измерения в соответствии со схемой измерения.
3. Сравнить полученные результаты с размерами по чертежу, дать заключение о соответствии их.
4. Сравнить результаты измерений по сечениям и направлениям и дать заключение об отклонениях формы (отклонении профиля продольного сечения и отклонении от круглости).
5. По СТ СЭВ 636-77 выбрать степени точности по отклонениям форм и дать заключение об относительной геометрической точности форм.
6. Обозначить по СТ СЭВ 368-76 принятые цифровые значения допусков круглости и профиля продольного сечения на чертеже.

#### Лабораторная работа № 4

#### ИЗМЕРЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫМИ ГОЛОВКАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: индикатор часового типа, стойка, биенномер, набор плоскопараллельных концевых мер, штапгенциркуль, цилиндрический валик, салфетки, бензин, вазелиновое масло.

#### Общие сведения

Индикаторные головки относятся к механическим приборам с зубчатой и рычажно-зубчатой передачей и применяются как для относительных, так и для абсолютных измерений. В практике измерений наибольшее распространение получили индикаторы часового типа.

Перемещение измерительного стержня I индикатора (рис.4,б) вызывает перемещение большой стрелки 2 по шкале 4. Шкала 4 является указателем поворотов, т.е. по ней отсчитывается целое число оборотов большой стрелки 2. Увеличение перемещения измерительного стержня достигается при помощи зубчатых передач, осуществляемых зубчатой рейкой, нарезанной на измерительном стержне и зубчатыми колесами I2, I3, I4 (рис.4,с). Зубчатое колесо I5 и пружинный валок I6 обеспечивают работу передачи по одной стороне профиля зубца, что устраняет мертвый ход. Пружина I7 служит для создания измерительного усилия. В индикаторе с ценой деления 0,01 поступательному перемещению измерительного стержня I на 0,01 мм соответствует перемещение большой стрелки 2 на одно деление шкалы 3. Шкала 3 имеет 100 делений, следовательно, малая стрелка указывает по шкале 4 целое число миллиметров. Шкала 3 вместе с ободком 5 может поворачиваться относительно корпуса, что используется при установке прибора в нулевое положение. В этом случае важно учитывать, что участок шкалы 0,1 мм в пределах второго оборота является нормированным, т.е. характеризуется наименьшим значением погрешности показаний. Стопором 6 шкала закрепляется в заданном положении. Измерительный наконечник IO ввинчивает в торец измерительного стержня, который можно поднять рукой за головку II. Для работы индикатор укрепляют за гильзу 9 или ушко 7 в стойках или штативах. Установка индикатора на нуль при относительных из-



мерениях выполняется по установочной мере, осуществляемой блоком концевых плоско-параллельных мер длины.

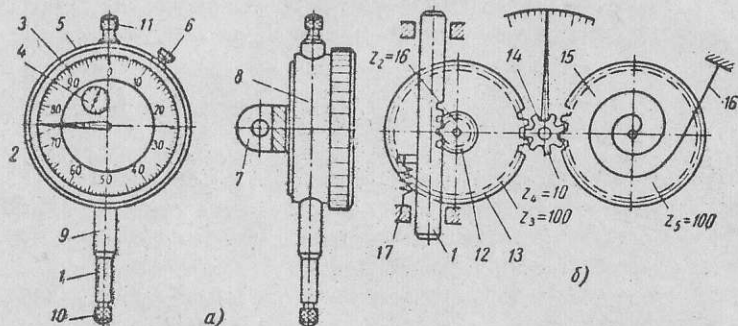


Рис. 4. Индикатор часового типа:  
а - общий вид;  
б - кинематическая схема.

Индикаторы часового типа изготавливаются с перемещением измерительного стержня параллельно шкале (тип ИЧ) с диапазоном измерений от 0 до 2, 3, 5 и 10 мм, а также с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале (тип ИТ) с диапазоном измерений 0...2 мм. Цена деления шкалы индикаторов названного типа - 0,01 мм, измерительное усилие около 150 сН, максимально допустимая погрешность измерений до 20 мкм.

**Задание**

1. Произвести измерение диаметра цилиндрического валика по заданной схеме измерения и определить качество точности, к которому может быть отнесена деталь, и вероятные поля допусков.
2. Измерить радиальное и торцевое биение заданной ступени валика и определить степени точности, которым соответствуют измеренные значения.

**Порядок выполнения работы**

1. Измерить штангенциркулем ориентировочно диаметр валика. Учитывая измеренный размер и нормированный участок шкалы индикатора, задаться значением установочного размера.
2. Составить блок плиток установочного размера и поместить его на столик стойки. В зажиме стойки установить индикатор, измерительный наконечник которого привести в соприкосновение с поверхностью установочной меры (блока) так, чтобы большая стрелка сделала один-два оборота. Придерживая индикатор за корпус, повернуть ободок шкалы, установив штрих 0 шкалы против большой стрелки.
3. Осторожно подняв за головку измерительный стержень индикатора извлечь блок плиток, поместить на столик деталь, опустить стержень и измерить деталь в соответствии со схемой измерения. При измерении следует осторожно прокатывать валик под наконечником индикатора, фиксируя наибольшее отклонение индикатора от установленного нулевого положения с соответствующим знаком (по часовой стрелке "+", против "-").
4. Определить действительные размеры валика как алгебраическую сумму установочной меры и отклонений индикатора. Найти разброс действительных размеров и, пользуясь СТ СЭВ 145-75, определить качество точности, к которому может быть отнесена деталь, и вероятные поля допусков.
5. Установить валик в центрах биениемера, а индикатор - в штативе биениемера (рис. 5). Осуществить установку индикатора в нулевое положение в любом выбранном сечении. Медленно поворачивая валик в центрах, зафиксировать показания индикатора с учетом знака. Определить и записать в протокол измерений радиальное биение валика как наибольшую разность показаний.

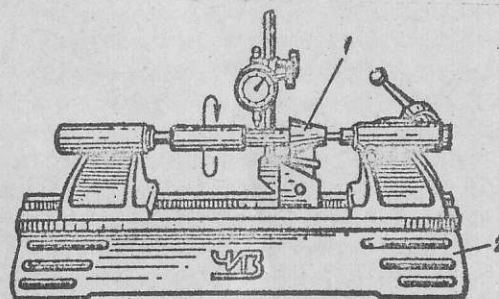


Рис. 5. Контроль радиального биения.

ный индикатора в заданном сечении при одном обороте детали.

6. Аналогично измерить торцевое биение валика. При этом измерительный наконечник устанавливается на нуль в любой выбранной точке начала отсчета на выбранном диаметре данного торца детали.

7. По СТ СЭВ 636-77 определить степени точности, которым соответствуют измеренные значения радиального и торцевого биения, а так же установить предельное минимальное значение степени точности полного радиального и торцевого биений.

8. Обозначить принятые выше значения допусков радиального, торцевого, полного радиального и полного торцевого биений на эскизе отчета в соответствии со СТ СЭВ 368-76.

Лабораторная работа № 5

### ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ УГЛОМЕРОМ

Приборы, инструменты, принадлежности: наборы угловых мер, угломеры с нониусом (транспортный - тип I, универсальный - тип 2), угломеры оптические УО, синусные линейки, калиброванные шарики и цилиндры, многоугольные детали для измерений, конусные калибры, конусы инструментальные, угловые шаблоны и угольники, штангенциркули.

#### Общие сведения

В системе СИ принят за единицу плоского угла радиан (рад) - угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу; за единицу телесного угла стерадиан (ср) - телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающей на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, по длине равной радиусу сферы. Пока допускается к применению полный угол ( $2\pi$  рад), прямой угол  $\angle$  ( $\pi/2$  рад), градус  $^{\circ}$  ( $\pi/180$  рад), минута  $'$  ( $\pi/10800$  рад), секунда  $''$  ( $\pi/648000$  рад), гон  $^{\circ}$  ( $0,01\pi = \pi/2 \times 0,01$  рад), полный телесный угол ( $4\pi$  ср) и градус в квадрате  $^{\circ}$  ( $3,0462 \cdot 10^{-4}$ ) ср. При вычислениях удобно пользоваться переводом:  $1' = 0,0166667^{\circ}$ ;  $1'' = 0,0002777^{\circ}$ .

Все методы измерения углов и конусов делятся: 1) методы сравнения, осуществляемые с помощью жестких угловых мер, угольников, шаблонов и конических калибров, 2) тригонометрические (косвен-

ные) методы (синусные линейки, калиброванные шарики и цилиндры и т.п.); 3) гониометрические методы, основанные на сравнении измеряемого угла со шкалой встроенного в прибор лимба - меры, несущей замкнутую угломерную шкалу (гониометры, оптические делительные головки и столы, угломеры, уровни и т.п.).

Разработаны и применяются несколько угломеров, наибольшее распространение из которых получили угломеры с нониусом (СТ СЭВ 850-78): угломеры транспортные, типа I для измерения наружных углов от 0 до  $180^{\circ}$ , имеют величину отсчета по нониусу  $2'$  и  $5'$ ; угломеры универсальные, типа 2 для измерения наружных углов от 0 до  $360^{\circ}$  с величиной отсчета по нониусу  $2'$  (рис. 6); угломеры типа 3 с величинами отсчета по нониусам  $5'$  и  $10'$  измеряют наружные углы от 0 до  $360^{\circ}$ ; угломеры типа 4 измеряют наружные углы до  $180^{\circ}$  с величиной отсчета по нониусу  $10'$ ; угломеры оптические УО применяют для измерения наружных углов от 0 до  $180^{\circ}$  и внутренних от  $30$  до  $180^{\circ}$ . Цена деления шкалы  $5'$  (нониус у этого инструмента отсутствует).

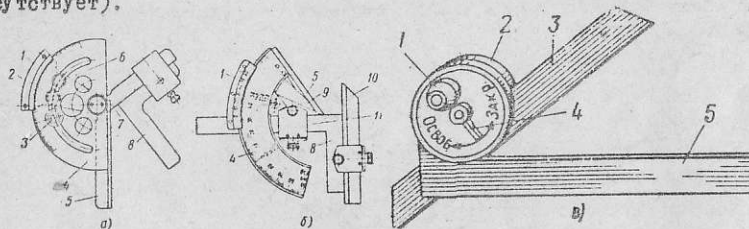


Рис. 6. Угломеры: с нониусом (а - тип I, б - тип 2) и оптический (в - типа УО).

При измерении углов с помощью угломера подвижная 8 и неподвижная 5 ножки его должны быть плотно прижаты к образующей угла контролируемого объекта, для чего используется микрометрический винт, после этого производят отсчет по нониусу I и шкале 4. Путем различных комбинаций измерительных деталей (линеек и угольников) достигается возможность использования угломеров (например, типа 2) в диапазоне измерений от 0 до  $360^{\circ}$  (угол измеряется как дополнение до  $360^{\circ}$ ).

Точность углов задается степенью точности или допуском угла (AT), за который принято называть разность между наибольшим и наименьшим предельными углами и зависящим от номинальной длины



меньшей стороны угла (СТ СЭВ 178-75). Допуск угла может выражаться: а) в угловых единицах  $AT_{\text{д}}$  (точное значение) и  $AT'_{\text{д}}$  (округленное значение в градусной мере); б) длиной противолежащего отрезка на перпендикуляре к стороне угла на расстоянии  $L$  от вершины  $AT_{\text{д}}$ ; в) допуском на разность диаметров в двух сечениях конуса на расстоянии  $L$  между ними  $AT_{\text{д}}$ .

