

Министерство образования и науки Российской Федерации
Муромский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(МИ ВлГУ)**

Отделение среднего профессионального образования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»**

для студентов специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Составитель: Никитина Л.Г.

Муром 2017 г.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ВЫБОР ПОСАДОК ПО ЗАДАНЫМ ЗАЗОРАМ И НАТЯГАМ

1. ЦЕЛЬ И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ПОСАДОК

Цель – обучение студентов работе со стандартами и приобретение навыков работы в качестве конструктора, который разрабатывает конструкцию узла и, зная характер сопряжения и номинальный размер, должен выбрать стандартную посадку.

Задания приведены в приложении и выбираются согласно заданному варианту.

Чтобы выбрать стандартную посадку, необходимо соблюдать следующие правила [1]:

1. Точность отверстия, как правило, не должна быть выше точности вала;
2. Точность вала не должна превышать точности отверстия больше, чем на 2 квалитета;
3. Действительные значения зазоров и натягов не должны отличаться от необходимых больше, чем на 20%.

2. ВЫБОР ПОСАДОК ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1. Выбор посадки с зазором (задача 1)

Исходные данные: номинальный размер соединения 20 мм;
наибольший зазор 0,060 мм;
наименьший зазор 0,018 мм.

2.1.1 Согласно стандарту СЭВ 144-75 [1, табл. 1.47, т.1] выбираем предпочтительную посадку с зазором, ближайшую к заданным условиям работы.

Ближайшие предельные зазоры $S_{\max} = 62$ мкм, $S_{\min} = 20$ мкм соответствуют посадке $\varnothing 20 \frac{H7}{f7}$, где H7 – точность изготовления отверстия; f7 – точность изготовления вала.

2.1.2. Согласно стандарту СЭВ 144-75 [1, табл. 1.27, т.1] определяем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала выбранной посадки

- для отверстия $\varnothing 20 H7 (^{0,021})$: верхнее отклонение $ES = 21$ мкм;
нижнее отклонение $EI = 0$ мкм.

- для вала $\varnothing 20 f7 (\frac{-0,020}{-0,041})$: верхнее отклонение $es = 20$ мкм;

нижнее отклонение $ei=41$ мкм.

2.1.3. Посадку изображаем графически

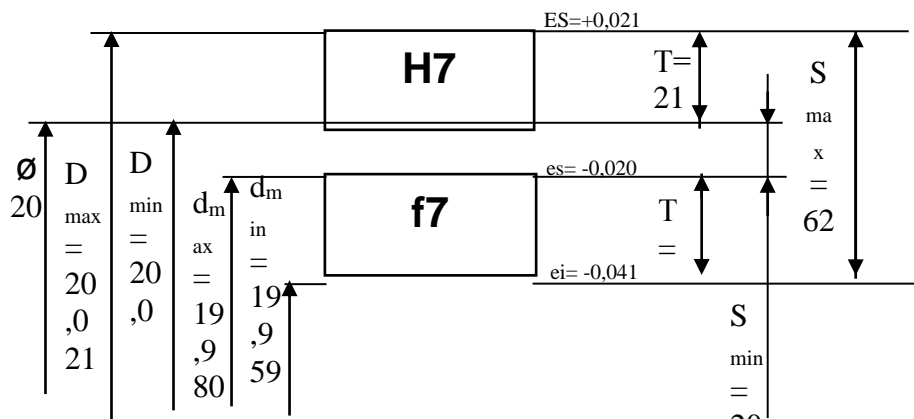


Рисунок 2.1 - Посадка цилиндрического соединения с зазором

2.1.4. Определяем для выбранной посадки $\varnothing 20 \frac{H7}{f7}$ предельные размеры

отверстия и вала, величину допуска и величины зазоров (наибольший и наименьший).

Отверстие:	наибольший диаметр	20,021 мм
	наименьший диаметр	20 мм
	допуск	0,021 мм
Вал:	наибольший диаметр	19,980 мм
	наименьший диаметр	19,959 мм
	допуск	0,021 мм

Наибольший возможный зазор 0,062 мм (задан 0,060 мм)

Наименьший возможный зазор 0,020 мм (задан 0,018 мм)

Выбранная посадка соответствует заданному условию.

2.2. Выбор переходной посадки (задача 2)

Исходные данные:	номинальный размер соединения	20 мм;
	наибольший натяг	+0,030 мм;
	наибольший зазор	-0,005 мм.

2.2.1 Согласно стандарту СЭВ 144-75 /1,табл. 1.48, т.1/ выбираем предпочтительную переходную посадку, ближайшую к заданным условиям работы.

Ближайшие предельные зазор $S = 6$ мкм и натяг $N = 28$ мкм соответствуют посадке $\varnothing 20 \frac{H7}{n6}$, где H7 – точность изготовления отверстия, n6 – точность изготовления вала.

2.2.2. Согласно стандарту СЭВ 144-75 [1, табл. 1.27, т.1] определяем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала выбранной посадки

- для отверстия $\varnothing 20 H7 (^{0,021})$: верхнее отклонение $ES = 21$ мкм;
нижнее отклонение $EI = 0$ мкм.

- для вала $\varnothing 20 n6 (\frac{0,028}{0,015})$: верхнее отклонение $es = 28$ мкм;
нижнее отклонение $ei = 15$ мкм.

2.2.3. Посадку изображаем графически

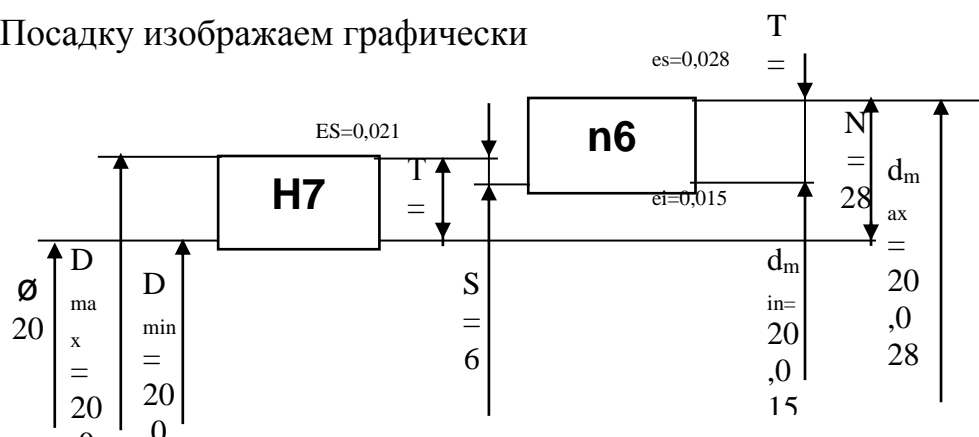


Рисунок 2.2 - Переходная посадка цилиндрического соединения

2.2.4 Определяем для выбранной посадки $\varnothing 20 \frac{H7}{n6}$ предельные размеры.

Отверстие: наибольший диаметр 20,021 мм
Наименьший диаметр 20 мм
Допуск 0,021 мм

Вал: наибольший диаметр 20,028 мм
Наименьший диаметр 20,015 мм
Допуск 0,013 мм

Выбранная посадка соответствует заданному условию.

Наибольший возможный зазор 0,006 мм (задан 0,005 мм)

Наибольший возможный натяг 0,028 мм (задан 0,030 мм)

2.3. Выбор посадки с натягом (задача 3)

Исходные данные: номинальный размер соединения 18 мм
наибольший натяг 0,030 мм
наименьший натяг 0,010 мм

2.3.1 Согласно стандарту СЭВ 144-75 [1, табл. 1.49, т.1] выбираем предпочтительную посадку с натягом, ближайшую к заданным условиям работы.

Ближайшие предельные зазоры $N_{\max} = 31$ мкм, $N_{\min} = 12$ мкм соответствуют посадке $\varnothing 18 \frac{H6}{r5}$, где H6 – точность изготовления отверстия; r5 – точность изготовления вала.

2.3.2. Согласно стандарту СЭВ 144-75 [1, табл. 1.27, т.1] определяем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала выбранной посадки

- для отверстия $\varnothing 18 H6 (^{0,011})$: верхнее отклонение $ES = 11$ мкм;
нижнее отклонение $EI = 0$ мкм.

- для вала $\varnothing 18 r5 (\frac{+0,031}{+0,023})$: верхнее отклонение $es = 31$ мкм;
нижнее отклонение $ei = 23$ мкм.

2.3.3. Посадку изображаем графически

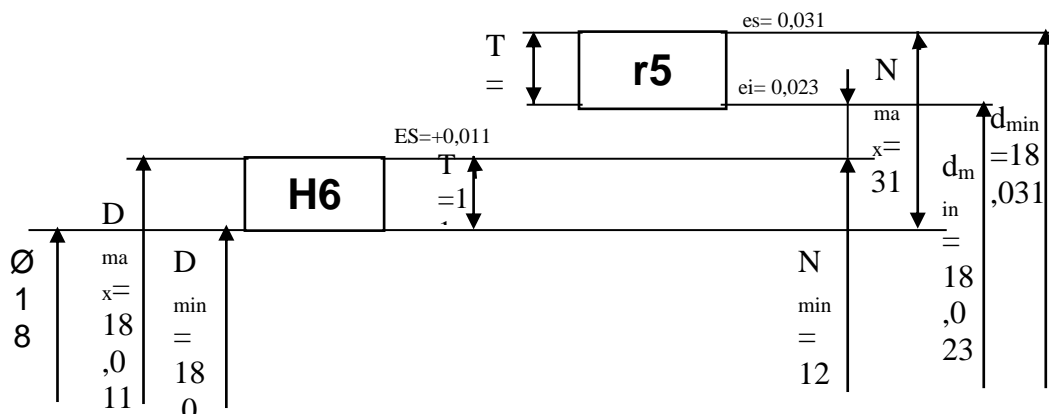


Рисунок 2.3 - Посадка цилиндрического соединения с натягом

2.3.4. Определяем для выбранной посадки предельные размеры отверстия и вала, величину допуска и величину натягов.

Отверстие: наибольший диаметр 18,011 мм
наименьший диаметр 18 мм
допуск 0,011 мм

Вал: наибольший диаметр 18,031 мм
наименьший диаметр 18,023 мм
допуск 0,008 мм

Наибольший натяг 0,031 мм (задан 0,030 мм)

Наименьший натяг 0,012 мм (задан 0,010 мм)

Выбранная посадка соответствует заданному условию.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ВЫБОР И АНАЛИЗ ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

ГОСТ 520-89 «Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования» /1/ устанавливает пять классов точности подшипников 0, 6, 5, 4 и 2 (перечень классов точности дан в порядке повышения точности).

Точность размеров подшипника определяется допускаемыми отклонениями диаметра отверстия и ширины для внутреннего кольца d_m , B и отклонениями наружного диаметра для наружного кольца D_m .

Для сокращения номенклатуры кольца подшипников изготавливают с отклонениями размеров, не зависящими от посадки, по которой они будут монтироваться, причем эти отклонения направлены в «минус» от нулевой линии.

Посадки внутреннего кольца подшипника на вал осуществляют по системе отверстия, а наружного кольца в корпус – по системе вала, причем расположение поля допускает внутреннего кольца в «минус», позволяет получить посадки с гарантированным натягом, используя для валов поля допусков переходных посадок m , n , k , j_s .

В зависимости от характера требуемого соединения поля допусков валов выбирают по системе основного отверстия (табл.1), а поля допусков отверстий выбирают по системе основного вала (табл.2)

Таблица 1

Класс точности подшипника	Поле допуска вала
0; 6	p_6 ; n_6 ; m_6 ; k_6 ; j_{s6} ; h_6 ; g_6 ; f_6
4, 5	n_5 ; m_5 ; k_5 ; j_{s5} ; h_5 ; g_5
2	n_4 ; m_4 ; k_4 ; j_{s4} ; h_4 ; g_4

Таблица 2

Класс точности подшипника	Поле допуска отверстия
0; 6	P_7 ; N_7 ; M_7 ; K_7 ; J_{s7} ; H_7 ; G_7 ; F_7
4, 5	P_6 ; N_6 ; M_6 ; K_6 ; J_{s6} ; H_6 ; G_6
2	M_5 ; K_5 ; J_{s5} ; H_5

Выбор посадки колец подшипника определяется характером его нагружения (местное, циркуляционное, колебательное), зависящим от того, вращается или не вращается кольцо относительно действующей на него нагрузки.

Если кольцо воспринимает радиальную нагрузку, постоянную по направлению, лишь ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса, то такой характер нагружения кольца называется местным. Местно-нагруженные (М) кольца должны иметь соединение с зазором или незначительный натяг между кольцом и сопрягаемой деталью.

Если кольцо воспринимает радиальную нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения и передает ее последовательно всей посадочной поверхности вала или корпуса, то такой характер нагружения кольца называется циркуляционным. Циркуляционно-нагруженные (Ц) кольца должны иметь неподвижное соединение с сопрягаемой деталью.

Если кольцо воспринимает равнодействующую двух радиальных нагрузок (постоянной по направлению и вращающейся) ограниченным участком окружности дорожки, то такой характер нагружения кольца называется колебательным. Колебательно-нагруженные (К) кольца должны иметь плотно-подвижное соединение.

При местном нагружении кольца посадки подшипника на вал и в корпус выбирают по табл. 7, а при колебательном нагружении кольца – по табл. 8

При циркулярном нагружении колец подшипников посадки на вал и корпус выбирают по табл. 11 предварительно определив величину P_R – интенсивность радиальной нагрузки по формуле

$$P_R = \frac{R}{B} \cdot K_n \quad (1.1)$$

где R – радиальная реакция опоры;

B – ширина кольца подшипника, мм;

K_n – динамический коэффициент посадки (табл. 9)

2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ

Исходя из условий работы подшипника качения, необходимо выбрать посадки внутреннего и наружного колец, проанализировать подшипниковые посадки в сравнении с посадками гладких цилиндрических соединений.

2.1 Исходные данные:

диаметр внутреннего кольца $d=85$ мм;

диаметр наружного кольца $D=180$ мм;

ширина кольца $b = 41$ мм;

класс точности 5;

радиальная нагрузка $R = 82$ кН;

нагрузка спокойная;

внутреннее кольцо нагружено циркуляционно (Ц);

наружное кольцо нагружено местно (М);

2.2 В соответствии с классом точности подшипника определяем по СТ СЭВ 774-77 (табл. 3, 4) отклонения колец подшипника:

- внутреннего $d_m=85$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,010 \end{pmatrix}$

- наружного $D_m=180$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,013 \end{pmatrix}$

2.3 Для внутреннего кольца подшипника, имеющего вид нагружения – циркуляционное, определяем допустимое значение интенсивности нагрузки по формуле (1.1)

$$\frac{82 \text{ кН}}{R_4 \text{ мм}} = \frac{12 \text{ кН}}{R_4 \text{ мм}} = \frac{2 \text{ кН}}{R_4 \text{ мм}}$$

$K_n = 1$ – динамический коэффициент посадки (табл. 9)

2.4 По рассчитанному значению интенсивности нагрузки R_R определяем посадку циркуляционно-нагруженного внутреннего кольца подшипника (табл.11) – d85m.

2.5 Определяем квалитет посадки внутреннего кольца (табл.1) исходя из класса точности подшипника – d85m5.

2.6 Для наружного кольца подшипника, нагруженного -местно, определяем посадку (табл. 7) – D180G

2.7 Определяем квалитет посадки наружного кольца (табл.2) исходя из класса точности подшипника – D180G6.

2.8 В соответствии со СТ СЭВ 144-75 [1, табл.1.27, т.1] назначаем отклонения поверхностей сопрягаемых с подшипником (табл.5, 6):

- вала $d85 \text{ m } 5$ $\begin{pmatrix} +0,028 \\ +0,013 \end{pmatrix}$

- отверстия $D180 \text{ G } 6$ $\begin{pmatrix} +0,039 \\ +0,014 \end{pmatrix}$

2.9 Строим схему расположения полей допусков для посадки внутреннего кольца (рисунок. 2.1) и наружного (рисунок. 2.2)

2.10 Для сравнения посадок подшипников и посадок гладких цилиндрических соединений строим схемы расположения полей допусков гладких цилиндрических соединений для посадок:

$$\varnothing 85 \frac{H6}{m5} \begin{pmatrix} +0,022 \\ +0,028 \\ +0,013 \end{pmatrix} - \text{рисунок. 2.3}$$

$$\varnothing 180 \frac{G6}{h5} \begin{pmatrix} +0,039 \\ +0,014 \\ -0,018 \end{pmatrix} - \text{рисунок. 2.4}$$

H 6 – поле допуска основного отверстия назначается на один квалитет выше квалитета вала;

h 5 – поле допуска основного вала назначается на один квалитет ниже поля допуска отверстия корпуса.

Вывод:

Из сравнительного анализа посадок следует, что благодаря специфическому расположению поля допуска отверстия внутреннего кольца подшипника (не в плюс, как для гладких цилиндрических соединений, а в минус относительно нулевой линии) его посадка на вал $\varnothing 85$ m 5 будет с натягом

($N_{\max} = 38$ мкм, $N_{\min} = 13$ мкм, рисунок. 2.1). Посадка гладкого цилиндрического

соединения $\varnothing 85 \frac{H6}{m5}$ является переходной ($N_{\max} = 28$ мкм, $S_{\max} = 9$ мкм, рисунок. 2.3).

Посадка наружного кольца подшипника в корпус $\varnothing 180$ G6 и посадка цилиндрического соединения $\varnothing 180 \frac{G6}{h5}$ относятся к группе посадок с зазором.

Отличие между ними заключается в том, что для посадки подшипника величина зазора колеблется в меньших пределах ($S_{\min} = 14$ мкм, $S_{\max} = 52$ мкм, рисунок. 2.2), чем для посадки цилиндрического соединения ($S_{\min} = 14$ мкм, $S_{\max} = 57$ мкм, рисунок. 2.4).

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

На формате А4 выполнить чертеж «Посадки подшипника качения», изобразив на нем в масштабе подшипниковый узел в сборе с обозначением посадок внутреннего кольца на вал и наружного кольца в корпус, а также сделать эскизы корпуса и вала с обозначением точности размеров, геометрической формы и шероховатости поверхностей, сопрягаемых с подшипником качения.

Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов при осуществлении посадок не должна превышать величин, указанных в таблице 10.

$$N_{\max} = 38$$

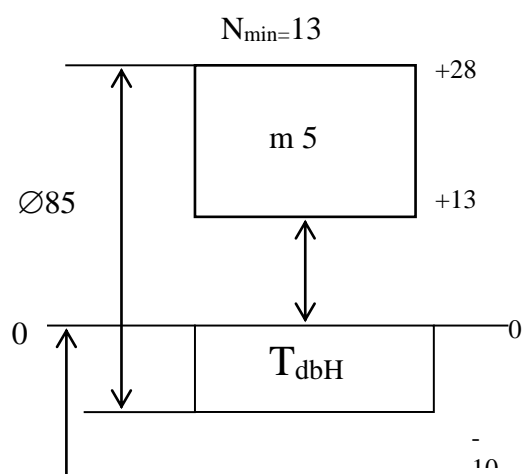


Рисунок 2.1

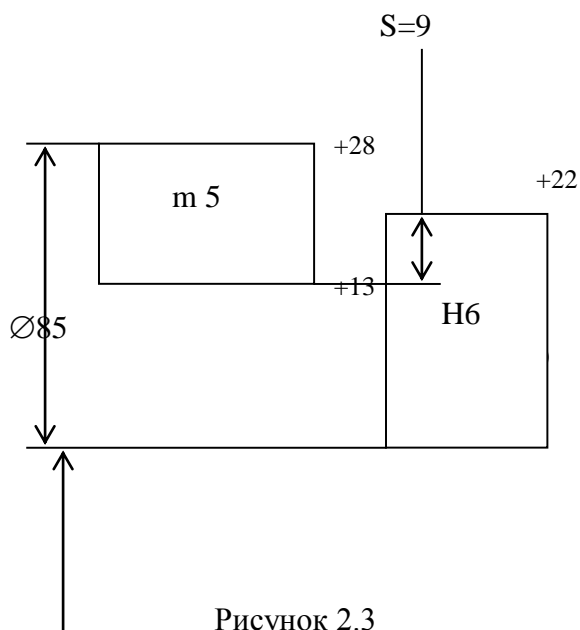


Рисунок 2.3

$$S_{\max} = 52$$

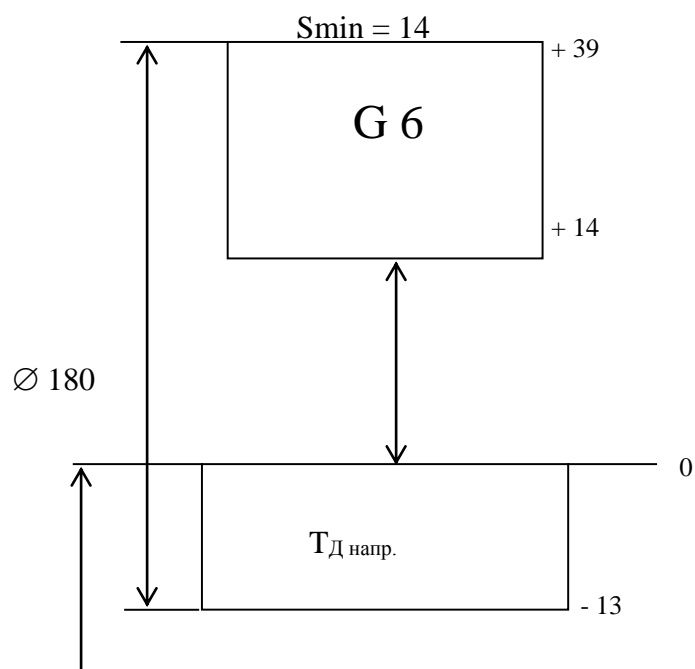


Рисунок 2.2

$$S_{\max} = 57$$

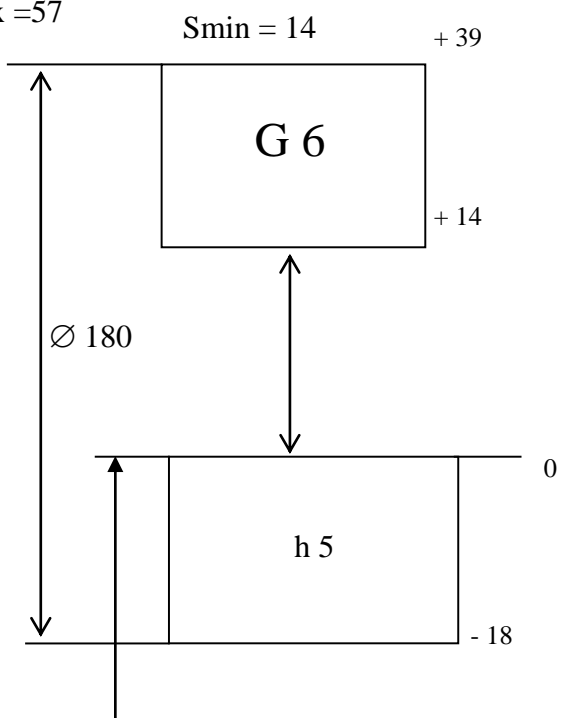


Рисунок 2.4

Сравнительный анализ посадок подшипников качения (рисунок 2.1 и рисунок. 2.2) и гладких цилиндрических соединений (рисунок. 2.3 и рисунок. 2.4)

**Предельные отклонения диаметров внутренних колец подшипников
(по СТ СЭВ 774-77)**

Таблица 3

Диаметр отверстия внутреннего кольца, мм	Классы точности подшипников				
	P0	P6	P5	P4	P2
	Нижнее отклонение EJ, мкм (ES=0)				
Св. 10 до 18	- 8	- 7	- 5	- 4	- 2,5
« 18 « 30	- 10	- 8	- 6	- 5	- 2,5
« 30 « 50	- 12	- 10	- 8	- 6	- 2,5
« 50 « 80	- 15	- 12	- 9	- 7	- 4
« 80 « 120	- 20	- 15	- 10	- 8	- 5
« 120 « 180	-25	- 18	- 13	- 10	-7
« 180 « 250	- 30	- 22	- 15	- 12	- 8

**Предельные отклонения диаметров наружных колец
подшипников (ПО СТ СЭВ 774-77)**

Таблица 4

Наружный диаметр наружного кольца, мм	Классы точности подшипников				
	P 0	P6	P5	P4	P2
	Нижнее отклонение ei , мкм (es=0)				

Св. 30 до 50	- 11	- 9	- 7	- 6	- 4
« 50 « 80	- 13	- 11	- 9	- 7	- 4
« 80 « 120	- 15	- 13	- 10	- 8	- 5
« 120 « 150	- 18	- 15	- 11	- 9	- 5
« 150 « 180	- 25	- 18	- 13	- 10	- 7
« 180 « 250	- 30	- 20	- 15	- 11	- 8
« 250 « 315	- 35	- 25	- 18	- 13	- 8
« 315 « 400	- 40	- 28	- 20	- 15	- 10

**Поля допусков валов и значения предельных отклонений
(по СТ СЭВ 773-77 и СТ СЭВ 144-75)**

Таблица 5

Диаметр отверстия внутреннег о кольца подшипник а, мм	Классы точности подшипников по СТ СЭВ 774-77																											
	0; 6		5; 4		0; 6		6; 5; 4		5; 4		0;6		5; 4		0; 6		5; 4		0; 6		5; 4		0; 6		0; 6			
	Значения предельных отклонений es и ei для полей допусков валов, мкм																											
	f6		g5		g6		h5		h6		js5		js6		k5		k6		m5		m6		n5		n6		p6	
	es	ei	ei	es	ei	ei	ei	ei	ei = -es	es	ei	es	es	ei	es	es	ei	es	es	ei	es	es	es	ei	es	es	ei	
Св. 10 до 18	-	-	-	-6	-	-8	-	±4	±	+9	+1	+1	+1	+7	+1	+2	+1	+2	+2	+1	+2	+2	+1	+2	+2	+1		
« 18 « 30	27	16	14	-7	17	-9	11	±	5,5	+1	+2	2	5	+8	8	0	2	3	9	8								
« 30 « 50	-	-	-	-9	-	-11	-	4,5	±	1	+2	+1	+1	+9	+2	+2	+1	+2	+3	+2								
« 50 « 80	33	20	16	-	20	-13	13	±	6,5	+1	+2	5	7	+1	1	4	5	8	5	2								
« 80 « 120	-	-	-	10	-	-15	-	5,5	±8	3	+3	+1	+2	1	+2	+2	+1	+3	+4	+2								
« 120 « 180	41	25	20	-	25	-18	16	±	±	+1	+3	8	0	+1	5	8	7	3	2	6								
« 180 « 250	-	-	-	12	-	-20	-	6,5	9,5	5	+4	+2	+2	3	+3	+3	+2	+3	+5	+3								
	49	30	23	-	29		19	±	±	+1		1	4	+1	0	3	0	9	1	2								
	-	-	-	14	-		-	7,5	11	8		+2	+2	5	+3	+3	+2	+4	+5	+3								
	58	36	27	-	34		22	±9	±	+2		5	8	+1	5	8	3	5	9	7								
	-	-	-	15	-		-	±	12,	1		+2	+3	7	+4	+4	+2	+5	+6	+4								
	68	43	32		39		25	10	5	+2		8	3		0	5	7	2	8	3								
	-	-	-		-		-		±14	4		+3	+3		+4	+5	+3	+6	+7	+5								
	79	50	35		44		29		,5			3	7		6	1	1	0	9	0								

Таблица 6

**Поля допусков отверстий в корпусе и значения предельных отклонений (по
СТ СЭВ 773-77 и СТ СЭВ 144-75)**

Диаметр наружной поверхности наружного кольца, мм	Классы точности подшипников по СТ СЭВ 774-77																									
	0; 6		5; 4		0; 6		5; 4		0; 6		5; 4		0; 6		5; 4		0; 6		5; 4							
	Значения предельных отклонений ES и EJ для полей допусков отверстий в корпусе, мкм																									
	H8		G7		G6		H7		H6		Js7		Js6		K7		K6		M7		M6		N7		N6	
	ES	ES	EJ	ES	ES		ES= - EJ		ES	EJ	ES	EJ	ES	EJ	EJ	ES		EJ	EJ	ES		EJ	EJ	ES	EJ	
Св. 30 до 50	+39	+34	+9	+25	+26	+16	±12,5	± 8	+7	-18	+3	-13	-25	0	-4	-20	-33	-8	-12	-28						
« 50 « 80	+46	+39	+10	+29	+30	+19	± 15	± 9,5	+9	-21	+4	-15	-30	0	-5	-24	-39	-9	-14	-33						
« 80 « 120	+54	+47	+12	+34	+35	+22	± 17	± 11	+10	-25	+4	-18	-35	0	-6	-28	-43	-10	-16	-38						
« 120 « 180	+64	+54	+14	+39	+40	+25	± 20	±12,5	+12	-28	+4	-21	-40	0	-8	-33	-52	-12	-20	-45						
« 180 « 250	+72	+61	+15	+44	+46	+29	± 23	±14,5	+13	-33	+5	-24	-46	0	-8	-37	-60	-14	-22	-51						
« 250 « 315	+81	+69	+17	+49	+52	+32	± 26	± 16	+16	-36	+5	-27	-52	0	-9	-41	-66	-14	-25	-57						
« 315 « 400	+89	+75	+18	+54	+57	+36	±28,5	± 18	+17	-40	+7	-29	-57	0	-10	-46	-63	-16	-26	-62						

Нагрузка местная (М)

Таблица 7

Размеры посадочных диаметров, мм		Посадки	
свыше	до	на вал (ось)	в корпус
Нагрузка спокойная			
-	80	h	H
80	260	g	G
260	500	f	P
500	1600		
Нагрузка с ударами и вибрацией			
-	80	h	J _s
80	260		
260	500	g	H
500	1600		

Нагрузка колебательная (К)

Таблица 8

Размеры посадочных диаметров, мм		Посадки колец	
свыше	до	Внутренних	наружных
-	80	k	K
80	260	j _s	J _s
260	-	h	

Динамический коэффициент посадки (Кп)

Таблица 9

Характер нагрузки	Кп
Нагрузка спокойная	1,0
Нагрузка с ударами и вибрацией	1,8

Рекомендуемая шероховатость поверхностей, сопрягаемых с подшипником качения

Таблица 10

Посадочные поверхности	Класс точности подшипника	Диаметры, мм	
		До 80	св. 80 до 500
		Ra,	мкм
Валов	0	1,25	2,5
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
Отверстий корпусов	0	1,25	2,5
	6, 5, 4	0,63	1,25

Нагрузка циркуляционная (Ц)

Таблица 11

Диаметр, мм		Допускаемые значения P_R , н/мм Ц			
Внутреннего кольца		Посадки на вал			
свыше	до	j_s	k	m	n
18	80	До 300	300-1400	1400-1600	1600-3000
80	180	До 600	600-2000	2000-2500	2500-4000
180	360	До 700	700-3000	3000-3500	3500-6000
360	630	До 900	900-3500	3500-4500	4500-8000
Наружного кольца		Посадки в корпус			
свыше	до	K	M	N	P
50	180	До 800	800-1000	1000-1300	1300-2500
180	360	До 1000	1000-1500	1500-2000	2000-3300
360	630	До 1200	1200-2000	2000-2600	2600-4000
630	1600	До 1600	1600-2500	2500-3500	3500-5500

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ И ГОДНОСТИ ДЕТАЛЕЙ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Метрические резьбы по ГОСТ 8724-81 подразделяют на резьбу с крупными шагами для диаметров от 1 до 68 мм и с мелкими шагами – для диаметров от 1 до 600 мм.

1.2. У резьбы с крупным шагом определенному номинальному диаметру соответствует определенный шаг. У резьбы с мелкими шагами одному и тому же номинальному диаметру могут соответствовать различные шаги, поэтому мелкий шаг указывается в обозначении резьбы.

ГОСТ 9150-81 устанавливает основные элементы метрической резьбы:

- $d = D$ – наружный диаметр резьбы;
- $d_1 = D_1$ – внутренний диаметр резьбы;
- $d_2 = D_2$ – средний диаметр резьбы;
- P – шаг резьбы;
- $\alpha = 60^\circ$ - угол профиля.

1.3. Посадки резьбовых деталей с зазором регламентированы ГОСТ (СТ СЭВ 640-77) 16093-81 [1], где установлено пять основных отклонений для наружной резьбы (болта) h, g, f, e, d и четыре – для внутренней (гайки) H, G, F, E (рисунок. 1.1).

1.4. ГОСТ 24834-81 (СТ СЭВ 305-76) «Резьба метрическая. Переходные посадки» [1] и ГОСТ 4608-81 (СТ СЭВ 306-76 «Резьба метрическая. Посадки с натягом» [1] распространяются на резьбы диаметром $d = 5 - 45$ мм и шагами

$P = 0,8 - 4,5$ мм. Эти резьбы применяются для образования резьбовых соединений с натягом (рисунок. 1.2) и переходными (рисунок. 1.3) посадками по среднему диаметру. По наружному и внутреннему диаметрам резьбы предусмотрены зазоры.

Метрические резьбы с натягом и переходными посадками предназначены для резьбовых соединений, образованных ввертыванием стальных шпилек в резьбовые отверстия (внутренняя резьба) деталей из различных материалов.

1.5. В обозначении полей допусков резьбы на первом месте указывается степень точности и основное отклонение среднего диаметра, на втором месте – внутреннего диаметра для гайки или наружного для винта. Обозначения поля допуска резьбы следует за обозначением размера резьбы. Например, $M12-7h6h$ – резьба наружная с крупным шагом; $7h$ – поле допуска среднего диаметра болта; $6h$ – поле допуска наружного диаметра болта.

$M12 \times 1 - 5H6H$ – резьба внутренняя с мелким шагом; $5H$ – поле допуска среднего диаметра гайки; $6H$ – поле допуска внутреннего диаметра гайки.

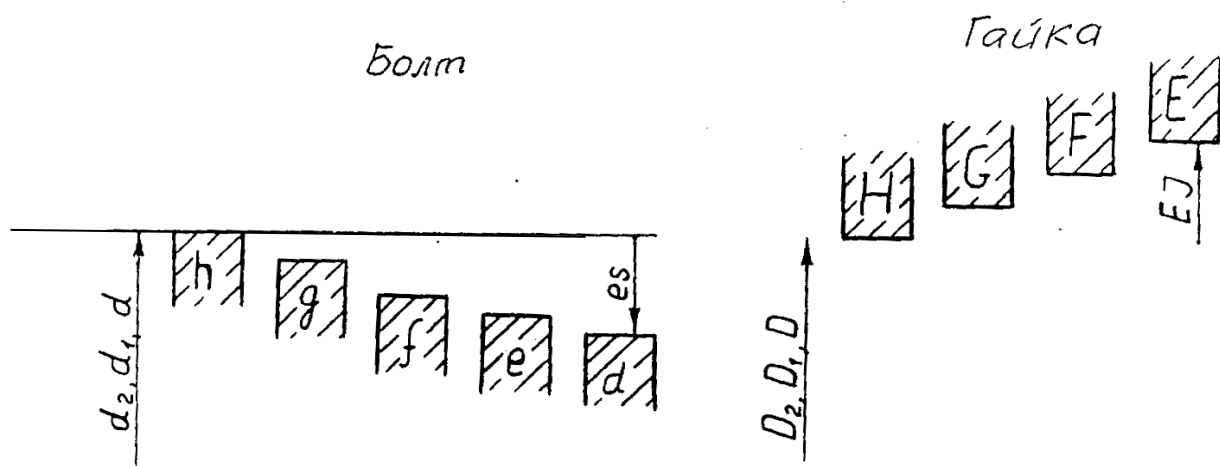


Рисунок. 1.1. Схема расположения полей допусков резьбовых деталей с зазором

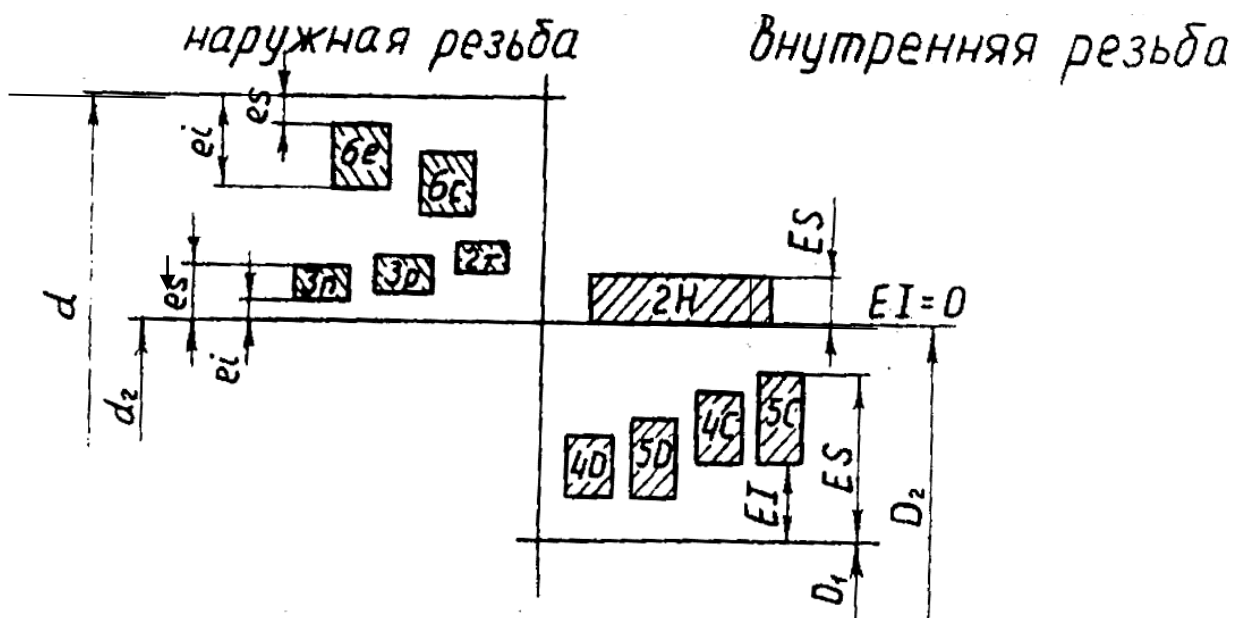


Рисунок. 1.2 Схема расположения полей допусков резьбовых деталей с натягом

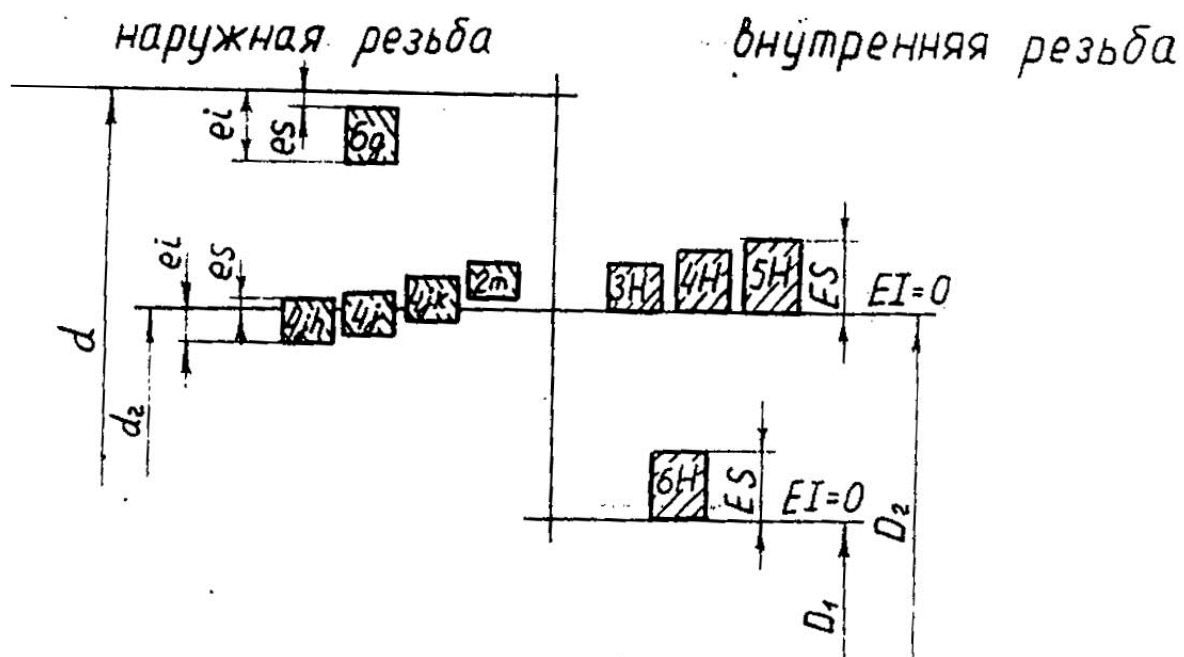


Рисунок.1.3. Схема расположения полей допусков резьбовых деталей с переходными посадками

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Задача: определить предельные размеры диаметров резьбы болта и гайки для резьбы M22x1-5H6H/6d.

2.1. Решение: Из таблицы 4.24 [1, т.2] (ГОСТ 9150-81) выписываем номинальные значения диаметров:

наружного $d = D = 22$ мм; среднего $d_2 = D_2 = 21,350$ мм;

внутреннего $d_1 = D_1 = 20,917$ мм.