**Задание**

Измерить величины наружных и внутренних углов многоугольной детали, проверить соответствие действительных значений этих углов заданным на чертежах, определить степени точности углов.

**Порядок выполнения работы**

1. Произвести настройку угломера, для чего устанавливается необходимая комбинация линеек, угольников и выполняется поверка угломера.
2. Произвести замеры углов.
3. Сравнить действительные значения с заданными по чертежу и установить отклонения их.
4. Измерить меньшие стороны каждого из углов.
5. По величинам отклонений и длинам меньших сторон установить степень точности угла по СТ СЭВ 178-75.

**Лабораторная работа № 6**

**ИЗМЕРЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫМИ НУТРОМЕРАМИ**

Приборы, инструменты, принадлежности: индикаторные нутромеры, штангенциркули, набор концевых мер длины (или другие установочные устройства), цилиндрические втулки, салфетки, бензин.

**Общие сведения**

Индикаторные нутромеры предназначены для измерения внутренних поверхностей деталей относительным методом.

Измерительным устройством в индикаторном нутромере служит обычно индикатор часового типа I (рис.7) Он устанавливается в труб-

чатый корпус 2 прибора с предварительным натяжением не более 0,5 пределов измерения по шкале индикатора и закрепляется разрезным кольцом 6 с гайкой 7. На другом конце трубчатого корпуса имеется измерительная головка нутромера, конструкция которой у нутромеров с различными пределами измерений различна. Так для нутромера

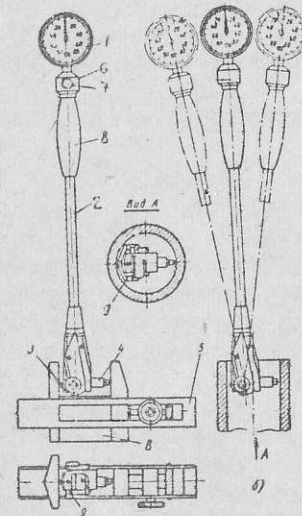


Рис. 7. Индикаторный нутромер.

с пределами измерений 18...50 мм измерительная головка имеет с одной стороны сменный измерительный стержень 4 (неподвижный), а с противоположной стороны - подвижный измерительный стержень 3, заканчивающийся клином, который перемещает шарик, связанный стержнем с измерительным наконечником индикатора часового типа. Угол клина подвижного измерительного стержня выбирается равным  $45^\circ$ , так что перемещения измерительного стержня передаются на индикатор без искажения. Центрирующий мостик 9 служит для совмещения оси измерения индикаторного нутромера с диаметральной

плоскостью измеряемого отверстия. Во избежание нагрева прибора, а также случайного поворота шкалы при измерениях нутромер следует держать за теплоизоляционную ручку 8. Измерительное усилие создается индикатором и пружиной, размещенной в трубчатом корпусе.

К нутромеру прилагается комплект сменных неподвижных измерительных стержней и шайб, позволяющий изменять нулевую настройку прибора на 0,5 мм в пределах измерения прибора, и гачный ключ. Установка нутромера на нуль осуществляется на концевых мерах с

боковиками, закрепленных в державке, по установочному аттестованному кольцу или другим установочным устройствам.

В СССР выпускаются индикаторные нутромеры с пределами измерения от 6 до 1 000 мм при допустимой погрешности 12...25 мкм и измерительным усилием от 2 до 9 Н.

### Задание

1. Измерить диаметр отверстия втулки по заданной схеме измерения.
2. Определить качество точности, к которому может быть отнесена деталь и вероятные поля допусков.

### Порядок выполнения работы

1. Измерить ориентировочно штангенциркулем размер отверстия втулки, выбрать и закрепить неподвижный измерительный стержень.
2. Учитывая ориентировочный диаметр отверстия и нормированный участок шкалы индикатора, задаться установочным размером и установить его на установочном устройстве.
3. Осторожно отжимая центрирующий мостик, ввести измерительную головку нутромера в пространство между измерительными поверхностями установочного устройства. Небольшим покачиванием найти крайнее положение большой стрелки индикатора при движении ее по часовой стрелке. К этому положению стрелки, которое будет соответствовать наименьшему расстоянию между поверхностями установочной меры, поворотом шкалы подводят нулевое деление. Если индикатор имеет стопорное устройство, то шкала закрепляется в этом положении. Повторным покачиванием проверить правильность нулевой установки.
4. Отжимая центрирующий мостик, вывести нутромер из установочного устройства и ввести прибор в проверяемое отверстие. Небольшим покачиванием в плоскости измерения найти положение, соответствующее наименьшему показанию индикатора. Поворотом индикатора вокруг вертикальной оси найти наибольшее и наименьшее отклонения размера отверстия от правильной формы в выбранном поперечном сечении. Перемещая прибор вдоль оси отверстия и, повторяя измерения, определить отклонения формы отверстия в продольном сечении. Следует

помнить, что отклонения от установленного нулевого положения стрелки индикатора считаются со знаком "+" или "-" (по часовой стрелке "-", а против "+"). При работе держите прибор за термо-изоляционную ручку!

5. Рассчитать действительные размеры отверстия втулки (алгебраическая сумма установочной меры и отклонений). Найти разброс действительных размеров, и, пользуясь СТ СЭВ 145-75, определить качество точности, к которому может быть отнесена деталь и вероятные поля допусков.

### Лабораторная работа № 7

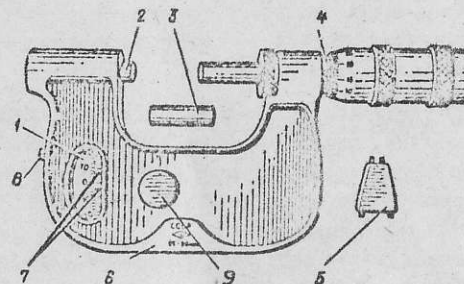
### ИЗМЕРЕНИЕ РЫЧАЖНЫМИ МИКРОМЕТРАМИ И СКОБАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: рычажные микрометры, рычажные скобы, наборы плоско-параллельных концевых мер длины, штангенциркули, цилиндрические валики, салфетки, бензин, вазелиновое масло.

### Общие сведения

Рычажные микрометры и скобы предназначены для измерения наружных размеров изделий относительным методом. Рычажные микрометры могут применяться также и для измерений абсолютным методом.

Рычажные микрометры имеют обычную микрометрическую головку 4 (рис.8). Пятка 2 является подвижной и связана с рычажно-отсчетным устройством, имеющим шкалу 1 и расположенным в скобе 6. Кнопка 8



служит для отвода подвижной пятки (арретир). Перед измерением абсолютным методом проверяют нулевое положение микрометра. При совпадении стрелки с нулевым

Рис.8. Рычажный микрометр МР.



штрихом шкалы отсчетного устройства микрометрическая головка должна быть в нулевом положении. Считывание показаний при измерениях производится по микрометрической головке и по шкале I (результат берут со своим знаком). Затем результаты суммируют, получая точность отсчета до I мкм. При относительных измерениях микрометр настраивают по установочной мере 3 (обычно блок концевых мер) перемещением микрометрического винта. Застопорив микрометр, отвинчивают колпачок 9 и специальным ключом 5 устанавливают указатели поля допуска 7 и их положение относительно нулевого штриха шкалы. Действительный размер определяется как алгебраическая сумма установочного размера и показаний прибора по шкале I с соответствующим знаком.

У рычажной скобы (рис.9) вместо микрометрической головки имеется переставная регулируемая пятка 6 перед установкой которой отвинчивают колпачок 5. Настойка и считывание показаний аналогичны рычажным микрометрам при измерении относительным методом. Отсчет-

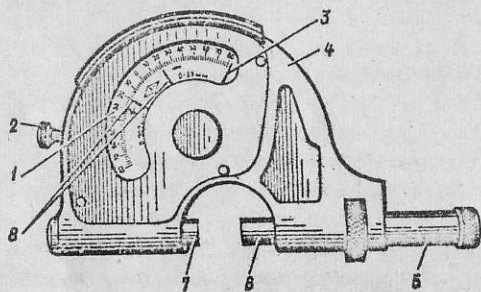


Рис. 9. Рычажная скоба СР.

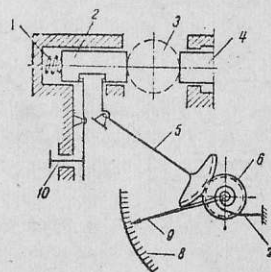


Рис.10. Кинематическая схема отсчетного устройства.

ное устройство (рис.10) указанных приборов включает подвижную пятку 2, которая перемещаясь, воздействует на рычаг 5. Зубчатый сектор рычага поворачивает зубчатое колесо 6 и стрелку 9, укрепленную на его оси. Пружина 7 постоянно прижимает колесо к зубчатому сектору, устраняя мертвый ход.

Рычажные микрометры изготавливаются трех типов: МР - со встроенным отсчетным устройством, МРЗ - зубомерные для измерения длины общей нормали, МРИ - с измерительной головкой. Пределы измерений

микрометрами МР 0...25 мм и 25...50 мм, МРЗ и МРИ - от 50 до 2 000 мм; цена деления отсчетного устройства 2...10 мкм диапазон его показаний  $\pm (5...30)$  мкм, допускаемая погрешность 3...36 мкм, измерительное усилие  $6 \pm 1$  Н. Пределы измерений скобами 0...1000 мм, диапазон показаний от 80 мкм до 5 мм при цене деления 2 и 5 мкм. Допускаемая погрешность измерения  $\pm 1...5$  мкм. Измерительное усилие  $2 \pm 0,5$  Н.

Задание

1. Измерить диаметр цилиндрического валика по заданной схеме измерения.
2. Определить качество точности, к которому может быть отнесена деталь, вероятные поля допусков и отклонения форм детали.

Порядок выполнения работы

1. Измерить ориентировочно диаметр контролируемого валика штангенциркулем и, задавшись значением установочного размера, собрать соответствующий блок плиток. По блоку плиток осуществить установку на нуль рычажного микрометра.
2. Произвести измерения диаметра цилиндрического валика по схеме измерения рычажным микрометром относительным методом или рычажной скобой (по указанию преподавателя).
3. Найти разброс действительных значений диаметра валика и, пользуясь СТ СЭВ 145-75 определить качество точности, к которому может быть отнесена деталь и вероятные поля допусков. Определить отклонения формы детали в поперечных сечениях и продольных направлениях и по СТ СЭВ 636-77 установить степень точности валика.

Лабораторная работа № 8

ИЗМЕРЕНИЕ ПРУЖИНЫМИ И ПРУЖИНООПТИЧЕСКИМИ ГОЛОВКАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: микрометры, оптиматоры, стойки, микрометры, наборы плоско-параллельных концевых мер, калибры-пробки, салфетки, бензин, вазелиновое масло.

Общие сведения

Пружинные и пружинно-оптические измерительные головки применяются для измерений с высокой точностью наружных размеров относительно методом.

Основным преобразующим звеном пружинных измерительных головок ИП (микрокатор) является закрученная в разные стороны от середины плоская бронзовая пружина 2 (рис. II, а), закрепленная одним концом на регулировочном упругом элементе I, а другим - на упругом рычаге 5, связанном с измерительным стержнем 7. Изменение натяжения пружины, вызываемое перемещением стержня 7 при измерении размера II, вызывает поворот среднего сечения этой пружины и, тем самым, перемещение стрелки 3 вдоль шкалы 4, перпендикулярной к оси пружины. Измерительный стержень подвешен в корпусе 8 прибора на плоских пружинах 6 и 9, причем нижняя выполнена мембранной, с кольцевыми вырезами. Корпус крепится на стойке IO.

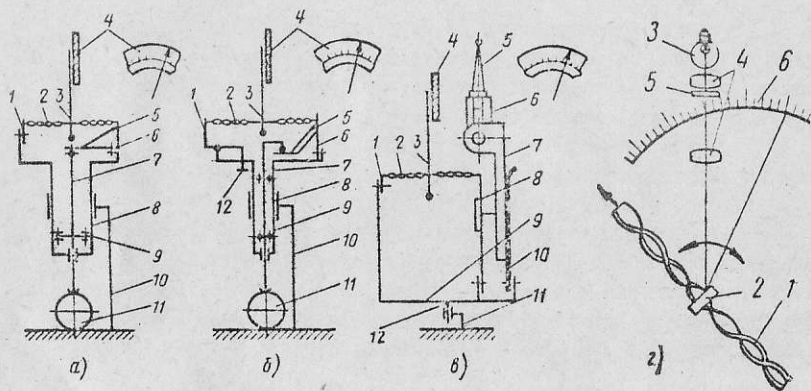


Рис. II. Пружинные и пружинно-оптические головки:  
а - микрокатор (ИП), б - микатор (ИМ),  
в - миникатор (ИРП), г - оптикатор (О).

Такое устройство пружинных измерительных головок обеспечивает измерение с большой точностью - 0,1...1 мкм и малой погреш-

ностью 0,05...0,5 мкм при измерительном усилии 1,5...3 Н. Недостатком этих приборов является малый диапазон измерений - до  $\pm 50$  мкм. От описанной кинематической схемы несколько отличается схема миникатора ИРП (рис. II, в), у которого отклонение измерительного стержня передается закрученной пружине через серьгу 6, которая устанавливается под нужным для измерения углом, к укрепленному в корпусе 9 с помощью плоских пружин IO измерительному рычагу 7 (с кронштейном и нажимным винтом), отклоняющему промежуточный рычаг 8. Упор с винтом (на схеме не показан) ограничивает перемещение рычага 7. Штырь I2 служит для крепления миникатора в кронштейне II при измерениях.

Отличительной особенностью пружинно-оптической головки-оптикатора (рис. II, г) является то, что в средней части плоской закрученной пружины I, вместо стрелки укреплено зеркальце 2, на которое направлен свет от лампы 3 через конденсор 4, светофильтры 5 и объектив. Отраженное от зеркала световое пятно ("зайчик") падает на шкалу 6, т.е. в этом приборе измерительная цепь содержит, кроме пружинного механизма, "оптический рычаг" и прибор относится к оптико-механическим с пружинной передачей. Чувствительность оптикатора 0,1...0,5 мкм, а пределы измерений от +24 до +100 мкм при погрешности 0,05...0,25 мкм и измерительном усилии до 1,5 Н. Пружинные и пружинно-оптические измерительные головки крепятся на штативах или стойках с измерительными столами. Для измерения применяют ножевидные, плоские или сферические наконечники (в зависимости от формы деталей), которые должны обеспечивать точечный или линейный контакт с измеряемой деталью (во избежание влияния на результаты измерений волнистости и отклонений формы поверхностей). Установка приборов на нуль производится по блоку концевых мер. Действительный размер детали определяется как алгебраическая сумма установочного размера (блока плиток) и отклонений по шкале прибора.

Задание

Проконтролировать калибр-пробку на пригодность применения.

Порядок выполнения работ

I. Пользуясь маркировкой калибра и СТ СЭВ 145-75 определить



элементы отверстия, для контроля которого предназначен этот калибр. По СТ СЭВ 157-75 выбрать необходимую схему полей допусков калибра, найти основные отклонения и рассчитать исполнительные размеры рабочего калибра.

2. Задаться установочным размером, соответствующим середине поля допуска и скорректировать его с учетом имеющегося набора плиток и пределов измерения по шкале прибора.

3. Составив блок плиток установочного размера, поместить его на тщательно промытый бензином и протертый столик 5 (рис.12). Винт 6 должен быть при этом отпущен, и столик вращением гайки 9 переведен почти в самое нижнее положение. Отпустить винт 7, вращая поддерживающую гайку 8, плавно опустить кронштейн 3 вместе с головкой прибора I пока измерительный наконечник 4 не коснется (не допуская удара!) поверхности блока. Продолжением вращения гайки 8 установить стрелку у нулевого штриха. Закрепить кронштейн в данном положении стопорным винтом 7. Окончательно установить стрелку на ноль вращением гайки 9 и винтом 6 закрепить положение столика. Проверить нулевую установку прибора, приподнимая и опуская 2-3 раза наконечник прибора арретиром IO.

4. При помощи арретира (только!) приподнять наконечник прибора и, удалив со столика блок плиток, поместить на его место калибр проходной (непроходной) стороной. Плотно прижимая калибр к столику и слегка прокатывая его под наконечником, произвести измерения в соответствии со схемой измерения, фиксируя наибольшие показания прибора с учетом знака. Данные замеров во всех сечениях занести в протокол измерений.

5. Определить действительные размеры диаметров сторон калибра как алгебраическую сумму установочной меры и отклонений прибора.

6. Дать заключение о годности калибра, сравнив измеренные и расчетные размеры.

7. Построить схему расположения полей допусков отверстия и контролируемого ка-

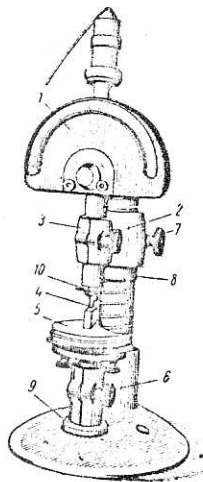


Рис.12. Оптикатор.

либра с обозначением всех элементов по п.2 СТ СЭВ 157-75.

Лабораторная работа № 9

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОПТИМЕТРАМИ И ДЛИНОМЕРАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: оптиметры, длиномеры, набор плоско-параллельных концевых мер длины, детали для контроля (калибр-пробка), бензин, салфетки, вазелиновое масло.

Общие положения

Оптиметры относятся к приборам с рычажно-оптической передачей и предназначены для измерения методом сравнения калибров, плоско-параллельных концевых мер длины и точных изделий. Приборы основаны на принципе оптического рычага. В СССР выпускаются вертикальный оптиметр окулярный типа ОВО-1, вертикальный с проекционным экраном ОВЭ-1 и ОВЭ-2, горизонтальный с окуляром ОГО-1 (цена деления 0,2...1 мкм).

Прибор состоит из вертикальной стойки I (рис.13,а), в кронштейне 4 которой закреплена трубка оптиметра 2 и регулируемого столика 7. При перемещении измерительного наконечника изображение шкалы 5, наблюдаемое в окуляр 3, смещается относительно неподвижного индекса 6.

В трубке оптиметра, показанной на рис.13,б, от источника света лучи направляются зеркалом I и призмой 2 на шкалу, на которой нанесено +100 делений. Шкала и указатель нанесены на плоскость стеклянной пластинки 3, расположенной в общей фокальной плоскости объектива 5 и окуляра ОК по разные стороны относительно главной оптической оси. Пройдя шкалу, луч попадает на призму 4 и, повернув на 90°, проходит через объектив 5. Выйдя из него, луч отразится от зеркала 6 и возвратится в фокальную плоскость объектива со смещением в горизонтальном направлении относительно главной оптической оси. Это используется для наблюдения изображения шкалы отдельно от самой шкалы. Изображение шкалы будет смещено и в вертикальном направлении, так как с перемещением измерительного стержня 7, опирающегося на измеряемую деталь Д, изменится положение зеркала 6 на угол  $\alpha$ , что вызовет отклонение отраженных от зер-

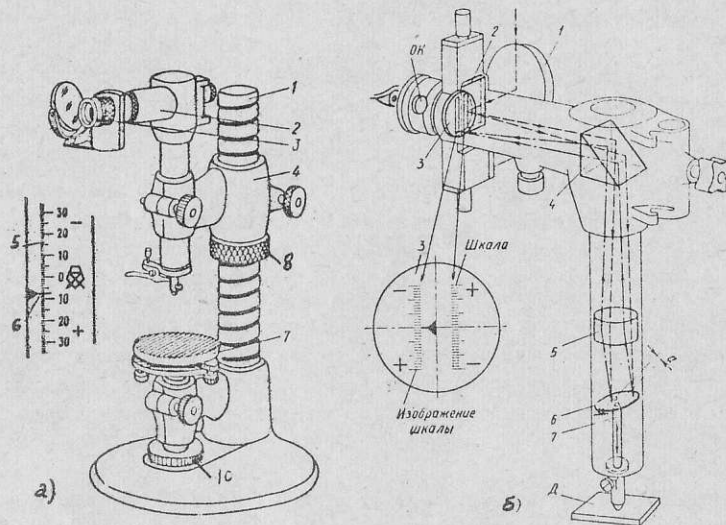


Рис. 13. Оптиметр вертикальный ОВО-1 (а) и схема его трубки (б).

када лучей на угол  $2\alpha$ . При этом изображение шкалы переместится в вертикальном направлении относительно неподвижного указателя на величину отсчета.

Конструкция трубки оптиметра одинакова для горизонтального и вертикального оптиметра. Вертикальный оптиметр служит для измерения наружных размеров, а горизонтальный — для измерения наружных и внутренних размеров. Пределы измерения по шкале трубки оптиметра  $\pm 0,1$  мм, а всего прибора  $0 \dots 180$  мм у вертикального и  $0 \dots 350$  мм у горизонтального оптиметров при усилии измерения 2 Н и погрешностях измерения  $0,07 \dots 0,3$  мкм. Меньшей погрешностью обладает оптиметр ОВЭ-2, у которого цена деления  $0,2$  мкм, а диапазон показаний  $\pm 25$  мкм. Недостатком оптиметра является необходи-

мость его наладки по концевым мерам длины. Установка оптиметра на нуль производится по блоку концевых мер, размер которого выбирается близким к размеру, соответствующему середине поля допуска объекта измерения. Этот блок ложится на измерительный столик (предварительно выверенный) и, опуская кронштейн поворотом гайки 8, плавно подводит заарретированный измерительный наконечник до соприкосновения с ним. Затем опустив арретир, добиваются подъемом измерительного столика гайкой 10 положения, когда неподвижный индекс станет против штриха 0. После этого кронштейн и столик фиксируются соответствующими винтами. Этот недостаток отсутствует у оптических длиномеров, предназначенных для абсолютных измерений в пределах  $0 \dots 100$  мм, и относительных измерений в пределах  $100 \dots 500$  мм с высокой точностью. Длиномеры имеют цену деления 1 мкм. В СССР выпускаются три типа длиномеров: вертикальный окулярный (тип ДВО), вертикальный и горизонтальный с проекционным экраном (типы ДВЭ и ДГЭ).