2.2. По ГОСТ 16093-81 [1, т.2, табл. 4.29] выписываем предельные отклонения диаметров резьбы, мкм:

БОЛТ

Верхнее отклонения es для d, d_1, d_2 - 90

Нижнее отклонение ei для d -270

Нижнее отклонение ei для d_2 -208

ГАЙКА

Верхнее отклонение для $ES D_2$ +125

Верхнее отклонение для $ES D_1$ +236

2.3. Подсчитываем предельные размеры болта и гайки.

БОЛТ, мм

$$d_{\max} = 22 - 0,090 = 21,910$$

$$d_{\min} = 22 - 0,270 = 21,730$$

$$d_{2 \max} = 21,350 - 0,090 = 21,260$$

$$d_{2 \min} = 21,350 - 0,208 = 21,142$$

$$d_{1 \max} = 20,917 - 0,090 = 20,827$$

$d_{1 \min}$ не нормируется

ГАЙКА, мм

D_{\max} – не нормируется

$$D_{\min} = 22$$

$$D_{2 \max} = 21,350 + 0,125 = 21,475$$

$$D_{2 \min} = 21,350$$

$$D_{1 \max} = 20,917 + 0,236 = 21,153$$

$$D_{1 \min} = 20,917$$

2.4. Схема расположения полей допусков болта и гайки для данного примера приведена на рисунок. 2.1.

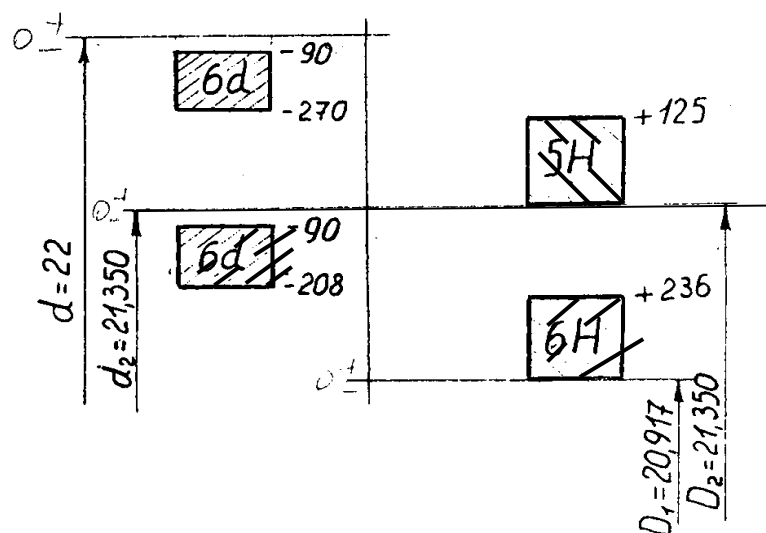


Рисунок. 2.1 Схема расположения полей допусков метрической резьбы с посадкой с зазором

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ПЕРЕХОДНОЙ ПОСАДКОЙ

Задача: определить предельные размеры резьбового соединения

M22x1,5 - $\frac{3H6H}{2m}$ с переходной посадкой.

3.1. Решение. По ГОСТ 9150-81 [1, табл. 4.24] выписываем номинальные значения диаметров: $d = D = 22$ мм; $d_2 = D_2 = 21,026$ мм; $d_1 = D_1 = 20,376$ мм.

3.2. По ГОСТ 24834-81 (СТ СЭВ 305-76) [1, т.2, табл. 4.36] определяем предельные отклонения диаметров резьбы, мкм:

Наружная резьба (шпилька)

Верхнее отклонение es для d – 32

Нижнее отклонение ei для d – 268

Верхнее отклонение es для d_2 + 88

Нижнее отклонение ei для d_2 + 32

отклонение d_1 не нормируется

Внутренняя резьба (гнездо)

Верхнее отклонение ES для D_2 + 95

Верхнее отклонение ES для D_1 + 300

3.3. Рассчитываем предельные размеры диаметров внутренней и наружной резьбы:

Шпилька, мм

$$d_{\max} = 22 - 0,032 = 21,968$$

$$d_{\min} = 22 - 0,268 = 21,732$$

$$d_{2\max} = 21,026 + 0,088 = 21,114$$

$$d_{2\min} = 21,026 + 0,032 = 21,058$$

d_1 – не нормируется.

В обозначении наружной резьбы (шпилька) указывается только поле допуска среднего диаметра (d_2) – 4jh; 4j; 4jk; 2m, поле допуска наружного диаметра (d) не указывается, а его отклонения всегда соответствуют полю допуска 6g.

Резьба гнезда, мм

D - не нормируется;

$$D_{2\max} = 21,026 + 0,095 = 21,121$$

$$D_{2\min} = 21,026$$

$$D_{1\max} = 20,376 + 0,300 = 20,676$$

$$D_{1\min} = 20,376$$

3.4. Схема расположения полей допусков болта и гайки для данного примера приведена на рисунок. 3.1.

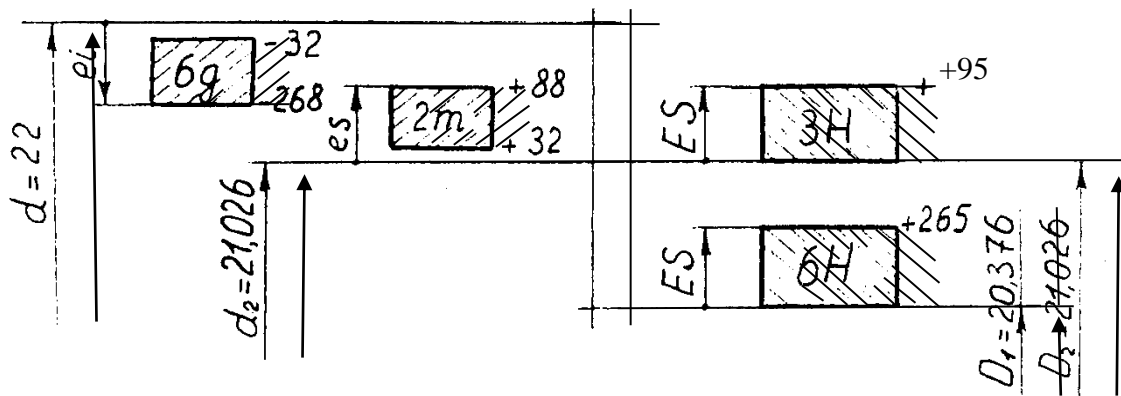


Рисунок. 3.1 Схема расположения полей допусков метрической резьбы с переходной посадкой

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРЕДЕЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ

Задача: определить предельные размеры диаметров резьбового соединения с натягом М10х1,5 – 2Н5С/2г.

Решение:

4.1. По ГОСТ 9150-81 [1, табл. 4.24] выписываем номинальные значения диаметров: $d = D = 10$ мм; $d_2 = D_2 = 9,026$ мм; $d_1 = D_1 = 8,376$ мм.

4.2. По ГОСТ 4608-81 (СТ СЭВ 306-76) [1, табл. 4.35] определяем предельные отклонения диаметров резьбы, мкм:

Наружная резьба (шпилька)

Верхнее отклонение es для $d \dots - 140$

Нижнее отклонение ei для $d \dots - 376$

Верхнее отклонение es для $d_2 \dots + 148$

Нижнее отклонение ei для $d_2 \dots + 95$

Отклонения d_1 не нормируются.

Внутренняя резьба (гнездо)

Верхнее отклонение ES для $D_2 \dots + 71$

Нижнее отклонение EI для $D_2 \dots 0$

Верхнее отклонение ES для $D_1 \dots + 376$

Нижнее отклонение EI для $D_1 \dots + 140$

4.3. Подсчитываем предельные размеры диаметров шпильки и гнезда.

Шпилька, мм

$$d_{\max} = 10 - 0,140 = 9,86$$

$$d_{\min} = 10 - 0,376 = 9,624$$

$$d_{2\max} = 9,026 + 0,148 = 9,174$$

$$d_{2\min} = 9,026 + 0,095 = 9,121$$

Отклонения d_1 не нормируются.

В обозначении наружной резьбы (шпильки) указывается только поле допуска среднего диаметра $d_2 - 3n; 3p; 2r$. Поле допуска наружного диаметра (d) не указывается, а его отклонения всегда соответствуют полю допуска $6e$ при $P \leq 1,25$ мм или $6s$ при $P > 1,25$ мм.

Резьба гнезда, мм

D – не нормируется

$$D_{2\max} = 9,026 + 0,071 = 9,097$$

$$D_{2\min} = 9,026$$

$$D_{1\max} = 8,376 + 0,376 = 8,752$$

$$D_{1\min} = 8,376 + 0,140 = 8,516$$

4.4. Схема расположения полей допусков болта и гайки для данного примера приведена на рисунок. 4.1.

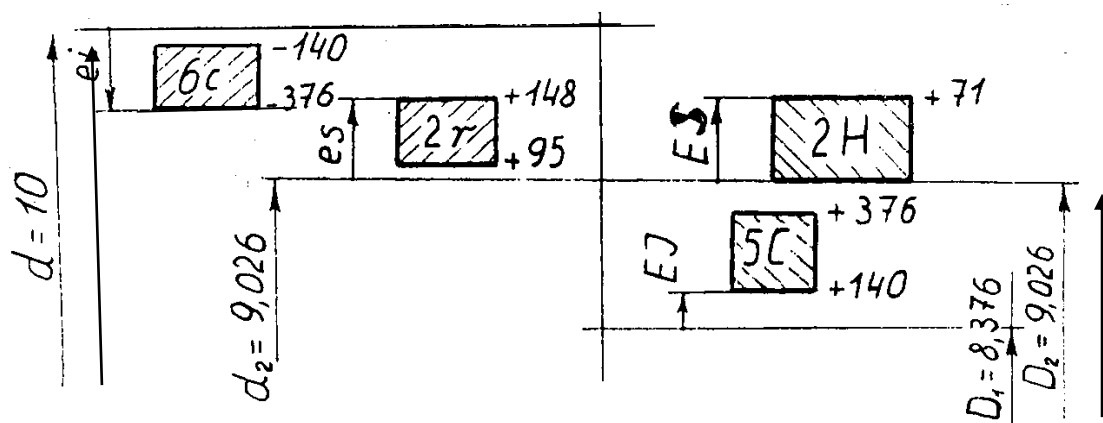


Рисунок. 4.1. Схема расположения полей допусков метрической резьбы

с посадкой с натягом

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ

Задача: дать заключение о годности гайки и болта резьбового соединения с зазором М 22х1 – 5Н6Н/6d, если при измерениях гайки получены следующие размеры $D_{2\text{изм}} = 21,480$ мм;

отклонение шага $\Delta P = 0,002$ мм; отклонения половины угла профиля $\Delta \frac{\alpha}{2}_{\text{пр}} = 15$,

$\Delta \frac{\alpha}{2}_{\text{лев}} = 4$.

Решение. Определяем приведенный средний диаметр гайки

$$D_{пр} \geq D_{но} - f_p$$

где f_p – диаметральная компенсация погрешности шага:

$$f_p = \frac{D_{но}}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \text{ мм},$$

f_α - диаметральная компенсация погрешности половины угла профиля:

$$f_\alpha = \frac{D_{но}}{2} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \text{ мм}.$$

Тогда $D_{пр} \geq D_{но} - f_p - f_\alpha$ мм.

Закключение о годности. Гайка годна, т.к. выполняется условие годности:

$$D_{пр} \geq D_{но}$$

Болт считается годным если выполняется условие:

$$d_{пр} \leq d_{но}.$$

Приведенный средний диаметр болта определяется по формуле:

$$d_{пр} = d - f_p - f_\alpha$$

Расчет выполняется аналогично вышеприведенному для гайки.

ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

На формате А3 (ф:12) построить схему расположения полей допусков заданной резьбы с зазором, указав предельные размеры всех диаметров болта и гайки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ВЫБОР ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ШПОНОЧНЫХ, ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

1. ВЫБОР ПОСАДОК, ДОПУСКОВ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ

1.1. Размеры шпонок и шпоночных пазов для соединений с призматическими шпонками нормируются ГОСТ 23360-78 (СТ 189-75). Предельные отклонения размеров призматических шпонок по ширине и высоте установлены для трех исполнений шпонок, а именно: с закруглением по обоим концам (исполнение 1), прямоугольным (исполнение 2) и с закруглением на одном конце (исполнение 3).

1.2. Выбор посадки производят в зависимости от характера соединения – свободного, нормального или плотного. Предельные отклонения для размера по ширине шпонки «b» приняты по h9 независимо от характера соединения.

1.3. Предельные отклонения размеров по ширине и глубине паза вала и втулки должны соответствовать (рисунок 1):

- по ширине «b» при свободном шпоночном соединении – на валу H9, во втулке D10;
- по ширине «b» при нормальном шпоночном соединении – на валу N9, во втулке I_s9;
- по ширине «b» при плотном соединении – на валу P9, во втулке P9.

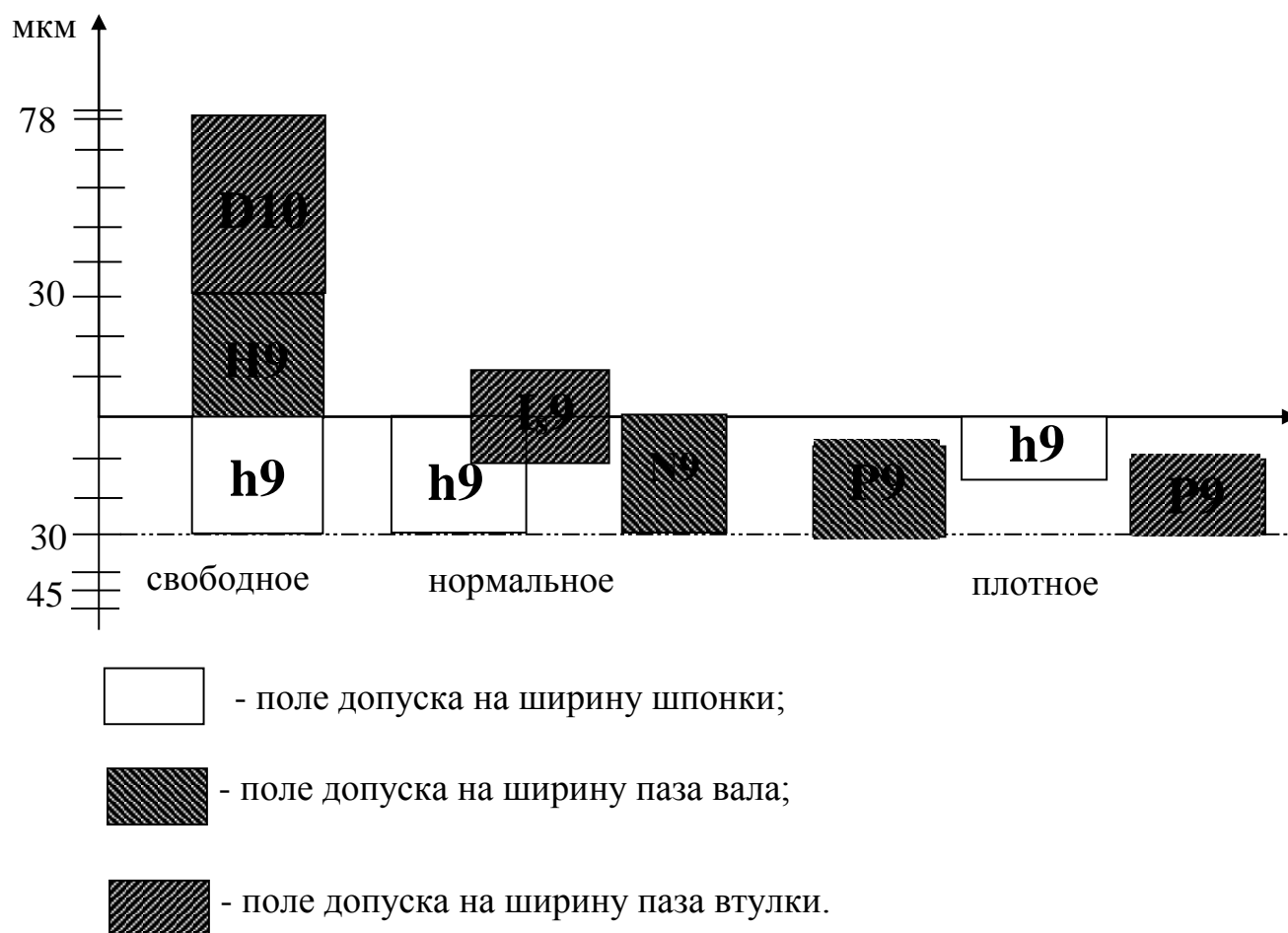


Рисунок. 1. Расположение полей допусков шпоночного соединения

1.5. Пример расчета шпоночного соединения.

Для шпоночного соединения (шпонка призматическая, исполнение 1, соединение свободное) определить допуски и предельные размеры всех элементов соединения, а также дать схему

расположения полей допусков по ширине шпонки «b» и сборочный чертеж соединения.
Диаметр вала 36 мм, длина шпонки 70 мм.

РЕШЕНИЕ.

1.5.1. По ГОСТ 23360-78 (1. табл. 4.64) определяем номинальные значения элементов шпоночного соединения: $b=10$ мм, $h=8$ мм, $t_1=5$ мм, $t_2=3,3$ мм, $(d - t_1)=31$ мм, $(d + t_2)=39,3$ мм.

1.5.2. Назначаем поля допусков по ширине «b» для свободного соединения (рисунок 2) и определяем их отклонения по СТ СЭВ 144-75:

- шпонки $b=10$ $h9_{(-0,036)}$ мм;
- паза вала $b=10$ $H9_{(+0,036)}$ мм;
- паза втулки $b=10$ $h9_{(-0,036)}$ мм.

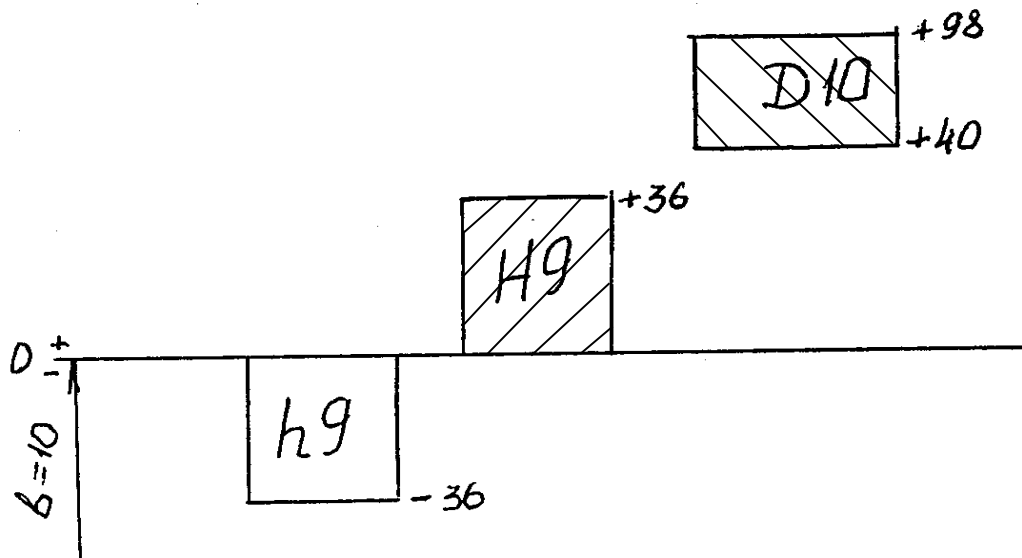
1.5.3. Определяем допуски посадочных размеров по ГОСТ 23360-78 [1, табл. 4.66].

- высота шпонки $h=8$ $h1_{(-0,090)}$ мм;
- длина шпонки $\ell=70$ $A7_{(+0,07)}$ мм;
- длина паза вала под шпонку $\ell_1=70$ $h8_{(+0,07)}$ мм;
- глубина паза вала $t_1=5^{(+0,2)}$ мм;
- глубина паза втулки $t_2=3,3^{(+0,2)}$ мм.

1.5.4. Пример условного обозначения призматической шпонки исполнения 1 с размерами $b=10$ мм, $h=8$ мм, $\ell=70$ мм:

ШПОНКА 10 x 8 x 70 ГОСТ 23360-78.

1.5.5. Пример условного обозначения призматической шпонки исполнения 2 с вышеуказанными размерами:



ШПОНКА 2 – 10 x 8 x 70 ГОСТ 23360 – 78.

Рисунок. 2. Схема расположения полей допусков шпоночного соединения

2. ВЫБОР ПОСАДОК И ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ СОПРЯГАЕМЫХ РАЗМЕРОВ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ПРЯМОБОЧНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБЬЕВ

2.1. Шлицевые соединения имеют то же назначение, что и шпоночные, но обычно используются при передаче больших крутящих моментов и при более высоких требованиях к соосности соединяемых деталей. Прямобоочные шлицевые соединения применяются для подвижных и неподвижных соединений. В зависимости от передаваемого крутящего момента устанавливаются три типа соединений: *легкой, средней и тяжелой* серии.