Рассмотрим принцип работы длиномера ДВО (рис. 14). Его конструкция соответствует принципу Аббе,

т.е. основная шкала является продолжением измеряемого размера детали. Эта шкала прозрачна и имеет деления от 0 до 100 мм. В пинноли 6 закреплен измерительный наконечник 8. Сила тяжести пинноли уравновешена противовесом, перемещающимся в масляном демпфере 10. Противовес с пиннолью соединены гибкой стальной лентой 9, перекинутой через блоки. Измерительное усилие определяется разностью масс пинноли и противовеса и регулируется грузовыми шайбами 11 в пределах  $0,75 \dots 2,5$  Н. Эта сила постоянна на протяжении всей шкалы  $0 \dots 100$  мм. Отсчет по

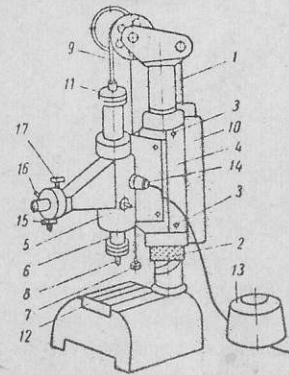


Рис. 14. Длинномер вертикальный ДВО.

шкале выполняется при помощи отсчетного микроскопа (спирального микроскопа) со спиральным нониусом, который состоит из окуляра



ОК двух стеклянных пластин, установленных одна над другой. На неподвижной пластине нанесена линейная шкала, имеющая десять штрихов с ценой деления 0,1 мм и расположенная в поле зрения окуляра (рис.15). На другой, вращающейся от маховичка 15 пластинке нанесена двухлинейная спираль Архимеда и круговая шкала, разделенная на 100 делений. Шаг спирали равен 0,1 мм. Один оборот вращающейся пластинки, т.е. 100 делений ее круговой шкалы, соответствует поступательному перемещению точки спирали вдоль радиальной прямой, равному шагу спирали. Иначе, одно деление круговой шкалы соответствует отсчету равному  $0,1/100 = 0,001$  мм.

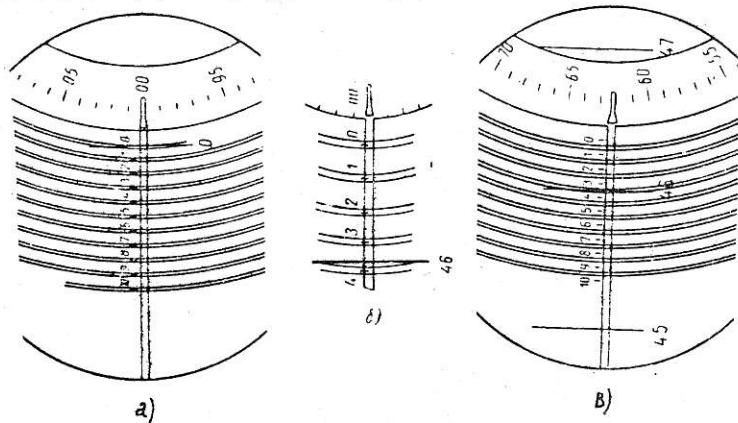


Рис. 15. Поле зрения отсчетного микроскопа:  
 а - при установке на 0; б - при отсчете 46,3 мм;  
 в - при установке полного отсчета 46,362 мм.

Таким образом, в поле зрения спирального микроскопа видны: штрихи миллиметровой шкалы (МШ), один из которых находится в зоне линейной шкалы, часть круговой шкалы и дуги витков спирали. Отсчет производят так: при помощи маховичка 15 поворачивают вращающуюся шкалу пока дуги одного витка двойной спирали не расположатся симметрично около того штриха МШ, который находится в пределах линейной шкалы (на рис.15,в - штрих 46 мм); это целые миллиметры отсчета; десятые доли отсчитывают по линейной шкале против штриха целых значений 46 мм (на рисунке 0,3 мм); сотые и тысячные доли отсчитывают по круговой шкале против стрелки линейной шкалы (на рисунке 0,062 мм). При этом видим, что полный от-

счет - сумма показаний всех трех шкал, т.е. 46,362 мм.

В последнее время изготовлены длиномеры с цифровым отсчетом. Такие длиномеры имеют цену деления 0,1...1,0 мкм, пределы измерений 0...100 при абсолютном и 0...200 - при относительном методах. Экранные и цифровые длиномеры дают возможность автоматизации процесса измерения и применения АСУП.

Установка прибора на нуль при абсолютном методе измерения осуществляется опиранием измерительного наконечника 8 на столик 12 с последующим вращением маховичка 15 до совмещения нуля МШ с нулем спирали (между двойной спиралью - штрих нуля), а нуль круговой шкалы в этот момент должен находиться против стрелки линейной шкалы. При этом все штрихи линейной шкалы расположатся между линиями двойной спирали (рис.15,а). Установка длиномера на нуль при относительных измерениях выполняется по блоку концевых мер (обычно целое число мм), подбираемому так, чтобы измеряемый размер перекрывался суммой размера блока и пределов измерения прибора. Все остальные действия по установке те же, что и для абсолютных измерений. Действительный размер измерения при этом определяется суммой размера блока и отсчета по окулярному микроскопу длиномера.

Задание

Измерить размеры калибра-пробки и дать заключение о пригодности применения его.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь маркировкой калибра и СТ СЭВ 145-75 определить элементы отверстия, для контроля которого предназначен этот калибр. По СТ СЭВ 157-75 выбрать необходимую схему полей допусков калибра, найти основные отклонения и рассчитать исполнительные размеры его.

2. Для оптиметра - а) задаться установочным размером, соответствующим середине поля допуска и скорректировать его с учетом имеющегося набора концевых мер. Составить блок плиток установочного размера и установить оптиметр на 0, как описано выше; б) используя арретир, снять блок концевых мер и на его место расположить калибр-пробку; в) плотно прижимая к столику 7 калибр, до-

биться положения измерительного стержня на наивысшей точке измеряемого диаметра пробки, что наблюдается в окуляре 3 при подсвечивании светом от зеркала; г) по шкале считать результат с учетом знака; д) суммируя полученный результат и установочный размер, определить действительное значение пробки в данном сечении и записать в протокол измерений.

Для длиномера- а) включить в сеть трансформатор I3 (рис. I4) для питания осветителя I4; б) установить длиномер на 0, как описано выше; в) тросиком с рукояткой 7 поднять пиноль 6 с измерительным наконечником 8 над столиком I2; г) поместить на столик калибр-пробку и, плотно прижимая его к столику, опустить наконечник на наивысшую точку диаметра калибра; д) вращением маховичка I5 расположить штрих миллиметровой шкалы между параллельными витками спирали; е) считать по трем шкалам результат и записать его в протокол измерений.

3. Дать заключение о годности калибра-пробки, сравнивая действительные его размеры с расчетными.

4. Построить схему расположения полей допусков отверстия и контролируемого калибра с обозначением всех элементов по п.2 СТ СЭВ I57-75.

Лабораторная работа № 10

ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ МЕТОДОМ ТРЕХ ПРОВОЛОЧЕК И МИКРОМЕТРАМИ СО ВСТАВКАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: комплекты калиброванных проволочек, резьбовой шаблон, микрометр гладкий, стойка микрометра, микрометр резьбомерный, деталь с наружной метрической резьбой, салфетка, бензин.

Общие сведения

При измерении среднего диаметра резьбы методом трех проволочек во впадины резьбы закладывают выпускаемые наборами измерительные проволочки (или ролики) - одна с одной и две с другой стороны профиля резьбы (ось измерения перпендикулярна оси резьбы, рис. I6).

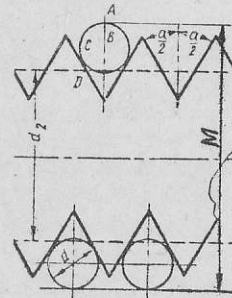


Рис. I6. Схема измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволочек.

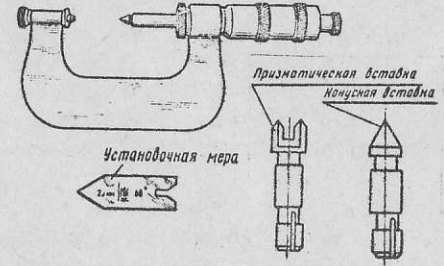


Рис. I7. Резьбовой микрометр со вставками.

В общем случае средний диаметр вычисляют из выражения

$$d_2 = M - d_n \left( 1 + \frac{I}{\sin \alpha/2} \right) + \frac{P \cdot \operatorname{ctg} \alpha/2}{2},$$

где M - размер (рис. I6), замеренный любым прибором, мм;

$d_n$  - диаметр проволочек, подбираемый по формуле  $d_n = \frac{P}{2 \cos \alpha/2}$ ;

P - шаг резьбы;  $\alpha$  - угол профиля резьбы.

Для случая измерения  $d_2$  метрической резьбы формулы приобретают вид:  $d_2 = M - 3d_n + 0,866P$ ;  $d_n = P/1,732$ . Диаметр проволочек проставлен на треугольных бирках комплектов. Выбор прибора для измерения размера M производится в зависимости от требуемой точности измерения. Для операционного контроля резьбы, для контроля резьбы при ремонте и в других случаях приближенного измерения среднего диаметра наружных резьб (метрических, дюймовых, трапециoidalных) применяется микрометр со вставками (рис. I7). Его конструкция отличается от гладкого микрометра только тем, что торцы микровинта и пятки имеют отверстия, в которые вставляются специальные вставки: коническая - в отверстие стебля, призматическая - в отверстие пятки (рис. I8). Вставки выбираются по шагу резьбы, интервал которых маркируется на самих вставках. Углы конуса и призмы вставок равны углу профиля контролируемой резьбы.



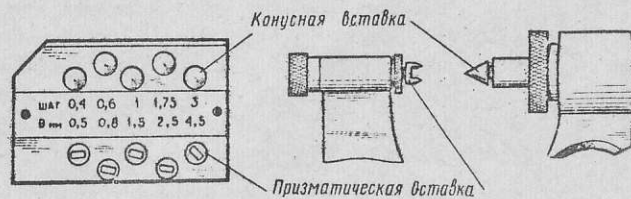


Рис. I8. Вставки резьбового микрометра.

Проверка нулевой установки для микрометра 0...25 мм производится при соприкосновении поверхностей призматической и конической вставки путем регулировки положения барабана. Для микрометров с пределами выше 25 мм проверка нулевой установки производится по установочной мере, вид которой показан на рис. I7. Отсчет показаний выполняется по шкалам стебля и барабана как у обычного микрометра. Погрешность измерения составляет 10...35 мкм.

Задание

1. Измерить средний диаметр резьбы методом трех проволоочек и резьбовым микрометром по заданной схеме измерения.
2. Определить степень точности резьбы по среднему диаметру.

Порядок выполнения работы

1. Промыть бензином и насухо протереть контролируемую деталь. Пользуясь резьбовым шаблоном (контроль на просвет), определить шаг резьбы.
2. Рассчитать по формуле и выбрать необходимый комплект проволоочек. Закрепив гладкий микрометр в стойке выполнить измерение размера М (рис. I6) по схеме измерения на длине свинчивания. Определив среднее арифметическое значение М, рассчитать действительный средний диаметр резьбы  $d_{2g}$ .
3. По СТ СЭВ I82-75 определить теоретический средний диаметр

измеряемой резьбы  $d_{2T}$ . Сравнив разность  $\Delta d_2$  теоретического и действительного средних диаметров со значением допуска на средний диаметр  $ITd_2$  контролируемой резьбы по СТ СЭВ 640-77 определить степень точности резьбы.

4. По значению шага резьбы выбрать вставки для резьбового микрометра и проверить его нулевую установку. Измерить им средний диаметр резьбы по схеме измерения. Рассчитать действительный средний диаметр резьбы как среднее арифметическое результатов измерений, сравнить его значение с теоретическим и определить степень точности резьбы как указано выше.

Лабораторная работа № II

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗЬБЫ НА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ МИКРОСКОПЕ

Приборы, инструменты, принадлежности: малый инструментальный микроскоп, набор концевых мер длины, контролируемое резьбовое изделие (метчик, резьбовой калибр-пробка, бензин, салфетки, вазелиновое масло).

Общие сведения

Инструментальный микроскоп предназначен для измерения линейных и угловых размеров резьбовых изделий, режущего инструмента, профильных шаблонов, кулачков и других изделий проекционным методом (в проходящем или отраженном свете). Они разделяются на малые (ММИ), большие (БМИ) и бинокулярные (БИМ).

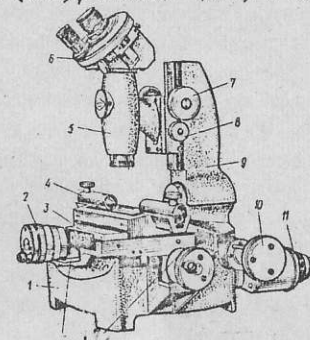


Рис. I9. Малый инструментальный микроскоп.

Малый микроскоп ММИ имеет (рис. I9) окулярную головку 6, микровинты поперечного 2 и продольного I2 перемещения салазок стола 3. Пределы перемещения микроинтантами: в поперечном направлении 0...25 мм, в продольном направлении 0...25, а с помощью концевых мер может быть увеличен до 50...75 мм (соответственно мерой 25 и 50 мм).

По микровинтам отсчитывают линейные размеры контролируемого изделия. Для этого наводят на изображение контура изделия в окулярной головке горизонтальную штриховую линию 6 (рис.20) в нужное место и снимают показание микровинта, затем эту линию переводят в другую точку отсчета и вновь снимают показание микровинта. Разность показаний будет давать искомый размер. Точность измерения у микроскопов ММИ - 0,01 и 0,005 мм.

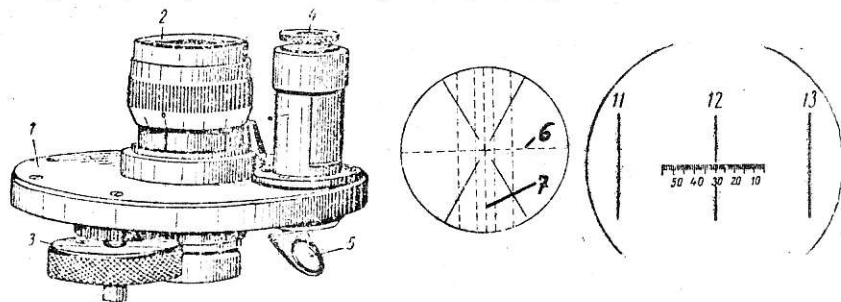


Рис.20. Угломерная окулярная головка микроскопа ММИ, ее штриховая сетка и поле зрения отсчетного микроскопа.

Угловые измерения производят угломерной окулярной головкой, имеющей диск со штриховой и угловой сеткой 0...360°, который поворачивается вокруг вертикальной оси при помощи маховичка 3. Поле зрения отсчетного устройства 4, 5 головки имеет вид рис.20,в.

Для углового измерения надо совместить нуль угловой сетки (линия 7) с одной стороной угла и снять отсчет, затем то же повторить для другой стороны угла и снять второй отсчет. Разность отсчетов дает искомый угол. Отсчет берется с точностью 1' благодаря шкале (на рис.20,в отсчет составляет 12°30').

Для измерения элементов резьбы деталь ставят в центрах на столе микроскопа, при этом ось центров не совпадает с осью измерения продольным микровинтом, а следовательно, и не перпендикулярна оси поперечного перемещения. Для учета погрешностей поэтому измерения ведут как по правым, так и по левым сторонам профиля. Так, для определения среднего диаметра резьбы измеряют поперечным перемещением стола размеры  $d_{2n}$  и  $d_{2л}$  (рис.2I,а), а действительное значение находят как среднеарифметическое этих двух значений:

$$d_2 = (d_{2n} + d_{2л}) / 2, \text{ мм.}$$

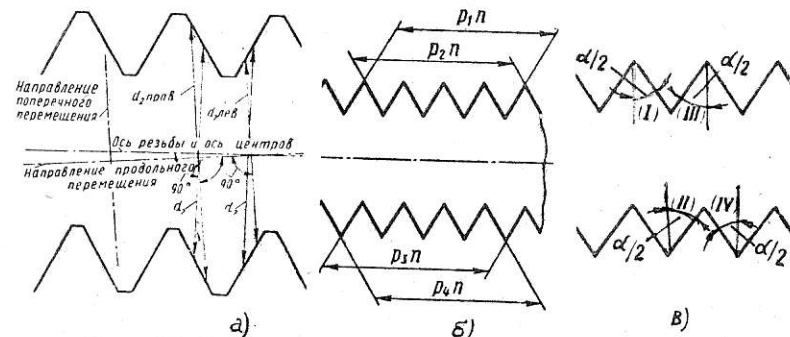


Рис. 2I. Схема измерений среднего диаметра (а), шага (б) и углов профиля (в) резьбы на инструментальном микроскопе.

При определении шага резьбы и погрешности шага производят измерение расстояния между одноименными профилями резьбы (тоже правыми и левыми) на определенном числе витков  $n$ , зависящем от длины свинчивания (обычно 5...8 витков), с двух сторон от оси резьбы (рис.2I,б). За действительный размер измерения  $n$  шагов принимают:

$$P_n = \frac{P_{1n} + P_{2n} + P_{3n} + P_{4n}}{4}, \text{ мм; если } d \leq 3 \text{ мм,}$$

$$P_n = \frac{P_{1n} + P_{2n}}{2}, \text{ мм; если } d > 3 \text{ мм.}$$

При измерении  $P_n$  визируется боковая сторона соответствующего профиля пунктирной линией штриховой сетки (линии 7, рис.20,б). Этого добиваются маховичком 3 (рис.20,а) и микровинтами продольного и поперечного перемещения стола. Перекрестие объектива в этом случае располагают на середине стороны профиля.

Разность между измеренной величиной  $P_n$  и величиной произведения  $n \cdot P$  дает накопленную погрешность и погрешность шага:

$$\Delta P_n = P_n - n \cdot P; \quad \Delta P = \Delta P_n / n.$$

Измерение половин угла профиля и определение угла профиля производятся угломерной окулярной головкой. Половины углов  $\frac{\alpha}{2} \lambda$  и  $\frac{\alpha}{2} \pi$  замеряются как углы между воображаемой вертикальной линией, проходящей через вершину профиля и левой (правой) сторонами



профиля. Это дает возможность выявить возможный завал профиля, а для исключения погрешности от установки оси резьбы несоосно с осью измерения, последние выполняют в нижней и верхней ( по отношению к оси резьбы) частях контура. Причем, следует помнить, что одно значение  $\frac{\alpha}{2}$  будет иметь величину, вычисляемую через  $360^\circ$ . Измеренные значения половин угла профиля с двух сторон контура (рис. 21, в) дают основание вычислить:

$$\frac{\alpha}{2} \lambda = \frac{\frac{\alpha}{2} I + \frac{\alpha}{2} II}{2}; \quad \frac{\alpha}{2} \pi = \frac{\frac{\alpha}{2} III + \frac{\alpha}{2} IV}{2};$$

$$\Delta \frac{\alpha}{2} \lambda = \frac{\alpha \lambda}{2} - \frac{\alpha \tau}{2}; \quad \Delta \frac{\alpha}{2} \pi = \frac{\alpha \pi}{2} - \frac{\alpha \tau}{2};$$

$$\Delta \frac{\alpha}{2} = \frac{|\Delta \frac{\alpha}{2} \lambda| + |\Delta \frac{\alpha}{2} \pi|}{2}; \quad \alpha = \frac{\alpha \lambda}{2} + \frac{\alpha \pi}{2}; \quad \Delta \alpha = \alpha - \alpha \tau,$$

где  $\alpha$  - значение угла профиля;

$\Delta$  - обозначает отклонение угла или его половины;

$\tau$  - индекс, обозначающий, что значение параметра теоретическое.

Наружный и внутренний диаметры резьбы на МИИ можно измерить путем поочередного визирования выступов и впадин резьбы в верхней и нижней частях контура, используя при этом перемещения стола и горизонтальную штриховую линию 6 (рис. 20, б), но предварительно надо вывернуть оси резьбы и измерения (ось установочных центров 4, рис. 19).

#### Задание

Измерить основные параметры резьбы резьбовой детали и дать заключение о годности ее.

#### Порядок выполнения работы

1. Установить резьбовую деталь в установочные центры и проверить фиксацию их на столе, а так же самого стола.

2. Включить трансформатор осветительной лампочки II в сеть (рис. 19).

3. Рукояткой 7 установить кронштейн 5 на резкость и зафиксировать винтом 8.

4. Микроподачей продольного и поперечного перемещения стола установить соответствующие элементы штриховой сетки согласно схеме измерений (рис. 21), снять отсчеты для определений  $d, d_1, d_2, \frac{\alpha}{2} \lambda, \frac{\alpha}{2} \pi, P_n, P_{2n}$ . Полученные значения записать в протокол измерений.

5. Произвести расчеты  $P_n, \Delta P_n, \Delta \frac{\alpha}{2}, \Delta \alpha, d, d_1, d_2$  и записать их в протокол измерений.

6. По СТ СЭВ 182-75 выбрать значения параметров  $P, \alpha, d, d_1, d_2$  теоретические.

7. Определить суммарный допуск среднего диаметра резьбы, который включает отклонение собственно среднего диаметра  $\Delta d_2$  и диаметральные компенсации погрешностей шага ( $f_p$ ) и угла профиля ( $f_\alpha$ ):

$$T_{d_2} = \Delta d_2 + f_p + f_\alpha; \quad (\text{мкм}),$$

где  $f_p = 1,732 \Delta P_n$ ;  $f_\alpha = 0,36 P \Delta \frac{\alpha}{2}$ , ( $\Delta P_n$  - в мкм;  $P$  - в мм;  $\Delta \frac{\alpha}{2}$  - в угловых минутах). Следует учесть, что  $f_p$  и  $f_\alpha$  регламентированы СТ СЭВ 640-77.