2.2. Номинальные размеры и число зубьев шлицевых соединений общего назначения с прямобоочным профилем шлицев устанавливается ГОСТ 1139-80 [1, табл. 4.71].

2.3. В шлицевых прямобоочных соединениях применяются три способа относительного центрирования вала и втулки:

- по наружному диаметру «D»;
- по внутреннему диаметру «d»;
- по боковым поверхностям зубьев «b».

2.4. Поля допусков, а также посадки валов и втулок, рекомендуемые ГОСТ 1139-80 для различных способов центрирования определяют по таблицам 4.72 – 4.74 [1]. Поля допусков нецентрирующих размеров приведены в табл. 4.75 [1].

Посадки осуществляются, как правило, по центрирующей поверхности и по боковым поверхностям или только по боковым поверхностям.

2.5. ПРИМЕР. Для подвижного шлицевого соединения средней серии с номинальным размером 6 x 28 x 34 и центрированием по внутреннему диаметру d выбрать посадки. Определить допуски и предельные размеры всех элементов соединения, построить схемы расположения полей допусков посадок и дать сборочный чертеж шлицевого соединения.

РЕШЕНИЕ:

2.5.1. По ГОСТ 1139-80 [1, табл. 4.71] находим размер «b». Для заданного номинального размера b=7 мм.

2.5.2. Выбираем посадки [1, табл. 4.73] центрирующих поверхностей:

- для размера d – H8/e8;
- для размера b – F8/f7.

2.5.3. Выбираем посадку [1, табл. 4.75] нецентрирующего диаметра “D” – H12/a11.

Выбранное шлицевое соединение можно обозначить следующим образом:

d – 6 x 28 H8/e8 x 34 H 12/a11 x 7 F8/f7.

2.5.4. По таблицам стандарта СТ СЭВ 144-75 определяем предельные отклонения выбранных полей допусков:

- d=28 H8/e8 $\left(\begin{smallmatrix} +0.033 \\ -0.041 \end{smallmatrix} \right)$;
- b=7 F8/f7 $\left(\begin{smallmatrix} +0.035 \\ -0.013 \end{smallmatrix} \right)$;
- D=34 H12/a11 $\left(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ -0.047 \end{smallmatrix} \right)$.

2.5.5. Пример построения схемы расположения полей допусков посадок и сборочный чертеж шлицевого соединения см. на образце выполнения графической части курсовой работы.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

3.1. Согласно ГОСТ 1643-81 (СТ СЭВ 641-77) все требования к зубчатым колесам и передачам разделены на четыре группы и названы нормами точности:

- нормы кинематической точности;
- нормы плавности работы;
- нормы контакта зубьев;
- нормы бокового зазора.

3.2. Стандарт устанавливает 12 степеней точности зубчатых колес и передач.

Допуски даются, начиная с 3-й степени точности по всем нормам и могут комбинироваться, т.е. быть разными.

3.3. Независимо от степени точности зубчатых колес и передач стандартом устанавливаются различные виды сопряжений зубьев в передаче.

Для зубчатых цилиндрических передач с $m \geq 1$ мм установлено шесть видов сопряжений: Н, Е, Д, С, В, А (расположены в порядке возрастания величины бокового зазора). Кроме того установлено восемь видов допусков на боковой зазор: h, d, c, b, a, z, y, x.

3.4. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью по нормам кинематической точности, плавности работы и контакту зубьев в передаче, а требования к боковому зазору – видом сопряжения и видом допуска бокового зазора.

3.5. В условном обозначении передачи (или колеса) последовательно записываются три цифры и две буквы. Так, для цилиндрической зубчатой

передачи 8-й степени по нормам кинематической точности, 7-й степени по нормам плавности, 6-й степени по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения – В, видом допуска бокового зазора – а: 8 - 7 – 6 Ва ГОСТ 1643-81. Для передач 7-й степени по всем нормам, с видом сопряжения В:7-В ГОСТ 1643-81.

Если конструктору безразлична степень точности по какой-либо из норм, тогда вместо цифры ставится буква N: 8 – N – 6 ГОСТ 1643-81.

3.6. ПРИМЕР. Определить допустимые погрешности прямозубого некорригированного колеса со степенью точности 7-8-8 В ГОСТ 1643-81 по показателям кинематической точности, плавности работы и контакты зубьев. Дать заключение о годности этого колеса по боковому зазору, если $m=3$ мм, $z=36$. Среднее значение отклонений длины общей нормали при измерениях в нескольких участках зубчатого венца равно $(-0,150)$ мм в тело зуба.

РЕШЕНИЕ:

Определяем допустимые погрешности зубчатого колеса, выбрав комплекс контроля [2, табл. у-2] по своему усмотрению, например:

3.6.1. Для определения нормы кинематической точности определяем допуск на радиальное биение зубчатого венца $F_r=36$ мкм [1, табл. 5.7], если делительный диаметр ~~$d=mz=108$~~ .

3.6.2. Для контроля нормы плавности работы определяем допуск на местную кинематическую погрешность $f'_i=36$ мкм [1, табл. 5.9].

3.6.3. Для контроля нормы контакта зубьев выбираем суммарное пятно контакта [1, табл. 5.10]:

- по высоте зуба не менее 40%;
- по длине зуба не менее 50 %.

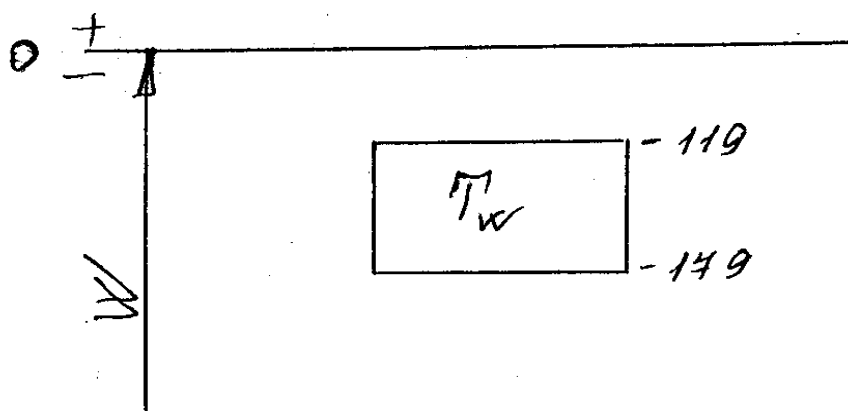
3.6.4. Для контроля нормы бокового зазора определяем:

- наименьшее отклонение средней длины общей нормали, E_{ws} состоит из двух слагаемых [1, табл. 5.20]. Слагаемое I равно 110 мкм (для вида сопряжения В, 8-й степени точности по нормам плавности и $d=108$ мм), слагаемое II равно 9 мкм (при $F_r=36$ мкм). Следовательно наименьшее отклонение длины общей нормали равно: $E_{ws}=110+9=119$ мкм;

Таким образом $E_{ws} = -119$ мкм, т.к. отклонение в тело зуба (в минус).

- допуск на длину общей нормали [1, табл. 5.21] $T_w=60$ мкм.
- наибольшее отклонение средней длины общей нормали в тело зуба, т.е. в минус, будет равно $119+60 = -179$ мкм.

3.6.5. ВЫВОД. Зубчатое колесо годно по боковому зазору, так как среднее



значение отклонений длины общей нормали при измерениях, равное $(-0,150)$ мм, не входит за границы предельных стандартных отклонений.

Рисунок. 3. Расположение поля допуска длины общей нормали

ЛИТЕРАТУРА

1. Допуски и посадки. Справочник, 1-2 часть./ под ред. В.Д. Мягкова, 1983
2. Марков Н.Н. Нормирование точности в машиностроении. – М.: изд-во «Станкин», 1993. – 319с.

3. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
4. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и рекомендуемые посадки.
5. Зябрева Н.Н., Перельман Е.И., Шегал М.Н. Пособие к решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», 1977.

Оглавление

Лабораторная работа №1. Плоскопараллельные концевые меры длины	4
Лабораторная работа №2. Измерение размеров детали штангенциркулем.....	9
Лабораторная работа №3. Проверка точности микрометра.....	15
Лабораторная работа №4. Определение параметров резьбы на микроскопе.....	22
Лабораторная работа №5. Контроль калибра-скобы плоскопараллельными концевыми мерами длины.....	31
Лабораторная работа №6. Определение годности калибра – пробки с помощью оптиметра.....	38
Лабораторная работа №7. Измерение наружного диаметра и диаметра отверстия.....	46
Лабораторная работа №8. Определение годности цилиндрического зубчатого колеса.....	56
Лабораторная работа № 9. Исследование точности штриховой меры длины (линейки) с помощью горизонтального компаратора.....	68
Лабораторная работа №10. Исследование погрешностей измерения.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	88

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

1. Цель работы:

- ознакомление с плоскопараллельными концевыми мерами длины и приобретение навыков пользования ими.

2. Общие сведения

2.1 Основные технические требования к концевым мерам длины

Концевые меры являются основным средством сохранения единства мер в машиностроении и служат для передачи размера от эталона длины до изделия.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой прямоугольные стальные плитки с двумя взаимно параллельными, зеркально отполированными измерительными плоскими поверхностями.

На концевой мере наносят ее номинальный размер (рабочий). При этом цифру (без указания «мм») у мер более 5,5 мм наносят на боковой (не рабочей) поверхности, а у небольших мер (5,5 мм и менее) значение размера указывают прямо на рабочей (измерительной) поверхности.

Материалом, из которого изготавливают концевые меры, являются хромистые стали 20ХГ, ШХ15 и Х... Твердость измерительных поверхностей стальных концевых мер должна быть не менее 62 НРС.

Шероховатость измерительных поверхностей концевых мер длины должна быть не более 0,063 мкм по критерию R_a , чтобы обеспечить хорошую притираемость и износостойкость поверхностей.

2.2 Классы точности и разряды концевых мер длины

Точность концевых мер определяется в основном допуском на изготовление или точностью аттестации ее размера. Поскольку при разных случаях применения концевых мер как «носителей» определенного размера требуются различные точности, то существует несколько классов точности концевых мер длины.

Классы точности — это ряды допусков, построенные закономерно в зависимости от номинального размера, т.е. это совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров.

В зависимости от точности изготовления плоскопараллельные концевые меры длины делятся на 7 классов точности, обозначаемых 00; 0; 1; 2; 3; 4 и 5 (класс 00 самый точный, т.е. концевые меры в этом классе имеют самый маленький допуск на изготовление по сравнению с мерами тех же номиналов в других классах).

Точность концевых мер длины оценивается отклонением их срединной длины и отклонением от плоскопараллельности.

Срединная длина плитки — это длина перпендикуляра, опущенного из середины верхней измерительной поверхности на плоскость вспомогательного тела, к которому мера притерта.

Отклонение от плоскопараллельности определяется наибольшей разностью между длиной в любой точке и ее срединной длиной.

Допуск на изготовление при переходе из одного класса в другой изменяется в основном в два раза.

При использовании концевых мер длины определенного класса возможная погрешность меры (т.е. отклонение от ее номинального размера) в предельном случае должна приниматься равной допускаемому отклонению от номинала. При этом надо помнить, что помимо погрешности самой концевой меры будет еще погрешность от ее притирания в пределах от 0,05 до 0,1 мкм.

В одном наборе должны находиться концевые меры одного класса.

Есть еще одна особенность в применении понятия о классах концевой меры. Заключается она в том, что первые 5 классов (от 00-го до 3-го) — это классы, допуски которых используются заводом, изготавливающим концевые меры. Допуски других двух классов используются только при ремонте концевых мер длины с тем, чтобы по возможности дольше применять концевые меры на работах с невысокой точностью.

Помимо классов точности установлены еще и разряды концевых мер. Разряд концевой меры длины характеризуется пределом допускаемой погрешности измерения ее длины. В зависимости от точности аттестации концевые меры делят на 5 разрядов с 1-го по 5-й. При измерении концевой меры длины с целью присвоения ей определенного разряда употребляют выражение «аттестация на разряд», потому что после такого измерения на набор концевых мер (а в наборе могут быть меры только одного разряда) выдается аттестат, в котором указываются действительные отклонения каждой меры от нанесенного на ней номинального размера.

Поэтому при пользовании концевыми мерами, которые имеют разряд, размер берут не только по номинальному значению, но и учитывают действительное отклонение, приведенное в аттестате.

Плоскопараллельные концевые меры длины можно использовать по классам и по разрядам. При использовании мер по классам за истинные размеры принимают номинальные размеры, выгравированные на плитках.

При использовании концевых мер по разрядам необходимо наличие аттестата, где указывается действительная величина меры. Применение концевых мер по разрядам, т.е. с учетом поправок к их номинальным размерам, повышает точность измерения по сравнению с использованием концевых мер по классам.

3. Измерительное средство.

3.1 Наборы концевых мер длины

В соответствии с ГОСТ 9038-83 наборы концевых мер состоят: из 116 шт., 87 шт., 42 шт., двух микронных наборов (плюсового и минусового из 9 шт. каждый) и наборов специального назначения. Микронный набор применяется в качестве дополнительного к основным наборам и позволяет уменьшить интервал составляющих блоков до 0,001 мм.

Измерительные поверхности концевых мер обладают свойством притираемости, т.е. если приложить одну меру к другой и, прижимая их друг к другу, смещать (надвигать) одну относительно другой, то они сильно сцепляются между собой. Это явление и называют притираемостью концевых мер. Между поверхностями мер создается очень сильное сцепление — исправные концевые меры удерживаются, не распадаясь, если собрать несколько мер в блок (рекомендуется собирать не более 5 шт.) и держать на весу весь блок за конец одной меры. Эта способность концевых мер позволяет из них составлять блоки требуемых размеров.

Сцепление двух поверхностей концевых мер объясняется молекулярным притяжением тщательно обработанных поверхностей в присутствии тончайших слоев смазки толщиной 0.1 – 0.02 мкм, которая остается на мерах после промывки их в бензине. Высказываются предположения, что при контактировании поверхности одной концевой меры с поверхностью другой возникает разрежение (вакуум), благодаря которому капельки смазки выступают из микротрещин на поверхность мер.

3.1. Составление блока концевых мер

Наборы концевых мер скомплектованы так, чтобы из небольшого числа мер можно было составлять блоки с малыми градациями.

При составлении блока из концевых мер следует стремиться, чтобы блок состоял из возможно наименьшего количества мер. Составлять блок более чем из пяти мер обычно не рекомендуется. Перед составлением блока делают его предварительный расчет. Наиболее быстро блок требуемого размера можно составить методом исключения наименьшего знака. При этом вначале следует выбирать меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметра, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры. Вторую плитку в блоке следует подбирать так, чтобы остаток оканчивался на 0 или 0,5.

Ниже приводится пример составления блока из набора концевых мер (87 шт.).

Пример: требуется составить блок размером 37,765 мм.

Первая мера, входящая в блок, 1,005 мм

остаток 36,76 мм

Вторая мера, входящая в блок, 1,26 мм

	остаток 35,5 мм
Третья мера, входящая в блок,	<u>5,5 мм</u>
	остаток 30,00 мм

Четвертая мера, входящая в блок, 30 мм.

Таким образом, блок заданного размера составлен из следующих четырех мер: $1,005 + 1,26 + 5,5 + 30 = 37,765$ мм.

4. Последовательность выполнения работы

Работа заключается в составлении блоков концевых мер заданных размеров.

Размеры блоков плоскопараллельных концевых мер длины задаются студенту преподавателем.

Концевые меры перед составлением в блок необходимо тщательно протирать от загрязнения. Затем концевые меры совмещают измерительными (блестящими) поверхностями и притираются сдвигом или поворотом при плотном прижатии друг к другу. После притирки двух концевых мер к ним притирают третью и т.д. Вначале притираются между собой концевые меры малых размеров, собранный из них блок притирается к мере среднего размера, а затем уже к мере большего размера.

При работе с концевыми мерами во избежание их повреждения необходимо соблюдать следующие правила:

- не брать измерительные поверхности притертых плиток руками;
- плитки, размером более 5,5 мм, кладутся на стол нерабочими поверхностями;
- не притирать измерительную поверхность концевой меры к нерабочей.

Записать в бланк отчета основные данные блоков, номинальные и действительные размеры плиток (из аттестата) и блоков. Затем разобрать блоки, протереть и уложить плитки в соответствующие гнезда ящика.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое плоскопараллельные концевые меры длины?
2. Что такое притираемость концевых мер длины и чем она обеспечивается?
3. Требования к материалу, из которого должны изготавливаться концевые меры длины?
4. Что такое классы концевых мер длины и чем они характеризуются?
5. Что такое разряд концевой меры длины и чем он характеризуется?
6. Каков порядок набора блока плиток для получения заданного размера?

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

Цель работы: ознакомление с плоскопараллельными концевыми мерами длины и привитие навыков работы с ними

Размеры блока и отдельных концевых мер

Номинальный размер блока	Номинальные размеры плиток			Действительные размеры плиток			Действительный размер блока		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ

1. Цель работы:

- Ознакомление с основными метрологическими характеристиками штангенциркуля;
- ознакомление с устройством штангенциркуля и с измерением штангенциркулем наружных и внутренних размеров деталей;
- привитие навыков пользования стандартами и ГОСТами.

2. Краткие сведения

2. 1. Метрологические характеристики измерительных средств

ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ (предел измерений) – это диапазон размеров, который может быть измерен данным измерительным средством и для которого нормируется допускаемая погрешность средства измерения. Термин «предел измерений» целесообразно использовать в том случае, когда меньшее значение диапазона измерений равно нулю. Так, вместо указания диапазона измерения 0 - 400 мм можно указать, что предел измерения 400 мм.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ – это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Если стрелка прибора переместилась на шкале от одного деления на другое, это означает, что измеряемый размер изменился на величину, равную цене деления. Чаще всего используют цены деления 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 1; 2; 10 мкм.

ДИАПАЗОН ПОКАЗАНИЙ – это область значений измеряемого размера, которая может быть отсчитана по шкале.

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ – это отклонение значений величины, найденной путем ее измерения, от действительного значения измеряемой величины.

ШКАЛА – устройство для отсчета показаний прибора, имеющее ряд отметок (штрихов, точек и т.п.), соответствующих определенным значениям измеряемой величины.

ИНТЕРВАЛ ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ – это расстояние между серединами двух соседних штрихов шкалы. Если цена деления показывает, чему соответствует перемещение стрелки от одного деления до другого, то интервал делений говорит, на сколько переместилась стрелка, если размер изменился на величину, равную цене деления.

3. Измерительное средство

Краткие сведения о штангенциркуле

Штангенциркуль предназначен для измерения наружных и внутренних линейных размеров.

Отличительной особенностью этих измерительных инструментов является то, что в качестве отчетного устройства используется основная шкала и шкала – нониуса.

На штанге (рис.1) нанесена основная шкала (с интервалом 1мм), а на подвижной рамке шкала нониуса, позволяющая отсчитывать доли миллиметра.

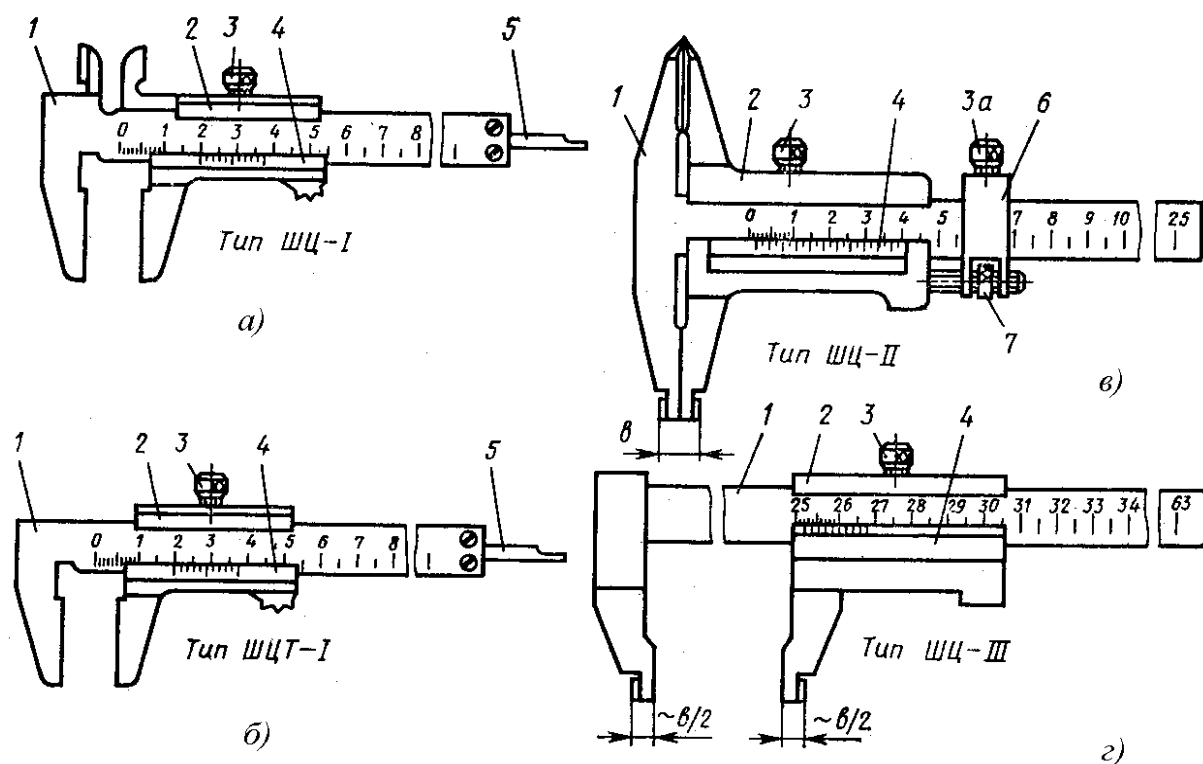


Рис. 1. Штангенциркули[2]

а – штангенциркули с раздельными губками для наружных и внутренних измерений; б – штангенциркули только для наружных измерений; в – штангенциркули с разметочными губками и одними губками, но разными измерительными поверхностями для наружных и внутренних измерений; г – то же, но без разметочных губок (1 – штанга; 2 – рамка; 3 – зажим рамки; 3_а – зажим рамки микроподачи; 4 – нониус; 5 – линейка глубиномера; 6 – микрометрическая подача; 7 – гайка)

Нониус – равномерная шкала с пределом измерений, равным цене деления основной шкалы.

Отсчет по нониусу основан на разности интервалов делений основной шкалы и шкалы нониуса.

Цена деления нониуса с (отчет по нониусу) равна цене деления основной шкалы *a*, разделенной на число делений нониуса *n*.

Введя обозначения:

- интервал деления основной шкалы – *c*;

- интервал делений нониуса – b ;
- число делений шкалы нониуса – n ;
- цена деления нониуса – i ;
- модуль нониуса – γ ,

можем написать следующие основные зависимости шкал штангенциркуля:

- цена деления нониуса $i = c - b$;
- интервал деления нониуса $b = \gamma \cdot c - i$;
- число делений шкалы и нониуса $n = \frac{c}{i}$.

Пример. Определить интервал деления и число делений шкалы нониуса, если интервал основной шкалы $c = 1 \text{ мм}$, а цена деления нониуса $i = 0,05$; $\gamma = 2$.

Определяем: интервал делений нониуса
 $b = \gamma \cdot c - i = 2 \cdot 1 - 0,05 = 1,95 \text{ мм}$;

число делений шкалы нониуса:

$$n = \frac{c}{i} = \frac{1}{0,05} = 20$$

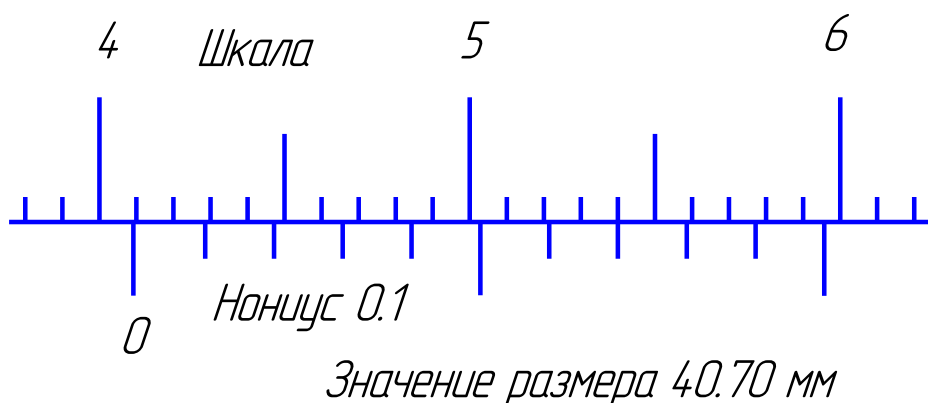
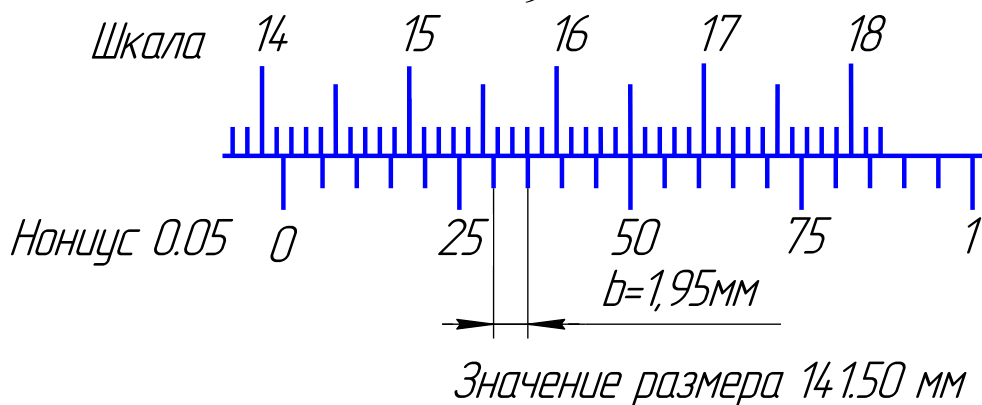


Рис. 2. Отсчет по шкале и нониусу

$$c = a/n = 1/20 = 0,05$$

4. Последовательность выполнения работы

4.1 Ознакомится с основными метрологическими характеристиками штангенциркуля, результаты записать в отчет.

4.2 Определить предельные размеры диаметра измеряемой детали по ГОСТ 25347-82, величину допуска, допускаемую погрешность измерения, результаты записать в отчет.

4.3 Измерить размеры диаметра детали. Измерение произвести в трех точках, в двух сечениях (рис. 4). Результаты занести в отчетный бланк.

4.3.1 Сближают губки штангенциркуля;

4.3.2 Сдвигают рамку до контакта губок с поверхностью измерения, добиваясь нормального измерительного усилия;

4.3.3 Зажимают рамку с нониусом, снимают штангенциркуль с детали и отсчитывают показания;

4.4.4 Целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева на право нулевым штрихом нониуса. Число десятых долей миллиметра при отсчете по нониусу равно номеру этого штриха нониуса, умноженному на цену деления нониуса (отсчет по нониусу). Пример отсчета на рис. 2.

4.3.5 Дать заключение о годности размеров детали, сравнив действительные размеры с предельными.

4.4. Измерить погрешности формы детали.

4.4.1. Отклонение формы цилиндрической поверхности оценивается через отклонение от круглости и отклонения от профиля продольного сечения.

Частными видами отклонения от круглости является овальность и огранка (рис. 3).

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность (рис. 4).

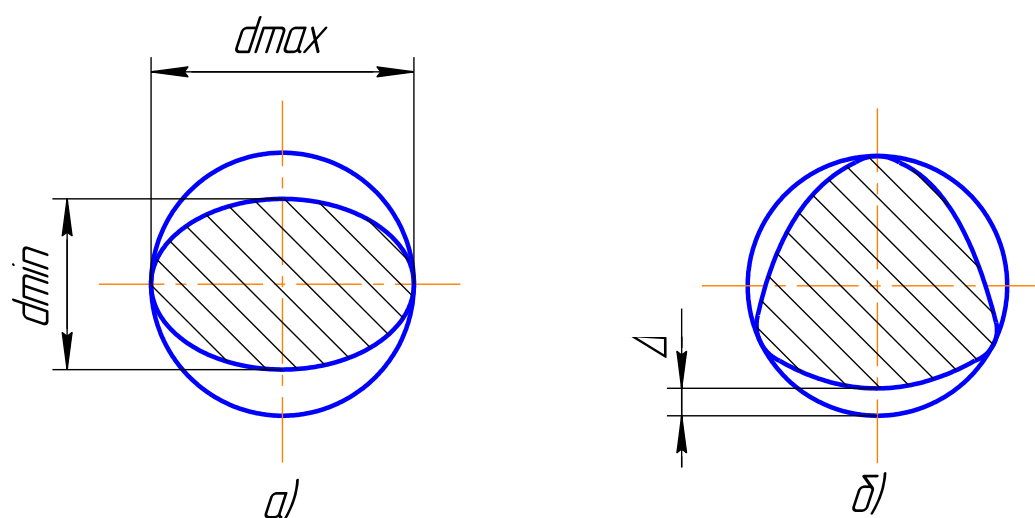


Рис. 3. Частные виды отклонений от круглости
овальность (а), огранка (б)

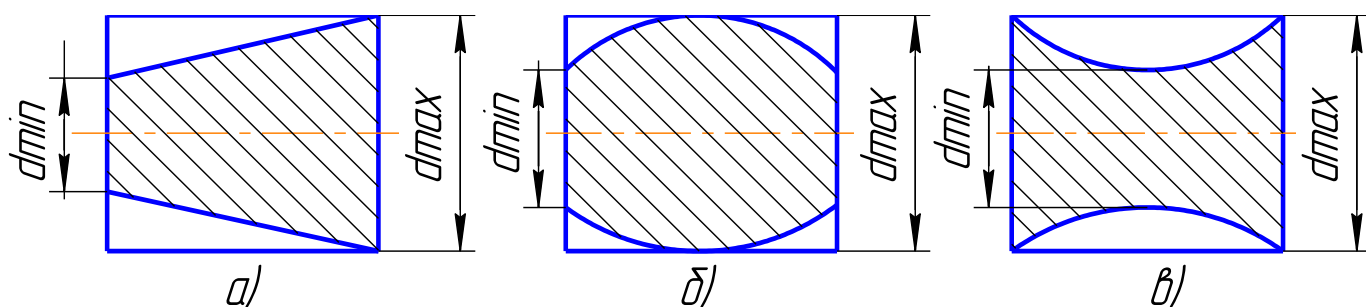


Рис. 4. Частные виды отклонений профиля продольного сечения конусообразность (а), бочкообразность (б), седлообразность (в)

4.4.2. Для определения отклонений формы детали следует измерить размеры диаметров детали в сечениях а, б, в и двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 5). Результаты занести в отчет.

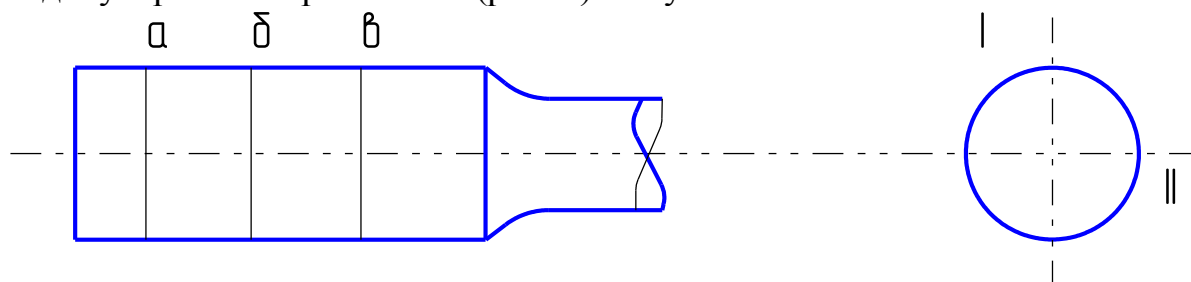


Рис. 5. Схема измерения размеров детали

4.4.3 Рассчитать отклонения формы

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

4.5 Дать заключение о годности формы детали, сравнив полученные отклонения с допустимыми

5. Контрольные вопросы

1. Что такое диапазон измерения?
2. Что такое цена деления шкалы?
3. Что такое диапазон показаний?
4. Дать определение нониуса, принцип его работы.
5. Виды штангенциркуля.
6. Штангенциркуль – его конструкция и типоразмеры.

ОТЧЕТ

по лабораторной работе
ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛИ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ

Параметры детали		Средство измерения		
Обозначение		Наименование измерительного средства		
Предельные отклонения		Цена деления основной шкалы		
es				
ei				
Предельные размеры		Диапазон измерения		
d _{max}				
d _{min}				
Величина допуска		Цена деления нониуса		
T =				
Допускаемая погрешность измерения		Предельные погрешности измерения		
d _{но} (0,1...0,15)×T =				
<p>Схема расположения поля допуска</p>				
Результаты измерений				
Показания штангенциркуля, мм	Сечения	Пояса		
		a	б	в
	I			
	II			
Наибольший действительный размер			Наименьший действительный размер	
Заключение о годности размера				
Отклонение формы	Вид отклонения	Допуск (0,25×T)	Отклонение	
	Овальность			
	Конусообразность			
	Бочкообразность или седлообразность			
Заключение о годности формы				

Вывод:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ПОВЕРКА ТОЧНОСТИ МИКРОМЕТРА

1. Цель работы:

- изучение основных метрологических характеристик измерительных средств;
- изучение микрометра типа МК и привитие навыков работы с ним;
- определение годности микрометра.

2. Общие сведения

ПОВЕРКА средств измерения – это экспериментальное определение погрешности средств измерения и установление их пригодности к применению. Иногда при поверке не определяют значения погрешности средств измерения, а устанавливают – находится ли она в допустимых пределах.

Все измерительные средства после их изготовления или ремонта, а также в процессе эксплуатации (хранения) должны проходить поверку.

Поверка средств измерения после изготовления или ремонта перед выпуском в обращение называется первичной.

Поверка средств измерения, проводимая при его эксплуатации или хранении через определенные промежутки времени (межповерочные интервалы), называется периодической. Сроки поверки устанавливаются в зависимости от интенсивности использования средств измерения.

Поверку осуществляют либо органы государственной метрологической службы (государственная поверка), либо органы ведомственной метрологической службы (ведомственная поверка).

3. Измерительное средство

МИКРОМЕТРОМ называется измерительное средство с корпусом в виде скобы с двухточечной системой измерения, в котором перемещение одной из точек определяется с помощью резьбовой пары – винта и гайки.

Микрометрические инструменты предназначены для измерения линейных размеров контактным методом. К наиболее распространенным микрометрическим инструментам относятся микрометры (ручные и настольные) для наружных измерений. Микрометры выпускаются нескольких типов:

МК – гладкие, для измерения наружных размеров;

МВП – гладкие, для измерения деталей из мягких материалов;

МЛ – с циферблатом, для измерения толщины листов и лент;

МТ – для измерения толщины стенок труб;

МЗ – для измерения длины общей нормали зубчатых колес;

МВМ – для измерения среднего диаметра метрических резьб.

Все типы микрометров стандартизированы, отличаются конструктивным исполнением и пределами измерения, имеют цену деления шкалы 0,01 мм.

Измерительным устройством любого микрометрического инструмента является точно изготовленная микрометрическая пара с определенным шагом, обычно равным 0,5 мм. Резьбовую пару используют как увеличивающее устройство, преобразующее небольшие продольные измерения винта в большие окружные перемещения шкалы барабана (если повернуть винт 5 на один оборот, когда гайка 3 неподвижна, то винт переместится в направлении оси на величину, равную шагу резьбы).

В корпусе микрометра в виде скобы 1 (рис.1) заключены неподвижная пятка 2, которая реализует неподвижную точку в двухточечной схеме измерения, и гайка 3. Скоба должна быть достаточно жесткой, чтобы ее деформация от измерительного усилия не сказывалась на точности измерения. В микрометрах небольших размеров (до 300 мм) пятка 2 запрессовывается в скобу. С гайкой 3 резьбовой пары соединен неподвижно стебель 4, который запрессовывают в скобу. Внутри стебля с одной стороны находится микрометрическая резьба 3, а с другой – гладкое цилиндрическое отверстие, обеспечивающее точное направление перемещению винта 5. Торцовая поверхность винта, обращенная к пятке, является измерительной.

Винт 5 скреплен с барабаном 6, на конце узла винт-барабан находится устройство 7, обеспечивающее измерение с определенным усилием, и представляет собой схему храпового механизма. Вращение головки храповика по часовой стрелке передается микрометрическому винту трением между штифтом, поджимаемым пружиной (рис. 1–г), и зубьями храповика. При вращении в направлении соприкосновения измерительных поверхностей с деталью или между собой поджим этих поверхностей будет происходить с усилием, обеспечиваемым пружиной, поджимающей зуб. При дальнейшем вращении храповый механизм проскальзывает и раздается характерный треск.

Стопорное устройство 12 используют, если необходимо сохранить микрометрический винт в установленном положении.

Отсчетное устройство микрометра состоит из продольной шкалы 8 (рис.1 – в), нанесенной на стебле, и круговой шкалы 9 на барабане 6. По одну сторону продольного штриха 8 нанесена шкала 10 с интервалом в 1 мм, а по другую сторону – вторая шкала 11 тоже с интервалом в 1 мм, но сдвинутая на 0,5 мм по отношению к шкале 10.

Проверку начинают с нулевой точки. Для этого, вращая микровинт 5 за трещотку 7, плавно подводят его торец к торцу пятки 2 до тех пор, пока трещотка не станет проворачиваться. В этом положении нулевой штрих

шкалы 9 барабана должен совпадать с продольным штрихом 8 стебля. Если совпадения штрихов нет, то устанавливают микрометр на нуль.

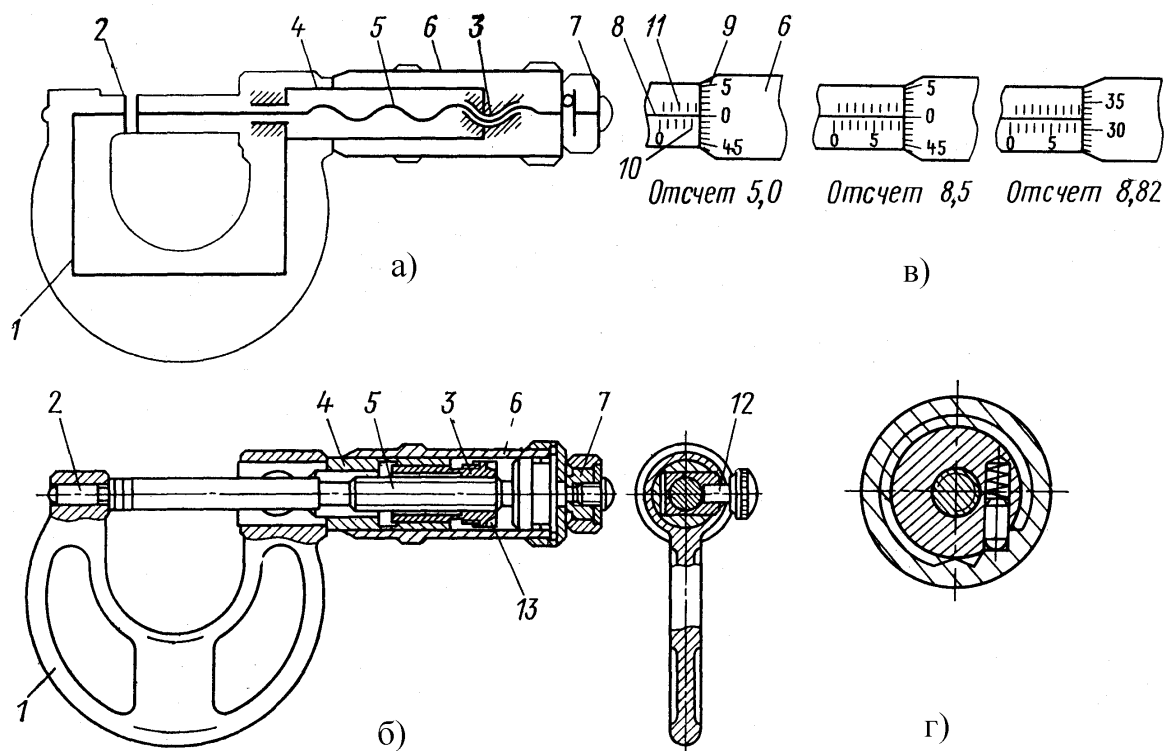


Рис.1. Микрометр гладкий[2]

а- схема; б – конструкция для диапазона изменения 0-25 мм;

в – отсчет по шкале на стебле и барабане

1 – скоба; 2 – пятка; 3 - гайка с конической резьбой; 4 –стебель; 5 – винт микрометрической; 6 – барабан; 7 – трещотка; 12 – стопор

Установка микрометра на нуль проводится в следующем порядке:

- закрепляют стопор 12 микровинта;
- разъединяют барабан и микровинт отвертыванием установочного колпачка;
- совмещают нулевой штрих барабана с продольным штрихом 8 стебля и после этого вращают установочный колпачок (по часовой стрелке) до плотного закрепления барабана на микровинте;
- освобождают стопор микровинта;
- проверяют правильность установки микрометра на нуль. Если установка с первого раза не удалось, то ее повторяют.

Для осуществления этой внешне простой операции требуется определенный навык, что является одной из трудностей в работе с микрометром.

Для крепления микрометров на столе служит универсальная стойка.