8. Определить приведенный средний диаметр резьбы  $d_{2np} = d_2 + f_p + f_\alpha$  и сравнив его с теоретическим, полученным по СТ СЭВ 182-75, дать заключение о годности резьбы.

#### Лабораторная работа № 12

#### ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗУБА И СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА ЗУБОМЕРАМИ

Приборы, инструменты, принадлежности: тангенциальные зубомеры, образцовые валики, штангензубомеры, зубчатые колеса, бензин, салфетки.

#### Общие сведения

Точность изготовления зубчатых колес проверяется различными методами. При этом используется система допусков для эвольвентных цилиндрических зубчатых передач (СТ СЭВ 641-77). По этому стандарту установлены регламентированные значения ряда параметров, входящих в комплексы контроля кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и бокового зазора как отдельного

колеса, так и передачи.

Следует учесть, что погрешности изготовления и монтажа зубчатых колес учитывают при определении наибольшего бокового зазора. Разность между наибольшим и гарантированным зазорами должна быть достаточной для компенсации этих погрешностей. Обеспечение необходимой величины бокового зазора осуществляется смещением исходного контура (рис.22) относительно оси колеса, что приводит к уменьшению толщины зуба. Действительное положение исходного контура

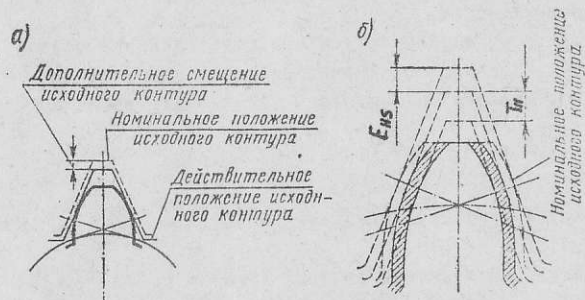


Рис.22. Схема смещения исходного контура (а) и параметры, его регламентирующие (б).

регламентируется двумя величинами (рис 22,б): наименьшим дополнительным смещением исходного контура  $E_{Hs}$  (зависит от степени точности по нормам плавности и вида сопряжения) и допуском на смещение исходного контура  $T_H$  (зависит от допуска на радиальное биение  $F_2$  и вида сопряжения).

Для контроля смещения исходного контура применяются тангенциальные зубомеры, а для измерения длины хорды зуба на заданной высоте от окружности выступов (или толщины зуба по постоянной хорде) применяют штангензубомеры.

Тангенциальные зубомеры (рис.23,а) снабжены двумя губками с измерительными гранями, составляющими угол, равный двойному углу зацепления. По биссектрисе этого угла расположена ось индикатора или микрометрической головки. Настройка прибора производится по роликам, размер которых определяют по модулю колеса (на ролике нанесены величины модуля). Перемещение губок осуществляют до тех пор, пока касание их с роликом будет примерно посередине. Установ-

ка индикатора производится таким образом, чтобы измерительный наконечник его обеспечил при касании с роликом предварительный натяг в пол-оборота. В этом положении зубомера фиксируют затяжные гайки и поворачивают нулевой штрих шкалы на стрелку-указатель.

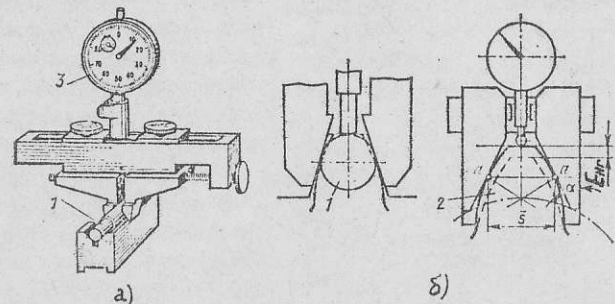


Рис.23. Схемы настройки тангенциального зубомера (а) и измерения смещения исходного контура (б); 1 - образцовый валик; 2 - контролируемый зуб; 3 - индикатор.

При измерении смещения исходного контура зубомер переносят на контролируемый зуб и покачиваниями влево-вправо определяют направление и наибольшую величину отклонения стрелки от нулевого положения. При этом, следует учитывать, что смещение исходного контура в тело колеса (знак у  $E_H$  "минус") соответствует отклонению стрелки в "плюс". При измерении в качестве базы использована поверхность головки зуба. Поэтому для определения действительного смещения исходного контура, измеренного относительно оси вращения колеса необходимо учитывать допуск на радиальное биение наружного цилиндра относительно оси колеса  $-F_{da}$  и нижнее отклонение размера диаметра наружного цилиндра от номинального расчетного значения  $-T_{Ada}$ . Эти значения можно принимать по табл.5-24 [3]. В соответствии с этим вводится уменьшенный производственный допуск, а для определения предельных отклонений исходного контура и допуска используют формулы (рис.24):

$$E_{Hspr} = E_{Hs} - 0,35 F_{da} ; \quad T_{Hпр} = T_H - (0,5 A_{d\alpha} + 0,7 F_{da}) ;$$

$$E_{Hi пр} = E_{Hspr} - T_{Hпр} .$$



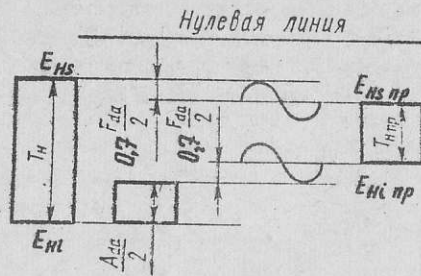


Рис. 24. Соотношение регламентированного ( $T_n$ ) и производственного ( $T_{n пр}$ ) допусков смещения исходного контура.

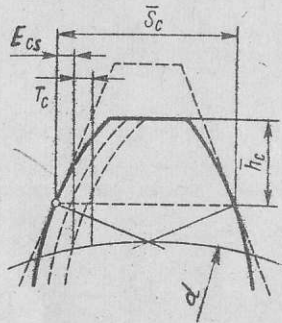


Рис. 25. Параметры контроля толщины зуба по СТ СЭВ 641-77.

где  $h_a$  - высота головки зуба;  $x$  - коэффициент корригирования;  $m$  - модуль зуба;  $\alpha$  - угол зацепления.

После установки величины  $\bar{h}_c$  зубомер переносят на зуб измеряемого колеса, торец высотной линейки опирают на головку зуба, а

\* Знак минус относится к зубчатым колесам внутреннего зацепления.

Пределные значения толщины зуба по постоянной хорде нормируют наименьшим отклонением толщины зуба  $E_{cs}$  (рис. 25) и допуском на толщину зуба  $T_c$ . Измерение толщины зуба по постоянной хорде производят штангензубомером с использованием в качестве базы наружного цилиндра колеса и поэтому для них действительны все указанные выше положения относительно производственного допуска. Пределные отклонения и допуск толщины зуба по постоянной хорде находят из выражений:

$$E_{cs пр} = 0,73 E_{нс пр};$$

$$T_{c пр} = 0,73 T_{н пр};$$

$$E_{ci пр} = 0,73 E_{ни пр}.$$

Значение толщины зуба по постоянной хорде измеряют, настраивая высотную линейку штангензубомера на размер высоты окружности выступов до постоянной хорды для корригированных зубьев:

$$\bar{h}_c = h_a - \left( \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha \pm x \sin^2 \alpha \right) m^*$$

для некорригированных зубьев:

$$\bar{h}_c = 0,7476 m,$$

губки измерительной линейки без просветов опирают на профиль зуба и по отсчетному устройству подсчитывают фактическую величину  $\bar{S}_c$  - толщины зуба по постоянной хорде. Номинальную величину для корригированного зуба можно определить из выражения:

$$\bar{S}_c = m \left[ \left( \frac{\pi}{2} \right) \cos^2 \alpha \pm x \cdot \sin 2\alpha \right],$$

а для некорригированного зуба  $\bar{S}_c = 1,387 m$ .

Полученное измерением значение толщины зуба сравнивают с расчетным номинальным  $S_c$ , получая при этом значение действительного отклонения толщины зуба  $E_{cz}$ . На основе сравнения измеренных значений  $E_{нз}$  и  $E_{cz}$  с регламентированными по СТ СЭВ 641-77  $E_{нс}$ ,  $E_{cs}$ ,  $T_n$ ,  $T_c$  делается вывод о качестве изготовления профиля зубьев.

#### Задание

Измерить смещение исходного контура и толщину зуба и на этом основании сделать вывод о годности зубчатого колеса.

#### Порядок выполнения работы

1. Для измерения смещения исходного контура:

- настроить тангенциальный зубомер как описано выше;
- измерить выборочно на трех зубьях действительное смещение исходного контура и рассчитать среднееарифметическое  $E_{нз}$  (данные записать в протокол измерений);
- выбрать по СТ СЭВ 641-77 и табл. 5-24 [3] значения номинальных величин  $E_{нс}$ ,  $E_{ни}$ ,  $T_n$ ,  $A_{аа}$ ,  $F_{da}$  и определить параметры производственного изготовления  $E_{нс пр}$ ,  $E_{ни пр}$ ,  $T_{н пр}$ .

2. Для измерения толщины зуба:

- определить номинальные расчетные значения  $\bar{h}_c$  и  $\bar{S}_c$ ;
- настроить штангензубомер (высотную линейку его) на полученное значение  $\bar{h}_c$ ;
- на выбранных выше трех зубьях измерить действительную толщину зуба и рассчитать среднееарифметическое  $S_{cz}$  (данные значения записать в протокол измерений);
- определить значение  $E_{cz} = S_c - S_{cz}$ ;
- выбрать по СТ СЭВ 641-77 значения номинальных величин  $E_{cs}$ ,

$E_{ci}$  и  $T_e$  и определить параметры изготовления  $E_{cs пр}$ ,  $T_{e пр}$  и  $E_{ci пр}$ .

3. Сделать сравнение и вывод о годности колеса. Колесо годно если:

$$E_{ns пр} > E_{nz} > E_{ni пр} \quad \text{и} \quad E_{cs пр} > E_{cz} > E_{ci пр}$$

Лабораторная работа № 13

### ИЗМЕРЕНИЕ ШАГА И ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Приборы, инструменты, приспособления: шагомеры для основного шага, шагомеры для окружного шага, набор плоско-параллельных концевых мер, Г-образный и вильчатый боковики, державки, поверочные плиты, зубчатые колеса, зубомерные микрометры, нормалемеры, бензин, салфетки, вазелиновое масло.

#### Общие положения

Кинематическая точность и плавность зубчатой передачи в большой мере зависит от точности выполнения шага зубчатых колес и длины общей нормали.

При контроле зубчатых колес принято различать шаг зацепления или основной шаг и шаг окружной или угловой. Шагом зацепления  $p_a$  называется расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум смежным одноименным сторонам профиля зубчатого колеса или расстояние между одноименными сторонами профиля соседних зубьев, взятое по общей нормали к ним (рис.26).

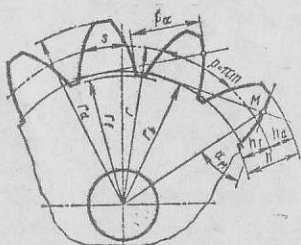


Рис.26. Соотношения шага, шага зацепления, толщины зуба по делительной окружности и других параметров зубчатого колеса.