Микрометр является измерительным средством, предназначенным для использования непосредственно на рабочих местах, в цехах у станков, где требуется надежно работающее измерительное средство в условиях определенной загрязненности, вибраций, иногда с непредвиденными ударами и сотрясениями этих измерительных средств. Микропара с обычным отсчетом соответствует этим условиям эксплуатации и эти условия практически не влияют на надежность микрометра.

4. Последовательность выполнения работы

При поверке микрометра **обязательно пользоваться трещоткой** и вращать микрометрический винт плавно во избежание деформаций микрометра и неправильных замеров.

4.1 Поверку погрешностей показаний микрометра следует производить с помощью плоскопараллельных концевых мер длины не менее, чем по шести размерам, включая нулевое показание. Размеры для поверки следует подбирать так, чтобы поверить шкалу стебля и шкалу барабана на всей ее протяженности: в средней части основной шкалы проверяются показания шкалы барабана на штрихах, отстоящих друг от друга на 0,12 мм (табл. 1).

Поверка показаний микрометра производится по каждому контролируемому размеру, для чего подбирается блок плоскопараллельных концевых мер длины соответствующего размера (табл. 1). Плитки тщательно притираются друг к другу до получения сцепления.

Отсчет производится до тысячных долей мм, которые отсчитываются приближенно, как доли деления шкалы барабана.

Таблица 1

Рекомендуемые для проверки точки шкалы микрометра

Верхний предел измерений микрометра	До 25	Свыше 25
Рекомендуемые точки шкалы, по которым производится поверка	0	A+0
	5,12	A+5,12
	10,24	A+10,24
	15,36	A+15,36
	21,50	A+21,50
	25	A+25

Примечание. А - нижний предел (наименьший размер)

Для повышения точности поверки показаний микрометра каждый отсчет (измерение) повторять не менее трех раз, не меняя положения плиток, за окончательный результат по каждому размеру принимать среднее арифметическое значение из повторных измерений.

Результаты измерений вносят в бланк отчета.

4.2 *Отклонения от параллельности* измерительных плоскостей микрометра измеряются с помощью плоскопараллельных концевых мер длины.

Измерение производится в двух взаимно перпендикулярных направлениях «а-б» и «в-г» (рис.2) и состоит в определении разности средних размеров «а» и «б», а также разности размеров «в» и «г».

Для измерения составляется блок концевых мер длины, равный примерно среднеарифметическому размеру между наибольшим и наименьшим размерами, измеряемых микрометром. Для микрометра с пределами измерений 0-25 мм рекомендуется брать размер 12-13 мм.

Измерение и отсчет производится также, как и при определении погрешностей показаний микрометра, только касания измерительных плоскостей микрометра с блоком плиток ограничивается сегментом высотой приблизительно $\frac{1}{4}$ диаметра (рис.2).

Измерение в каждом положении повторяется не менее трех раз, за окончательный результат в каждом положении принимается среднее арифметическое значение.

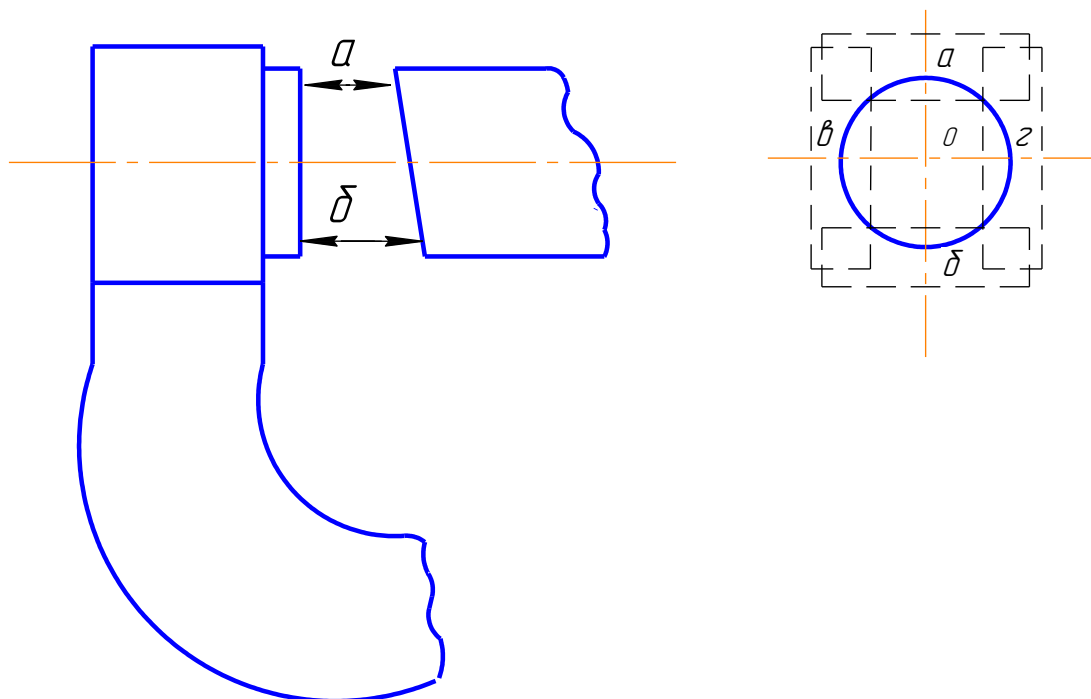


Рис.2. Схема контроля параллельности измерительных плоскостей микрометра

Разность средних значений в положении «а» и в положении «б» (аналогично в направлении «в-г») и есть отклонение от параллельности в этих направлениях.

Результаты измерения вносят в бланк отчета.

4.3 *Дать заключение о годности микрометра*, сравнив полученные результаты поверки с нормами допустимых отклонений (погрешностей) по ГОСТ 6570-90 (табл.2).

Микрометр считается годным для работы, если ни одно отклонение не превышает допускаемые стандартом погрешности.

Заключение о годности микрометра заносится в бланк отчета.

Таблица 2

Допустимые погрешности микрометров (ГОСТ 6507-90)

Верхний предел измерений, мм	Допустимая погрешность показаний шкалы, мм	Допуск параллельности, мм
10; 25	$\pm 0,004$	0,002
50	$\pm 0,004$	0,0025
75; 100	$\pm 0,004$	0,003
125; 150	$\pm 0,005$	0,004

5. Контрольные вопросы

1. Понятие о метрологии и основных метрологических характеристиках измерительных средств?

2. Что означает термин «поверка»? Когда осуществляется поверка измерительных средств?

3. Назначение микрометра, какие существуют типы микрометров?

4. На чем основано устройство микрометра?

5. Из каких основных частей (деталей) состоит микрометр?

6. Объясните цену деления шкал отсчетного устройства микрометра.

7. Как производится установка микрометра на нуль?

8. Как производится поверка микрометра?

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
ПОВЕРКА ТОЧНОСТИ МИКРОМЕТРА
Результаты поверки показания микрометра

№ пп	Проверяемые точки шкалы (размеры)	Показания микрометра			Среднее арифметич. значение показаний	Погрешность показаний микрометра
		1	2	3		
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Результаты поверки параллельности рабочих поверхностей
микрометра

Положения измерений	Показания микрометра, мм			Среднее арифметич. значение показаний	Отклонение от параллельности рабочих поверхностей
	1	2	3		
а					В направлении а-б
б					
в					В направлении в-г
г					
Заключение о годности микрометра					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИЗМЕРЕНИЕ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА И ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ Измерение размеров детали универсальными измерительными средствами

1. Цель работы:

- ознакомление с устройством штангенциркуля и с измерением штангенциркулем наружных и внутренних размеров деталей;
- ознакомление с устройством рычажной скобы (пассаметра) и с индикаторной скобой, а также с измерением рычажной или индикаторной скобой наружных диаметров деталей;
- ознакомление с устройством индикаторного нутромера, в том числе с устройством индикатора с зубчатой передачей и ознакомление с измерением диаметров отверстий индикаторным нутромером.

2. Измерительные средства

Краткие сведения о рычажной скобе

Рычажная скоба (пассаметр) (рис.1) относится к группе измерительных инструментов с рычажно-зубчатой передачей, которые предназначены для точных измерений наружных размеров изделий дифференциальным методом.

Скобы рычажные состоят из корпуса 1, в котором размещено отсчетное устройство со шкалой 4, указателями поля допуска 3 и стрелкой 5. Положение указателей регулируют винтами, сняв крышку 6. Пружина 12 сообщает подвижной пятке 11 измерительное усилие. Переставная пятка 10 перемещается винтом 8, закрываемым колпачком 7, и зажимается стопором 9. Встроенное отсчетное устройство скобы имеет рычажно-зубчатый механизм (рис.1б). Подвижная пятка 11 поворачивает рычаг 13, большое плечо которого выполнено в виде зубчатого сектора 14 и находится в зацеплении с трибом 15. На оси триба укреплены стрелка 5 и пружинный волосок 16. Арретир 17 перемещает пятку 11 при нажатии кнопки 2.

Пределы измерений рычажных скоб составляют 0 – 25, 25 – 50, ..., 125 – 150мм.

Величина наименьшего отсчета по шкале 0,002 мм. Измерение производится относительным методом, то есть методом сравнения, для чего скоба настраивается на заданный размер по мерам длины или по образцу.

минимальные погрешности рычажной передачи. Положение стержня 9 после регулировки фиксируют гайкой 8. Перемещение стержня 12 через рычаг 11, в плечи которого впрессованы шарики 6, и стержень 5 передается индикатору 1, установленному на корпусе 4 с теплоизоляционной втулкой 3. Измерительное усилие создается пружиной индикатора и пружиной 2. В отверстия насадки 10 вставлены направляющие стержни 14 центрирующего мостика 13. Пружины 15 прижимают мостик к поверхности отверстия.

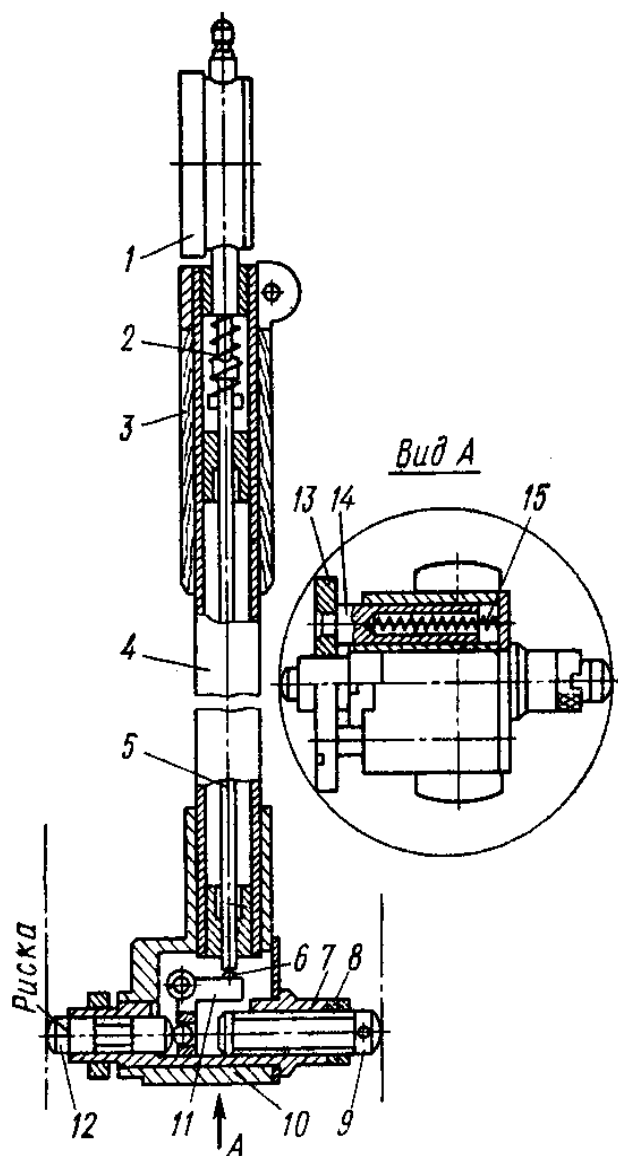


Рис. 2. Индикаторный нутромер[2]

Краткие сведения о микрометрическом глубиномере

Микрометрический глубиномер состоит из микрометрической головки 1, запрессованной в основание 2 (рис. 3). В отверстие на торце микровинта вставляются разрезными пружинящими концами сменные

стержни 3 со сферической измерительной поверхностью. Микровинт зажимается стопором 4. Диапазон измерений глубиномера составляет 0 – 25; 25 – 50 и т.д. до 125 – 150мм. Цифры у штрихов стебля и барабана нанесены в обратном порядке по сравнению с микрометрами, т.к. чем больше глубина, тем дальше выдвинут микровинт. Глубиномеры выпускают двух классов точности: 1 и 2. Допускаемые погрешности равны соответственно ± 3 и ± 5 мкм при пределах измерения до 100 мм и ± 4 и ± 6 мкм при больших размерах. При настройке нулевого положения торце основания глубиномера прижимают к торцу специальной установочной меры 5, которую ставят на плите. Микровинт прижимают к поверхности плиты, вращая трещетку.

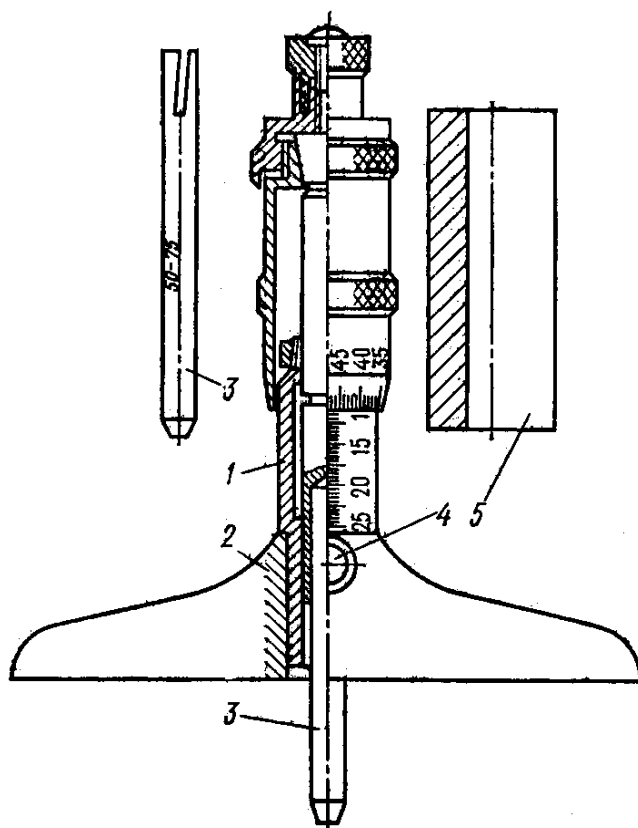


Рис.3. Микрометрический глубиномер[2]

3. Последовательность выполнения работы

3.1 Измерение наружного диаметра рычажной скобой

3.1.1 Ознакомиться с метрологическими характеристиками рычажной скобы, результаты занести в бланк отчета.

3.1.2 По номинальному размеру детали подготавливают блок плиток плоскопараллельных концевых мер.

3.1.3 Устанавливают пятки рычажной скобы на размер и стрелку на нуль шкалы. Для этого:

- освобождают стопор скобы 9 и свинчивают предохранительный колпачок 7 с винта перестановки жесткой пятки 10;
- жесткую пятку отводят от подвижной 11 на расстояние, большее номинального размера блока концевых мер длины;
- укладывают блок концевых мер на стол между торцами пяток. Вращая головку винта 8, подводят жесткую пятку к блоку мер до тех пор, пока стрелка не станет на 0-й штрих шкалы;
- зажимают стопор скобы. Если при этом стрелка сдвинется с нулевого штриха, то используют винт установки стрелки на нуль, имеющийся на отсчетной головке;
- навинчивают предохранительный колпачок на головку винта перестановки жесткой пятки.

3.1.4 Измерение диаметра детали:

- арретируют подвижную пятку и вводят измеряемую деталь между торцами пяток и отпускают арретир. Стрелка становится на деление, показывающее отклонение действительного размера детали от 0, установленного по блоку концевых мер. Это отклонение запоминают и, нажав на арретир, разводят пятки и вынимают деталь из скобы;
- выявленное отклонение с его знаком заносят в отчетный бланк. После этого отсчитывают это отклонение от номинала блока концевых мер и получают действительный размер диаметра измеренной детали.

3.1.5 Измерение отклонений формы детали. Для этого измеряют деталь в 3-х поясах и в 3-х направлениях по окружности (рис.4). Овальность определяется как наибольшая полуразность размеров при измерениях в трех направлениях по окружности; конусность – как наибольшая полуразность при измерении в трех поясах вдоль оси.

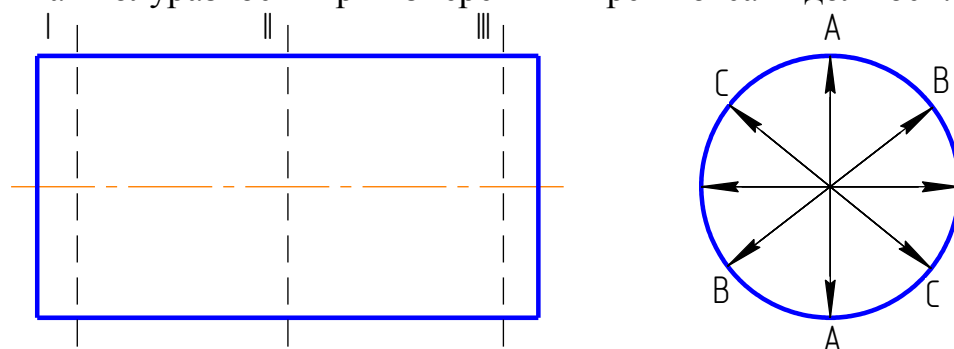


Рис. 4. Схема измерения рычажной скобой

3.2. Измерение внутреннего диаметра отверстия индикаторным нутромером

3.2.1 Ознакомиться с метрологическими характеристиками индикаторного нутромера, результаты занести в бланк отчета

3.1.2 По номинальному размеру детали подготавливают блок плиток плоскопараллельных концевых мер

3.2.2 Закрепляют измерительную головку 1 в нутромере так, чтобы шкала циферблата была направлена в одну сторону с центрирующим мостиком 13.

3.2.3 Подготавливают установочный комплект из блока концевых мер длины по номинальному размеру внутреннего диаметра, боковок и державки для концевых мер (рис.5).

3.2.4 Устанавливают нутромер на номинальный размер по установочному комплекту.

3.2.5 Устанавливают нутромер на нуль:

- берут нутромер за теплоизоляционную втулку 3 и вводят измерительными стержнями между боковиками;

- наблюдая за стрелкой измерительной головки, перемещают нутромер, то покачивая от себя – на себя, то поворачивая вправо – влево вокруг оси, стараясь установить измерительные стержни в положение, совпадающее с наименьшим расстоянием между измерительными поверхностями боковок (крайнее положение стрелки измерительной головки). В этом положении устанавливают отсчетное устройство на нуль и вновь повторяют установку (можно запомнить крайнее показание головки как «нулевое»);

3.2.6 Измерение диаметра отверстия.

Нутромер наклоняют, нажимая центрирующим устройством 13(мостиком) на поверхность отверстия, вводят его внутрь и покачивают в осевой плоскости. Замечают штрих шкалы, до которого стрелка доходит при покачивании, отсчитывают число делений и знак отклонения от нуля. Отсчитанное число делений отклонения умножают на цену деления шкалы, определяют отклонение с выявленным знаком от номинального размера блока концевых мер и получают действительный размер диаметра отверстия в измеренном сечении.

3.2.7 Измерение отклонение формы поверхности отверстия. Для этого измеряют по два отклонения диаметра отверстия в соответствующих сечениях (см. бланк отчета).

Результаты работы заносятся в бланк отчета.