Окружной шаг  $p$  это расстояние между одноименными сторонами профиля соседних зубьев колеса, измеренное по дуге делительной окружности. Величины шагов  $p_a$  и  $p$  выражаются через модуль соотношениями:

$$p = \pi \cdot m; \quad p_a = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha.$$

Измеряя значения основного и окружного шагов, можно определить величины отклонений окружного ша-

га  $f_{ptz}$  и основного шага  $f_{pbz}$ , которые ограничиваются предельными значениями  $\pm f_{pt}$  и  $\pm f_{pb}$  в зависимости от модуля зацепления, диаметра делительной окружности и степени точности колеса, табл. I.66 [57] или У1.7 [37]. Для определения действительных отклонений шагов необходимо замерить на контролируемом колесе значения основного  $p_{az}$  и окружного  $p_z$  шагов и сравнить их с теоретическими. Разность соответствующих значений и будет давать нужные отклонения  $f_{ptz}$  и  $f_{pbz}$ .

Для измерения шагов применяют приборы, называемые шагомерами.

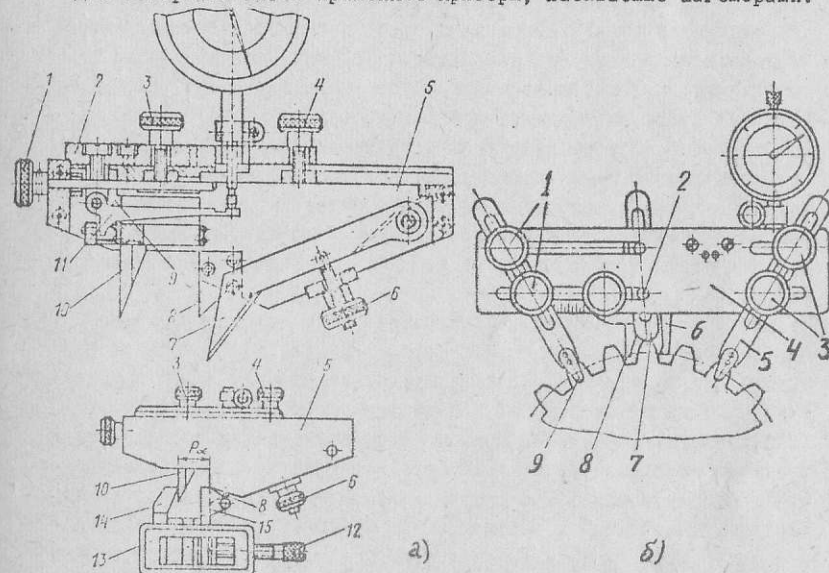


Рис. 27. Схема шагомеров: а - для измерения шага зацепления; б - для измерения окружного шага.

Шагомер для контроля отклонений основного шага (шага зацепления) имеет корпус 5 (рис.27,а), в котором жестко укреплен неподвижный тангенциальный наконечник 8. Подвижный тангенциальный наконечник 10 подвешен на двух плоских параллельных пружинах 9 и передвигной планке 2. Эта планка может перемещаться вдоль корпуса винтом 1 (для настройки) и закрепляется стопорными гвинтами



3 и 4. От наконечника 10 через упор рычага 11 перемещение передается измерительному стержню индикатора, укрепленному в корпусе. Настройку планки 2 и индикатора на номинальный шаг  $p_k$  производят по блоку концевых мер, набранному из расчета  $p_k = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha$  и закрепленному в державке 13 винтом 12 вместе со специальными боковиками 14 и 15 (Г-образным и вилчатым). Индикатор с предварительным натяжением 0,5 шкалы устанавливают на 0. После этого шагомер накладывают на контролируемое колесо так, чтобы передние рабочие поверхности наконечников 8 и 9 касались одноименных профилей соседних зубьев колеса, причем наконечник 10 находился вблизи средней части зуба. При этом положении шагомера регулируемый наконечник 7 устанавливается так, чтобы он упирался в противоположный профиль третьего зуба и закрепляют его гайкой 6. В этом положении стрелка индикатора будет показывать отклонение  $f_{p_k}$  данного шага от его номинального значения. Параллельность и прямолинейность измерительных поверхностей губок обуславливает их касание с зубьями в точках, лежащих по общей нормали к профилям или на касательной к основной окружности колеса.

Погрешность (отклонение) окружного шага измеряют шагомером для окружного шага, имеющим корпус 4 (рис. 27, б), в котором на двух плоских пружинах подвешен подвижный измерительный наконечник 8. От него через рычаг передается перемещение индикатору, закрепленному в корпусе. Переставной наконечник 6 устанавливают в нужном положении в пазах корпуса и закрепляют винтом 2. Опорные передние ножки 5, 9 и задняя 7 при измерениях опираются на выступы зубьев колеса. Их можно устанавливать в нужном положении стопорными винтами 1, 3 и другими, на рисунке которые не видны. Опорные ножки имеют выступы, снабженные на сторонах, обращенных к колесу, шариками, служащими для фиксации прибора в осевом направлении по отношению к колесу. Для установки наконечника 6 в нужном положении, его перемещают до совпадения штриха с цифрой (на шкале корпуса) соответствующей модулю колеса, причем наконечники 6 и 8 касаются одноименных профилей двух соседних зубьев по середине профиля. В этом положении, с предварительным натягом в полшкалы и среднем положении углового рычага, стрелку индикатора устанавливают на 0. Переходя от одного зуба к другому, можно определить погрешность окружного шага  $f_{p_k}$  и накоп-

ленную погрешность окружного шага  $F_{p_k}$  по всему колесу или на  $k$  зубьев ( $F_{p_k k}$ ). Значения  $F_{p_k}$  и  $F_p$  нормализованы, табл. I.64 [57] или VI.6 [37].

Длиной общей нормали называется расстояние между точками касания двух разноименных профилей с охватывающими их параллельными касательными к ним плоскостями (рис. 28, в).

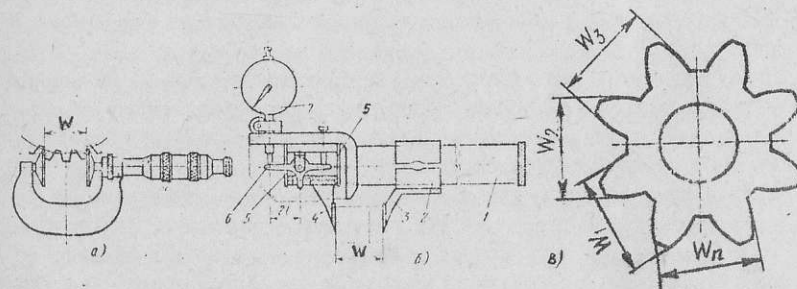


Рис. 28. Приборы контроля длины общей нормали: зубомерный микрометр (а), нормалемер индикаторный (б) и схема к определению средней длины общей нормали (в).

Средняя длина измеренной общей нормали определяется как среднеарифметическое:

$$W_{mz} = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_n}{n}$$

Разность между наибольшей и наименьшей измеренными длинами общей нормали называют колебанием длины общей нормали

$$F_{vwz} = W_{max} - W_{min}$$

Расчетное значение длины общей нормали для цилиндрических зубчатых колес можно определить:

$$W = m \left[ 1,476 (2n - 1) + 0,01387z \right]$$

где  $n = \frac{z}{9}$  или  $n = 0,111z + 0,5$  - число зубьев в растворе губок измерительного инструмента, округленное до ближайшего целого;  $m$  - модуль;  $z$  - число зубьев.

Разность между действительным значением средней длины общей нормали и теоретическим ее значением будет действительным отклонением длины общей нормали:

$$E_{wmsz} = W_{mz} - W.$$

Величина отклонения средней длины общей нормали ограничена. В СТ СЭВ 64I-77 (табл. VI.14 и VI.16 [3]) приводятся значения наименьшего отклонения средней длины общей нормали  $E_{wms}$  и допуск на среднюю длину общей нормали  $T_{wm}$ . Измерения длины общей нормали производят нормалемерами индикаторными или микрометрическими.

Индикаторный нормалемер (рис. 28, б) имеет трубку 1, по которой перемещается при настройке разрезная втулка 2 (разжатие ее осуществляется клиновым ключом, помещенным в торце трубки) с жестко закрепленной на ней неподвижной измерительной губкой 3. Подвижная измерительная губка 4 подвешена на плоских пружинах 5 и свои перемещения через рычаг 6 передает индикатору 7, по которому снимают отсчет. Настройка нормалемера осуществляется по блоку концевых мер, размер которого можно вычислить как указывалось выше.

При измерениях длины общей нормали микрометрическим нормалемером надо определить число зубьев для измерений и произвести замеры.

#### Задание

Измерить отклонения окружного и основного шагов, длины общей нормали, сделать вывод о годности зубчатого колеса.

#### Порядок выполнения работы

1. Для измерения отклонения основного шага необходимо:
  - а) настроить индикатор шагомера, как указано выше, на 0;
  - б) произвести измерения в трех выбранных местах зубчатого колеса по левым, а затем по правым сторонам профиля зуба; данные замеров и вычислений среднеарифметических записать в протокол измерений (необходимо помнить, что отсчеты у шагомера производятся с учетом передаточного отношения углового рычага 5:1 и поэтому цена деления

индикатора становится не 0,01 мм, а 0,002 мм).

- в) по СТ СЭВ 64I-77 определяется регламентированное значение отклонения основного шага.
2. Для измерения окружного шага необходимо:
    - а) настроить индикатор шагомера, как указано выше, на 0;
    - б) произвести измерения отклонений угловых шагов по всем зубьям и результаты со своими знаками записать в протокол измерений (необходимо помнить, что отсчет у этого шагомера производится по цене деления индикатора с учетом передаточного отношения углового рычага 2:1, т.е. не 0,01 мм, а 0,005 мм);
    - в) построить график изменения накопленной погрешности по зубчатому колесу, на котором выделить накопленную погрешность  $k$  шагов;
    - г) на построенном графике определить погрешности  $F_{pkz}$ ,  $F_{pz}$ ;
    - д) по СТ СЭВ 64I-77 определить регламентированные значения  $F_{pk}$  и  $F_p$ .
  3. Для измерения отклонения длины общей нормали необходимо:
    - а) определить число зубьев для измерения длины общей нормали;
    - б) определить расчетную длину общей нормали;
    - в) набрать на эту длину блок концевых мер и по нему настроить индикаторный нормалемер на 0 (микрометрический нормалемер настраивается на расчетную длину общей нормали);
    - г) произвести измерения индикаторным нормалемером трех отклонений длин общей нормали, а потом определить три длины общей нормали (микрометрическим нормалемером сразу измеряют три длины общей нормали) на зубчатом колесе в произвольно выбранных местах (следует помнить, что отсчеты у индикаторного нормалемера производятся с учетом передаточного отношения углового рычага 2:1, т.е. по цене деления 0,005, а не 0,01 мм);
    - д) рассчитать среднюю длину измеренной общей нормали и отклонение длины общей нормали;
    - е) по СТ СЭВ 64I-77 определить регламентированные значения отклонения и допуска средней длины общей нормали.
  4. По полученным замеренным и регламентированным значениям



сделать вывод о годности зубчатого колеса.

Лабораторная работа № 14

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Приборы, инструмент, принадлежности: биениемер с индикатором часового типа, набор роликов, набор измерительных наконечников (конический, шариковый, тангенциальный), мел, зубчатое колесо.

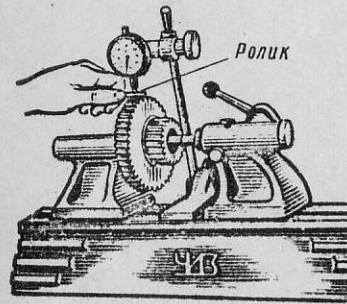
Общие положения

Так как токарная и зубонарезная обработки заготовки происходят на различных станках, то у зубчатого венца можно различить два радиальных биения: радиальное биение диаметра головок зуба -  $F_{da}$ , формируемое при токарной обработке и радиальное биение профиля зуба -  $F_z$ , формируемое при зубообработке. Первое - важно при измерениях некоторых элементов зубчатых передач, когда поверхность головки зуба используется в качестве базовой поверхности (например, при измерениях толщины зуба и смещения исходного контура зубомерами). Это радиальное биение можно определить как наибольшее колебание расстояний от поверхностей головок зуба до оси вращения колеса. Измеряют его на биениемерах, снимая показания индикатора после касаний измерительным наконечником поверхностей головок зуба. Разность наибольшего и наименьшего показаний дает величину биения.

Второе является важной характеристикой кинематической точности зубчатого колеса. Это биение - наибольшее колебание расстояний от постоянных хорд зубьев (или впадин) до оси вращения колеса. Оно определяется относительным измерением радиального положения измерительного наконечника индикатора биениемера (шарикового, роликового или тангенциальной формы), вводимого поочередно во все впадины между зубьями (или седлообразного, имеющего форму впадины рейки, опираемого поочередно на каждый зуб).

Биение зубчатого венца прямозубых колес можно также определить по радиальному смещению ролика, закладываемого поочередно во все впадины между зубьями при установке зубчатого колеса на оправку в центрах биениемера (рис.29). Ориентировочно, диаметр

ролика ( $d$ ) подбирают из соотношения  $d = 1,5m$  (размеры - в мм). Настройку биениемера на нулевую установку производят



для намеченной впадины (отмечается мелом), с предварительным натягом измерительного наконечника индикатора на 0,5 шкалы и совмещением его стрелки с нулевым штрихом (совмещение выполняется поворотом ободка со шкалой до нулевого положения). При настройке необходимо тщательно выверить крепление зубчатого колеса на оправке (крепление с зазором даст неверные результаты измерений) и в центрах биениемера (оправка должна легко вращаться, но без зазора в центрах).

Рис. 29. Измерение радиального биения профиля зуба по ролику.

Задание

Измерить радиальные биения диаметра головки и профиля зубьев, определить степень точности зубчатого колеса по этим показателям.

Порядок выполнения работы

1. Установить зубчатое колесо на оправку и в центры биениемера, выверить установку.
2. Установить индикатор на стойку и настроить его на измерение, для чего установить шкалу на 0 при опирании измерительного наконечника с предварительным натягом на 0,5 шкалы на выбранный заранее ролик  $d = 1,5m$  (эту впадину пометить мелом).
3. Произвести измерения радиального биения профиля последовательно по всем остальным впадинам, занося результаты в протокол измерений.
4. Определить наибольшую разность полученных отсчетов и записать в графу  $F_{zz}$ .
5. По СТ СЭВ 641-77 найти регламентированное значение радиального биения профиля зуба и сравнить с полученным в п.4.

6. При измерении радиального биения диаметра головок зубьев настройку на 0 производят по головке зуба, помеченного мелом.

7. Измерения выполняют последовательно по всем оставшимся головкам зубьев и результаты заносят в протокол измерений.

8. Наибольшая разность отсчетов дает значение  $F_{da2}$ , которое сравнивается с регламентированным  $F_{da}$ , выбираемым по ИСО DR 1328 (см. табл. 5.24 [37]).

Лабораторная работа № 15

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ  
НА МИКРОСКОПЕ МИС-II

Приборы, инструменты, принадлежности: двойной микроскоп МИС-II с набором оптики, образцы шероховатости, объект-микрометр, деталь, салфетки, бензин.

Общие сведения

Двойной микроскоп МИС-II предназначен для измерения шероховатости поверхности по параметру  $R_z$  в пределах 3...9 классов шероховатости.

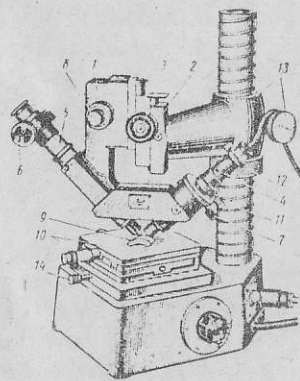


Рис.30. Двойной микроскоп МИС-II.

Салазки корпуса микроскопов I перемещаются по направляющим кронштейна 2 при помощи реечной передачи вращением винта 3. В корпусе помещены два микроскопа: осветительный 4 и визуальный 5. Осветительный микроскоп формирует световую щель, направляемую на исследуемую поверхность. Изображение щели на детали рассматривается в визуальный микроскоп, снабженный окулярным микрометром 6 (увеличение его  $\times 16$ ). Винтом 7 и кольцом II регулируют световую щель по ширине и положению ее в поле зрения окуляра,

а винтом 8 осуществляется микрофокусировка. Поворот стола IO выполняется при отпущенном винте I4, а перемещение его вместе с деталью 9 - двумя взаимно перпендикулярными микровинтами.

В тубусы микроскопов устанавливаются два одинаковых объектива, которые выбираются по предварительной оценке класса шероховатости детали путем сравнения ее с образцами шероховатости (табл. I).

Таблица I

Характеристика объективов МИС-II

Шифры объективов	Пределы по классам шероховатости объективов	Фокусное расстояние	Увеличение объективов с дополнительной линзой = 147 мм	Погрешность измерений в % от измеряемой величины шероховатости
ОС-39	3...6	25,0	$\times 5,9$	6...22
ОС-40	5...7	13,9	$\times 10,6$	10...25
ОС-41	6...8	8,2	$\times 18,0$	12...30
ОС-42	8...9	4,3	$\times 34,5$	25...32

Задание

Определить класс шероховатости поверхности заданной детали.

Порядок выполнения работы

1. Предварительно определить класс шероховатости поверхности детали путем визуального сравнения с образцами шероховатости. Пользуясь табл. I выбрать и установить в тубусы микроскопов два одинаковых объектива.

2. Осуществить тарировку окулярного микрометра при данных объективах. Для этого поместить на столик прибора объект-микрометр (стеклянная пластинка со шкалой длиной в 1 мм и ценой деления 0,01 мм). Включив освещение, грубо отрегулировать положение микроскопов на стойке гайкой I2 при освобожденном винте I3. Плавным регулированием, вращая винт 3, добиться видимости четкой световой щели. Затем в поле зрения визуального микроскопа подвести шкаду объект-микрометра так, чтобы штрихи шкады были перпендикулярны световой щели (рис.31). Освободив стопор, повернуть



окулярный микрометр (ОМ) вокруг оси, чтобы оси щели и винта микрометра совпадали по направлению и закрепить стопор. Совместив перекрестие ОМ с одним из штрихов шкалы объект-микрометра, снять показание по барабану ОМ. Затем переместить перекрестие на новый штрих (чем большее число делений шкалы объект-микрометра попадает в подсчет, тем точнее тарировка) и снять второй отсчет по барабану ОМ. Количество делений между фиксациями перекрестий тоже подсчитывается. Цена деления  $E$  шкалы ОМ находится из выражения:

$$E = \frac{n \cdot i}{2A},$$

где  $n$  - число делений шкалы объект-микрометра, попавших в подсчет;  $i$  - цена деления объект-микрометра (0,01 мм);  $A$  - разность отсчетов по барабану ОМ при совмещении перекрестия со штрихом. (Целые числа оборотов барабана отсчитывают по линии I, рис.32).

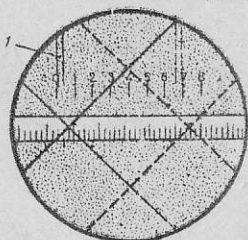


Рис. 31. Поле зрения окулярного микрометра при тарировке.

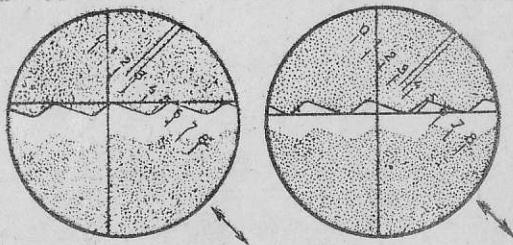


Рис. 32. Схема замеров для определения шероховатости поверхности.

3. Освободив стопор, повернуть окулярный микрометр так, чтобы одна из линий перекрестия заняла горизонтальное положение, и закрепить стопор. Удалить объект-микрометр, поместить на его место промытую деталь и сфокусировать изображение щели на детали. Затем вращением винта 3 деталь повернуть таким образом, чтобы направление шероховатостей было перпендикулярным световой щели. Обычно одна сторона щели фокусируется более резко, чем другая. Горизонтальная линия перекрестия подводится к вершинам изгиба щели по более резкой части, а затем к впадинам по

той же стороне (рис.32). Каждый раз при этом снимается отсчет по барабану ОМ. Размах неровности определяется как разность отсчетов по барабану ОМ, помноженная на цену деления  $E$ .

4. В пределах базовой длины, отсчитываемой по микрометрическому отсчетному устройству столика, найти и измерить 5 максимальных значений размаха неровностей.

5. Определить параметр шероховатости  $R_z$  (среднее арифметическое пяти измеренных значений размаха неровностей) и класс шероховатости детали по СТ СЭВ 638-77.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тищенко О.Ф., Валедицкий А.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения, - М.: Машиностроение, 1977. - 330 с.
2. Зябрева Н.Н., Перельман Е.И., Шегал М.Я. Пособие по решению задач по курсу "Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения". - М.: Высшая школа, 1977. - 300 с.
3. Допуски и посадки. Справочник/Под ред. В.Д. Мягкова, Т.1,2.- Л.: Машиностроение, 1978. - 1200 с.
4. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1979. - 350 с.
5. Справочник по производственному контролю в машиностроении/ Под общ. ред. А.К. Кутая, - М.: Машиностроение, 1974. - 970 с.

Составили доцент Метелин Е.П., асс. Монастырская Н.Н.  
Ответственный за выпуск доцент Дидык Р.П.

Утверждено на заседании кафедры (протокол № 21 от 4 октября 1980 г.) и методической комиссии по специальности 0506 (протокол № 1 от 22 октября 1980 г.)

---

Редакционно-издательский отдел ДПИ,  
г.Днепропетровск, пр. К.Маркса, 19.

---

Подписано к печати 24.10.80. Формат 60x84 1/16.  
Бумага типографская №1. Печать плоская. Усл.печ.л. 3,25  
Уч.-изд.л. 2,5. Тираж 150 экз. Зак. №2744. Бесплатно.  
Ротап rint городской типографии № 3 Днепропетровского областного управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
320002, г.Днепропетровск, ул.Серова, 7.