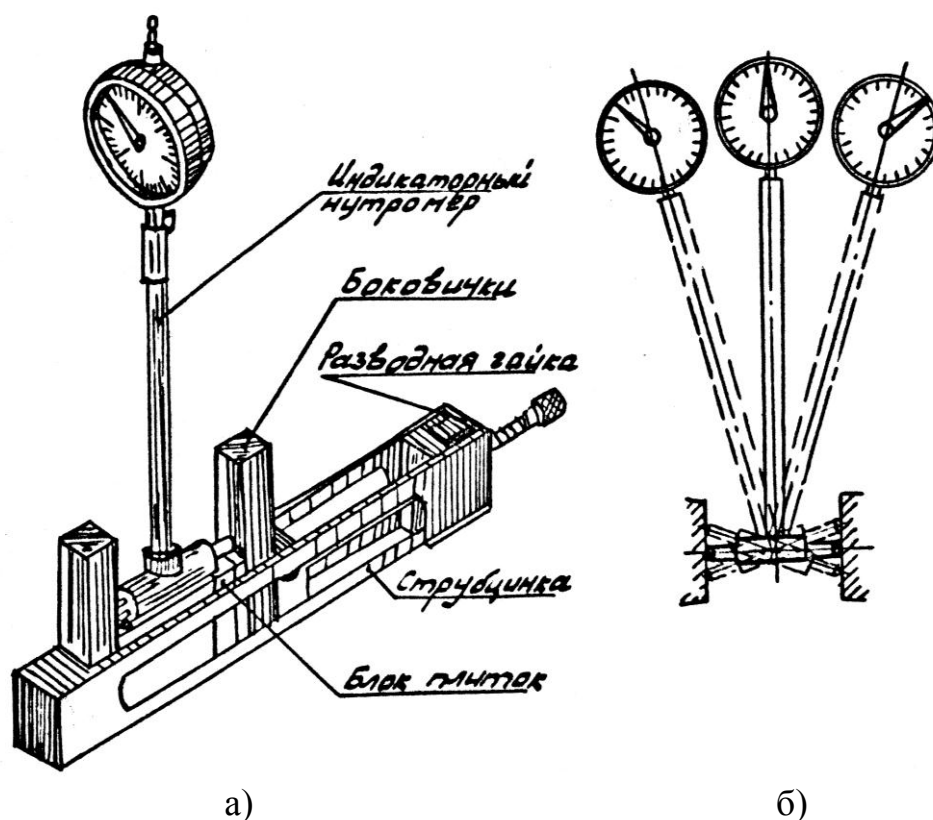


Рис. 5. Схема измерения индикаторным нутромером[2]

3.3 Измерение глубины отверстия микрометрическим глубиномером

3.1.1 Ознакомиться с метрологическими характеристиками глубиномера, результаты занести в бланк отчета

3.3.2 Устанавливают основание глубиномера на торец детали. Плотнo прижимают основание к торцу детали и вращают микровинт за трещетку до упора сферы измерительного стержня в дно уступа до провертывания трещетки. Отсчитывают показание. Результаты заносят в бланк отчета.

4. Контрольные вопросы

1. Как устроен и работает индикаторный нутромер?
2. Как устроена и работает рычажная скоба?
3. К какому методу измерения относятся измерения рычажной скобой и индикаторным нутромером (абсолютному, относительному, контактному, бесконтактному)?
4. Как настраивается индикаторная или рычажная скоба?
5. Как устроен и работает микрометрический глубиномер?

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
ИЗМЕРЕНИЕ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА И ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ

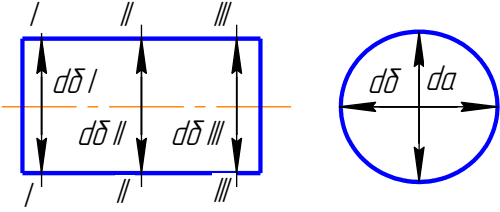
<i>Параметры детали</i>				<i>Средство измерения – рычажная скоба</i>			
Обозначение				Цена деления			
Предельные отклонения							
es		ei					
Предельные размеры				Диапазон измерения			
d_{\max}		d_{\min}					
Величина допуска							
$T =$				Предельные погрешности измерения			
Допускаемая погрешность измерения							
$(0,1...0,15) \times T =$							
Схема измерения 							
Результаты измерений							
Отсчеты показаний						Заключение о годности	
daI		daII		daIII			
dδI		dδII		dδIII			
Наибольший размер				Конусообразность			
Наименьший размер				Овальность			
<i>Параметры детали</i>				<i>Средство измерения - нутромер</i>			
Обозначение							
				Цена деления			
Предельные отклонения							
ES		EI					
Предельные размеры				Диапазон измерения			
D _{max}		D _{min}					
Величина допуска							
$T =$				Предельные погрешности измерения			
Допускаемая погрешность измерения							
$(0,1...0,15) \times T =$							

Схема измерения				
Результаты измерений				
Отсчеты показаний				Заключение о годности
DaI		DбI		
DaII		DбII		
Средний действительный размер				
Овальность				
Конусообразность				
Параметры детали			Средство измерения - глубиномер	
Обозначение			Цена деления	
Предельные отклонения				
ES		EI	Диапазон измерения	
Предельные размеры				
Hmax		Hmin		
Величина допуска			Сменный измерительный стержень	
T =				
Допускаемая погрешность измерения			Предельные погрешности измерения	
(0,1...0,15)хT =				
Схема измерения				
Результаты измерений				
Отсчеты показаний				Заключение о годности
H1	H2	H3	H4	
Средний действительный размер глубины				
Параллельность торцов				

Вывод:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

КОНТРОЛЬ КАЛИБРА-СКОБЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ

1. Цель работы:

- привитие практических навыков контроля калибр-скоб;
- привитие навыков работы с плоскопараллельными концевыми мерами длины;
- закрепление знаний по допускам и посадкам гладких цилиндрических изделий и калибров.

2. Общие сведения

2.1. Назначение и конструкции калибров-скоб

Калибры — это бесшкальные контрольные инструменты, не определяющие числовое значение измеряемой величины, а предназначенные для разбраковки деталей на «годные» и «бракованные».

Наибольшее распространение получили предельные калибры, ограничивающие наибольший и наименьший предельные размеры детали.

Калибры являются основным средством контроля деталей, особенно в крупносерийном и массовом производстве.

Наиболее распространенными калибрами для валов являются скобы. Комплект для контроля деталей состоит из двух калибров: проходного и непроходного. Детали считаются годными, если проходной калибр свободно (под действием собственной массы) проходит, а непроходной калибр не проходит через контролируемый размер.

По конструкции калибры очень разнообразны, они бывают жесткие, регулируемые, двусторонние предельные, односторонние двухпредельные, листовые и штампованные. На рис. 1 показаны некоторые наиболее распространенные конструкции скоб.

Выбор конструктивной разновидности калибра обусловлен размерами, точностью и производительностью при контроле.

По назначению калибры делятся на две основные группы: рабочие калибры (проходные Р-ПР и непроходные Р-НЕ) и контрольные калибры (К-ПР, К-НЕ и К-И).

Рабочие калибры предназначены для контроля деталей в процессе изготовления. Контрольные калибры служат для контроля или установки на размер рабочих калибров. Контрольные калибры К-И служат для контроля износа проходных скоб во время их эксплуатации.

Контрольные калибры выполняются в виде шайб. При свободном вхождении контрольной шайбы К-ПР или К-НЕ в проверяемую скобу размер этой скобы находится в пределах допуска. Вхождение шайбы К-И в

проходную скобу указывает на то, что ее размер в результате износа превысил допустимый предел.

Для непроходных калибров (Р-НЕ), которые в процессе контроля изнашиваются незначительно, т.к. не перемещаются относительно годных деталей, контрольные калибры (К-И) не предусматриваются.

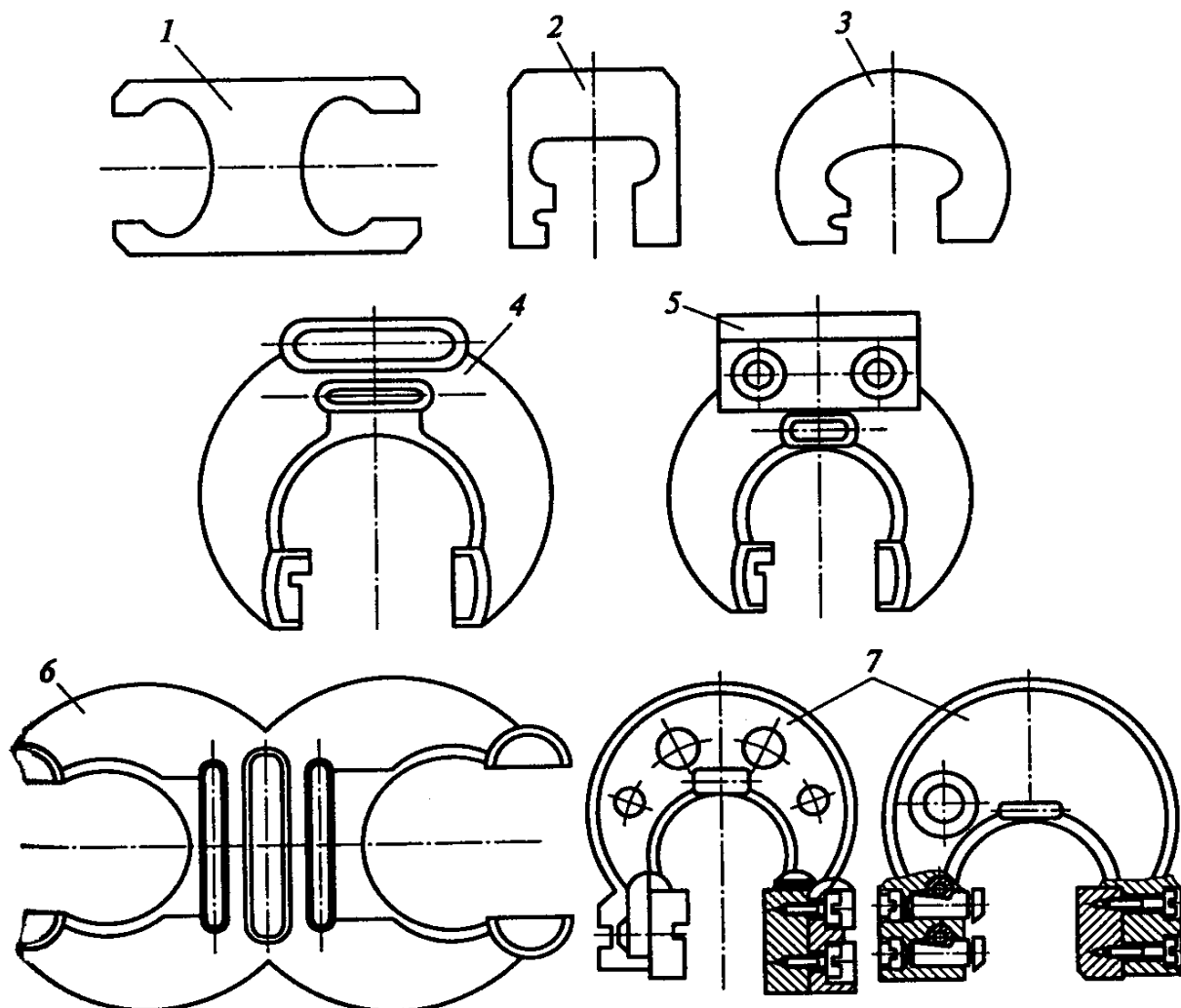


Рис.1. Основные виды калибров-скоб[3]:

1 — листовые двухсторонние двухпредельные (1...50 мм); 2 — листовые прямоугольные односторонние двухпредельные (1...70 мм); 3 — листовые круглые односторонние двухпредельные (1...180 мм); 4 — штампованные односторонние двухпредельные (3...50 мм); 5 — штампованные односторонние двухпредельные с ручками (50...170 мм); 6 — штампованные двухсторонние двухпредельные (30...100 мм); 7 — регулируемые односторонние двухпредельные (до 330 мм) (в скобках указаны размеры контролируемых деталей)

2.2. Допуски калибров

Допуски и предельные отклонения гладких рабочих и контрольных калибров нормированы ГОСТ 24853-81.

Валы и отверстия с допусками точнее шестого квалитета не рекомендуется проверять калибрами, т.к. при этом вносится большая погрешность измерения. Такие изделия проверяют универсальными контрольными средствами.

Кроме допусков на изготовление калибров для рабочих проходных скоб устанавливается допуск на износ, служащий для ограничения износа калибра в процессе эксплуатации.

Схемы расположения полей допусков калибров для валов и контракалибров к ним для номинальных размеров до 180 мм приведены на рис.2.

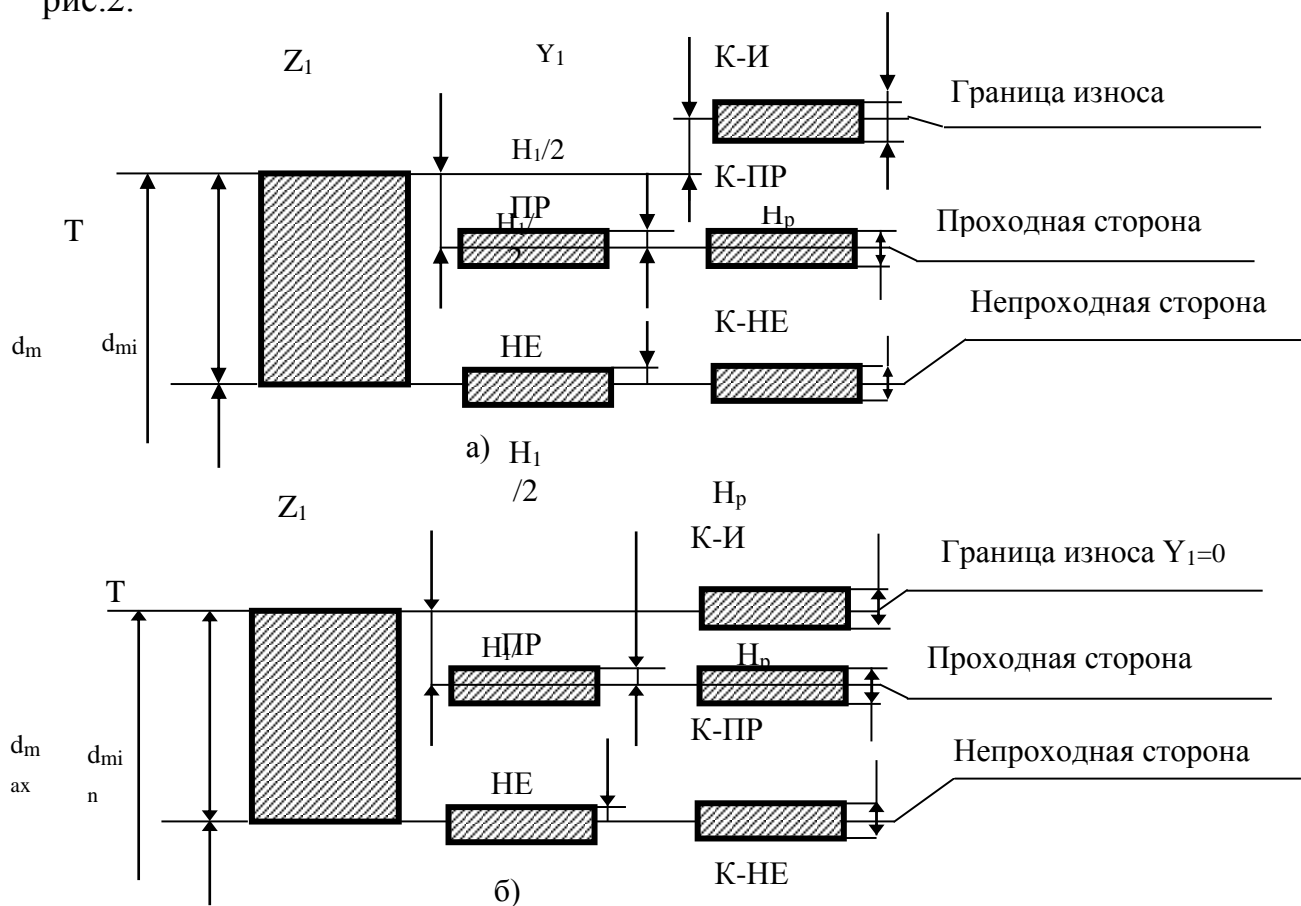


Рис.2. Расположение полей допусков рабочих (ПР и НЕ) и контрольных (К-ПР, К-НЕ, К-И) калибров-скоб для контроля валов размерами до 180 мм:

- а) для валов квалитетов 6, 7, 8;
б) для валов квалитетов от 9 до 11.

На схемах приняты следующие обозначения: T — допуск контролируемого вала, d_{max} и d_{min} — наибольший и наименьший размеры вала, H_1 — допуск на изготовление калибра для вала, H_p — допуск на изготовление контрольного калибра для скобы, Z_1 — отклонение середины

поля допуска на изготовление проходного калибра относительно наибольшего предельного размера вала, Y_1 — допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска вала.

Величины допусков на изготовление калибров и контркалибров, а также отклонения Z_1 , Y_1 зависят от качества точности контролируемой детали соответствующего размера и приводятся в таблицах стандартов.

На рабочих чертежах калибров проставляют исполнительные размеры. Исполнительный размер калибра должен иметь допуск в виде одного отклонения, направленного в тело калибра. Так, для калибров-скоб за исполнительный размер принимается наименьший предельный размер калибра (проходного и непроходного), а весь допуск располагается в плюс.

Для контркалибров (К-ПР, К-НЕ и К-И) за исполнительные размеры, наоборот, принимаются наибольшие предельные размеры, а допуски располагаются целиком в минус, т.е в материал изделия.

2.3 Расчет размеров рабочих калибров (значение Z_1 , Y_1 , H_1 см. Приложение 2)

2.3.1. Проходной скобы:

$$ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - H_1/2,$$

$$ПР_{\max} = ПР_{\min} + H_1.$$

2.3.2. Непроходной скобы:

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - H_1/2,$$

$$НЕ_{\max} = НЕ_{\min} + H_1.$$

2.3.3. Изношенный размер проходной скобы:

$$ПР_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1.$$

2.4. Расчет средних размеров контркалибров (К-ПР, К-НЕ, К-И).

2.4.1. Проходного:

$$К-ПР = d_{\max} - Z_1.$$

2.4.2. Непроходного:

$$К-НЕ = d_{\min}.$$

2.4.3. Изношенного:

$$КИ = d_{\max} + Y_1.$$

2.5 Проверка скоб

Как указывалось выше, для проверки годности гладких скоб существуют контрольные калибры. При отсутствии готовых контрольных калибров их можно заменить блоком концевых мер, предварительно рассчитав размеры контрольных калибров: К-ПР, К-НЕ, К-И.

При подсчете необходимо брать среднее значение из наибольшего и наименьшего предельных размеров каждого контркалибра. По подсчитанным средним размерам контрольных калибров необходимо

собрать соответствующие блоки концевых мер, округляя полученные значения до третьего знака после запятой.

Для контроля скобы блок концевых мер вводят между ее измерительными поверхностями. Измерительные поверхности скобы не должны иметь загрязнений, царапин, при вводе концевых мер следует избегать перекосов и применения больших усилий.

По блокам, соответствующим К-ПР и К-И, проверяют проходную сторону скобы, для годной скобы блок К-ПР должен входить между ее измерительными поверхностями свободно, а блок К-И должен быть непроходящим.

По блоку К-НЕ проверяют непроходную сторону скобы, которая является годной, если блок свободно, но без зазора, входит между ее измерительными поверхностями

3. Измерительное средство

Для проверки годности калибр-скоб можно использовать блоки концевых мер длины.

При составлении блока из концевых мер следует стремиться, чтобы блок состоял из возможно наименьшего количества мер. Составлять блок более чем из пяти мер обычно не рекомендуется. Перед составлением блока делают его предварительный расчет. Наиболее быстро блок требуемого размера можно составить методом исключения наименьшего знака. При этом вначале следует выбирать меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметра, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры. Вторую плитку в блоке следует подбирать так, чтобы остаток оканчивался на 0 или 0,5.

Ниже приводится пример составления блока из набора концевых мер (87 шт.).

Пример: требуется составить блок размером 28,345 мм.

Первая мера, входящая в блок,	<u>1,005 мм</u>
	остаток 27,34 мм

Вторая мера, входящая в блок,	<u>1,34 мм</u>
	остаток 26,00 мм

Третья мера, входящая в блок,	<u>6,00 мм</u>
	остаток 20,00 мм

Четвертая мера, входящая в блок 20,00 мм.

Таким образом, блок заданного размера составлен из следующих четырех мер: $1,005 + 1,34 + 6 + 20 = 28,345$ мм.

Концевые меры перед составлением в блок необходимо тщательно протирать от загрязнения. Затем концевые меры совмещают измерительными (блестящими) поверхностями и притираются сдвигом или

поворотом при плотном прижатии друг к другу. После притирки двух концевых мер к ним притирают третью и т.д. Вначале притираются между собой концевые меры малых размеров, собранный из них блок притирается к мере среднего размера, а затем уже к мере большего размера.

При работе с концевыми мерами во избежание их повреждения необходимо соблюдать следующие правила:

- не брать измерительные поверхности притертых плиток руками;
- плитки, размером более 5,5 мм, кладутся на стол нерабочими поверхностями;
- не притирать измерительную поверхность концевой меры к нерабочей.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Получив задание от преподавателя, вычертить схему расположения полей допусков на вал (предельные отклонения размеров вала по ГОСТ 25347-82 .

4.2. Рассчитать предельные и исполнительные размеры рабочего калибра (Р-ПР и Р-НЕ) по ГОСТ 24853-81.

4.4. Рассчитать и составить блоки концевых мер, соответствующих К-ПР, К-НЕ, К-И.

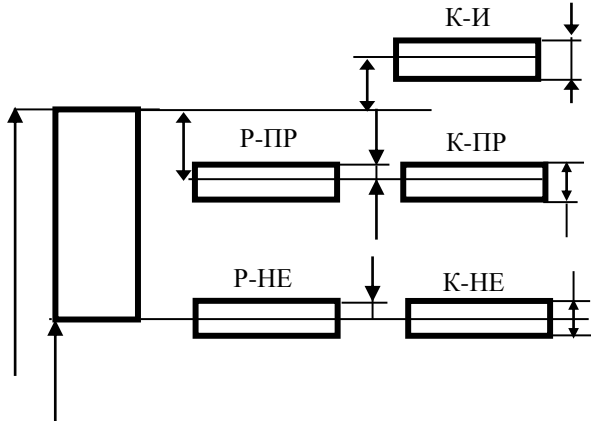
4.5. Произвести контроль калибра-скобы (проходной и непроходной стороны) и дать заключение о годности.

4.6. Отчет составить по форме.

5. Контрольные вопросы

1. Как определить годность детали с помощью предельного калибра?
2. Какие валы относятся к группе «брак исправимый»?
3. Какие валы относятся к группе «брак неисправимый»?
4. Для чего служит скоба Р-ПР?
5. Для чего служит скоба Р-НЕ?
6. Для чего служит калибр К-ПР?
7. Для чего служит калибр К-НЕ?
8. Для чего служит калибр К-И?
9. Как назначается исполнительный размер на скобу?

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
КОНТРОЛЬ КАЛИБРА-СКОБЫ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ
КОНЦЕВЫМИ МЕРАМИ ДЛИНЫ

Обозначение размера вала с допуском	Квалитет точности	Система	Размер вала с отклонениями, мм		
Схема расположения допусков рабочих и контрольных калибров		Предельные размеры рабочих калибров	Средние размеры контрольн ых калибров		
		Р-ПР _{max}	К-ПР		
		Р-ПР _{min}			
		Р-ПР _{исп}	К-НЕ		
		Р-НЕ _{max}			
		Р-НЕ _{min}	К-И		
		Р-НЕ _{исп}			
Наименование блока	Размеры концевых мер блока, мм				
	1	2	3	4	5
К-ПР					
К-НЕ					
К-И					
Заключение о годности калибра					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ КАЛИБРА-ПРОБКИ С ПОМОЩЬЮ ОПТИМЕТРА

1. Цель работы:

- привить практические навыки контроля отверстий;
- привить практические навыки расчета предельных размеров калибр-пробок;
- привить практические навыки работы на оптиметре;
- закрепить знания по допускам и посадкам гладких цилиндрических деталей и калибров;

2. Общие сведения

2.1. Назначение, конструкции и допуски калибров-пробок

Для контроля отверстий не точнее 6 квалитета в серийном и массовом производстве широко используют калибры-пробки. Комплект для контроля отверстий состоит из двух калибров: проходного и непроходного. Отверстие считается годным, если проходная пробка свободно (под действием собственного веса) проходит, а непроходная пробка не проходит через контролируемый размер.

Калибры для контроля отверстий состоят из ручки и контролирующей вставки или насадки. Для контроля отверстий малых размеров применяют цилиндрические вставки (проволочки), для отверстий больших размеров используют вставки с коническим хвостовиком, насадки, неполные пробки. Калибры-пробки бывают односторонние однопредельные, двухсторонние, односторонние двухпредельные. На рисунке 1 показаны некоторые наиболее распространенные конструкции пробок. Контролируются сами калибры-пробки с помощью универсальных измерительных приборов, контрольных калибров для пробок не предусматривается.

Допуски и предельные отклонения калибров-пробок нормированы стандартами. Кроме допуска на изготовление калибра для проходных пробок устанавливается допуск на износ, ограничивающий максимальный износ пробки в процессе эксплуатации.

За исполнительный размер калибра-пробки, проставленный на рабочих чертежах калибров, принимается наибольший предельный размер пробки (проходной или непроходной) минус допуск на изготовление калибра.

Размеры рабочих и контрольных пробок измеряют универсальными приборами, например, оптиметрами

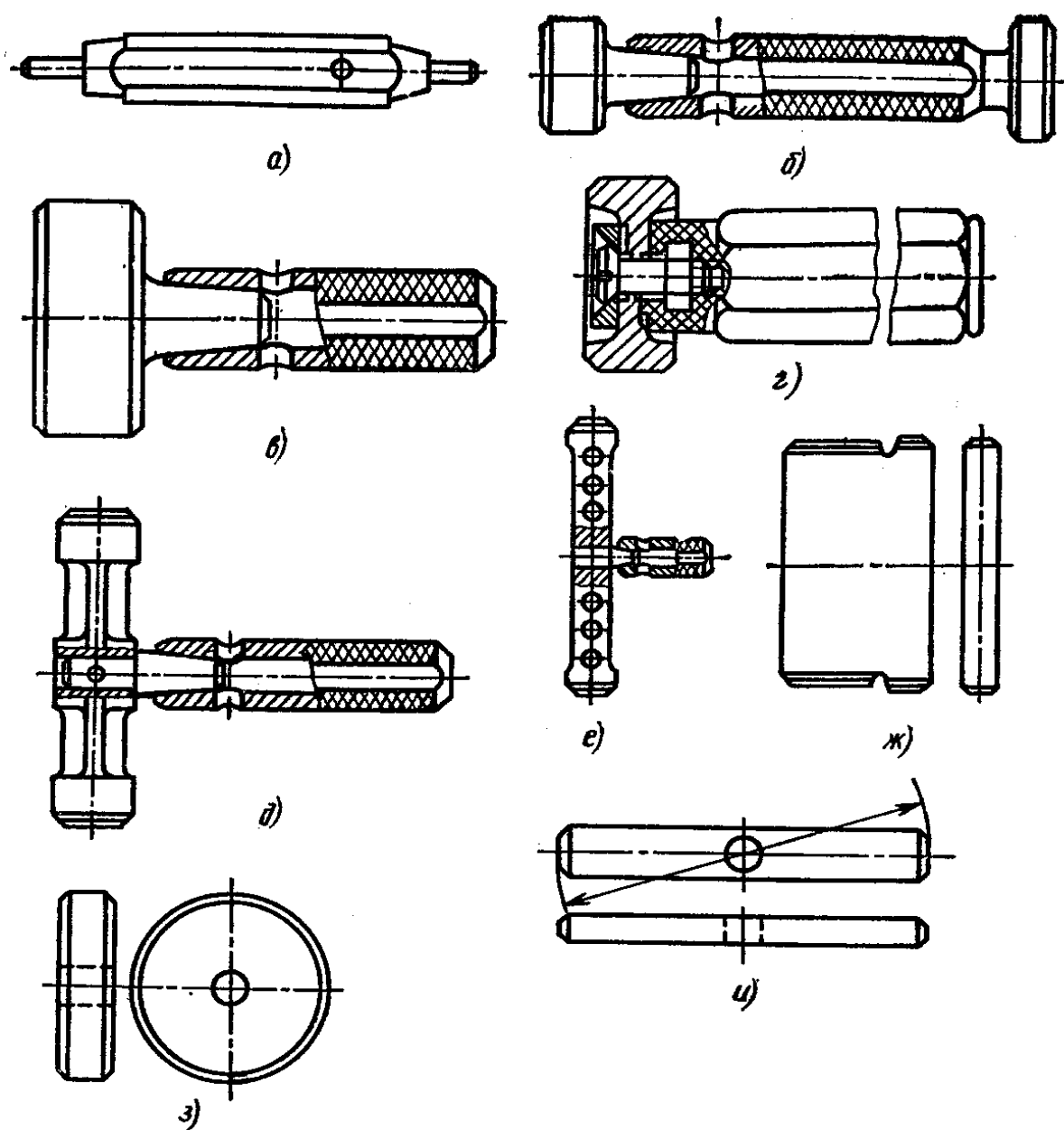


Рис.1. Основные типы калибров-пробок для контроля отверстий и контрольные калибры к скобам[3]:

а – пробка двусторонняя со вставками ($D_{\text{ном}} = 1...6$ мм); б – пробка двусторонняя со вставками ($D_{\text{ном}} = 3...50$ мм); в – пробка проходная (непроходная) со вставками ($D_{\text{ном}} = 52...75$ мм); г – пробка штампованная проходная (непроходная) с насадками ($D_{\text{ном}} = 52...100$ мм); д – пробка проходная (непроходная) неполная штампованная ($D_{\text{ном}} = 102$ (75)...160 мм); е – пробка проходная (непроходная) неполная ($D_{\text{ном}} = 102$ (75)...300 мм); ж – пробка односторонняя листовая ($D_{\text{ном}} = 52...250$ мм); з – шайба полная ($D_{\text{ном}} = 18...100$ мм); и – шайба неполная ($D_{\text{ном}} = 10...325$ мм)

Схемы расположения полей допусков калибров-пробок для номинальных размеров до 180 мм приведены на рисунке 2.

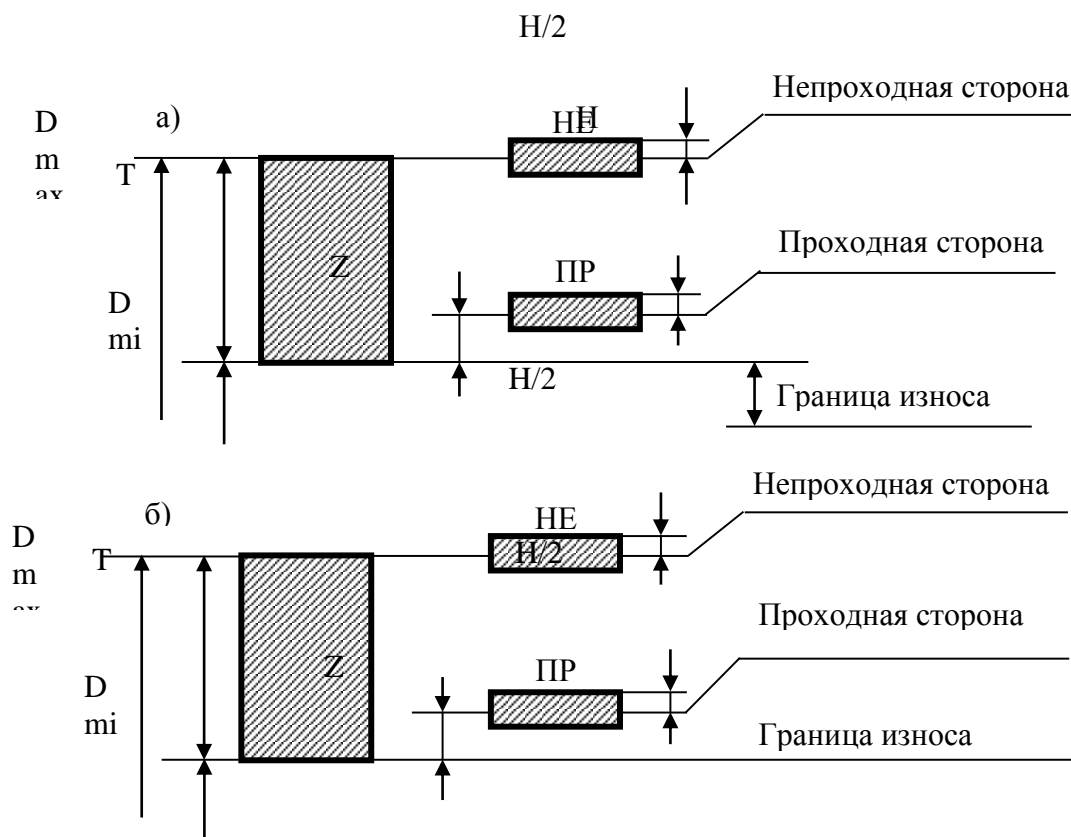


Рис.2. Расположение полей допусков рабочих (ПР и НЕ) калибров-пробок для контроля отверстий размерами до 180 мм
а) для отверстий квалитетов 6,7,8;
б) для отверстий квалитетов с 9 по 11.

На схемах приняты следующие обозначения: T – допуск контролируемого отверстия, D_{max} и D_{min} – наибольший и наименьший размеры отверстия, H – допуск на изготовление калибра для отверстия, Z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-пробки относительно наименьшего предельного размера отверстия, Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра за границу поля допуска отверстия. Величины допусков на изготовление калибров-пробок и отклонения: Z , Y , H , зависящие от квалитета точности контролируемого отверстия соответствующего размера, приводятся в таблицах ГОСТ 24853-81

2.4 Расчет предельных размеров калибр-пробки (значение Z , H , Y см. Приложение 2)

2.4.1. Проходной калибр-пробки:

$$D_{max} - Z \leq D \leq D_{min} + H$$

$$D_{max} - Z \leq D \leq D_{min} + H$$

2.4.2. Непроходной калибр-пробки:



2.4.3. Изношенный размер проходной калибр-пробки:



3. Измерительное средство.

3.1. Описание прибора.

Оптиметры относятся к рычажно-оптическим приборам, которые основаны на применении наряду с механическим так называемого оптического рычага.

Вертикальный оптиметр служит для измерения наружных размеров относительным методом или методом сравнения с мерой.

Техническая характеристика прибора

- цена деления шкалы	- 0,001 мм;
- диапазон показаний	- +0,1 мм;
- диапазон измерений длин	- 0–180 мм;
- диапазон измерений диаметров	- 0–150 мм;
- величина измерительного усилия	- 200+20гс.

3.2. Измерение на вертикальном оптиметре

По маркировке на калибре-пробке или по результату предварительного измерения с помощью штангенциркуля или микрометра определяют номинальный или приблизительный действительный размер пробки и, учитывая пределы измерения по шкале прибора, подбирают размер блока концевых мер, по которому оптиметр настраивается на нуль. В случае необходимости за нуль может быть принята любая (не только нулевая) отметка на шкале прибора.

Для установки прибора на нуль блок концевых мер нижней измерительной плоскостью притирается к столику оптиметра 7 (рисунок 3). Зеркалом 1 направляют свет в осветительную щель. Отстопорив винт 12, вращением гайки 13 плавно без ударов опускают кронштейн 11 с трубкой оптиметра до соприкосновения измерительного наконечника 6 с верхней плоскостью блока. Постепенным вращением гайки 13 доводят изображение шкалы до положения, когда нулевой штрих ее устанавливается примерно против неподвижного указателя. Затем кронштейн закрепляется в этом положении винтом 12. окончательная установка на нуль производится вращением гайки 10 при отстопоренном винте 9. После установки на нуль винтом 9 закрепляют столик в данном положении. Нулевую установку необходимо проверить, приподнимая и опуская несколько раз наконечник арретером 5, если после арретирования шкала не возвратится в исходное положение, окончательную установку на нуль необходимо повторить. Окончательно установив шкалу на нуль,

подняв арретиром наконечник 6, убирают со столика блок концевых мер и заменяют его объектом измерения (пробкой).

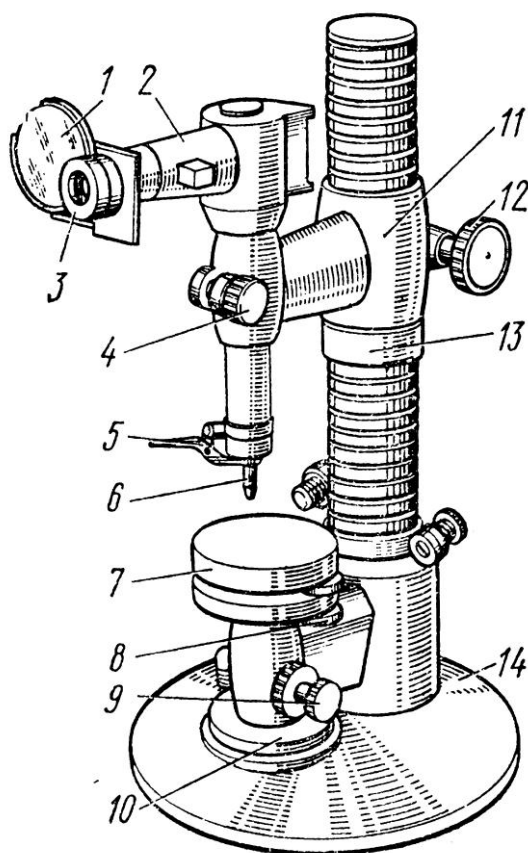


Рис.3 Вертикальный оптиметр[2]

По смещению нулевого штриха шкалы относительно неподвижного указателя судят об отклонении измеряемого размера от размера блока концевых мер. Величина отклонения может иметь как положительный, так и отрицательный знак. Во избежание перекоса пробку следует плотно прижимать к столику и, слегка прокатывая ее под наконечником, следить за движением шкалы. Наибольшее показание будет соответствовать размеру диаметра. Действительный размер диаметра будет равен сумме размера блока и показаний прибора с учетом знака этого показания.

4. Последовательность выполнения

4.1. Внести в бланк отчета маркировку калибра-пробки, которая отражает номинальный размер контролируемого отверстия.

4.2. Построить схему расположения полей допусков на отверстие и калибр-пробку, пользуясь таблицами стандартов и рисунками 2 и 3, заменив все обозначения на схеме числовыми значениями из таблицы (Приложение 2).

4.3. Подсчитать предельные размеры калибра-пробки (наибольший, наименьший и изношенный).

4.4. Настроить прибор (оптиметр) на нуль по блоку концевых мер, соответствующему номинальному размеру.

4.5. После настройки прибора удалить блок концевых мер, измерить пробку в трех сечениях по длине и двух взаимно перпендикулярных направлениях (рис.4). Измерять в крайних сечениях а и в на расстоянии 2-4 мм от края. Результаты показаний занести в бланк отчета.

4.6. После измерения калибра проверить настройку прибора по блоку концевых мер. Определить среднее значение показаний настройки перед и после измерений.

4.7. По результатам показаний определить величину овальности и конусообразности пробки.

4.8. Определить наибольший и наименьший размеры калибра по результатам измерений, с учетом действительного размера блока концевых мер по аттестату и погрешности настройки.

4.9. Дать заключение о годности калибра, сравнив действительные размеры калибра, полученные измерением, с предельными размерами по стандарту.

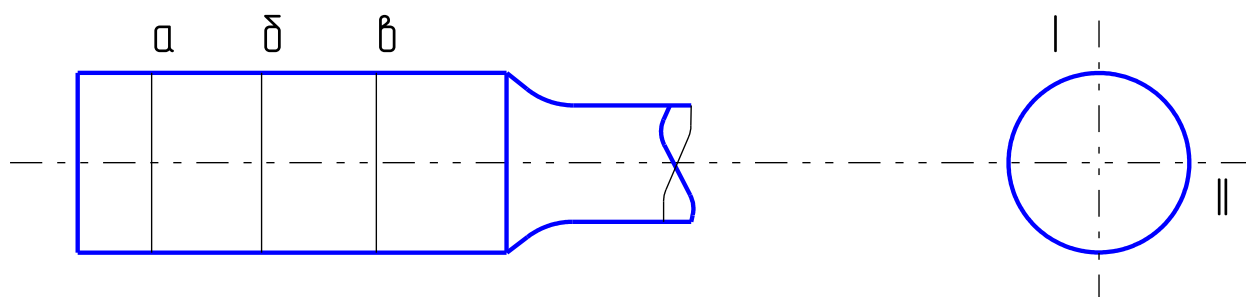
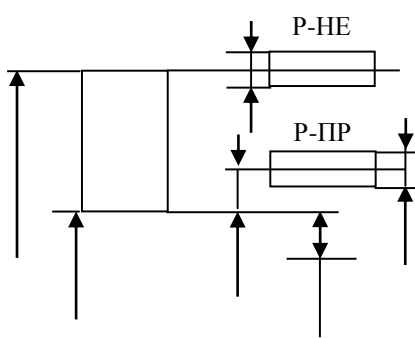


Рис.4. Схема измерения

5. Контрольные вопросы

1. Как определить годность детали с помощью предельного калибра?
2. Какие «отверстия» относятся к группе «брак исправимый»?
3. Какие «отверстия» относятся к группе «брак неисправимый»?
4. Для чего служит калибр-пробка Р-ПР и Р-НЕ?

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ КАЛИБРА-ПРОБКИ
С ПОМОЩЬЮ ОПТИМЕТРА

Обозначение калибра		Система	Отверстия	Размер отверстия с отклонениями	
		Квалитет			
Схема расположения полей допусков			Предельные размеры калибра по ГОСТ 24853-81		
			Наибольший		
			Наименьший		
			Изношенный		
Действительный размер блока плиток		Показания оптиметра при настройке	Показания оптиметра при проверке настройки после измерений	Среднеарифметическое значение настройки прибора	

Показания оптиметра при измерении калибра (отсчеты по шкале)	Сечения	Пояса		
		а	б	в
	I			
	II			

Результаты измерений калибра	Наибольший		Овальность	
	Наименьший		Конусность	
Заключение о годности калибра				

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ НА МИКРОСКОПЕ

1. Цель работы:

- изучение методики измерения параметров резьбы на инструментальном микроскопе МИИ.

2. Общие сведения

Объектом измерения является резьбовое изделие с наружной метрической резьбой. Профиль и основные параметры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм представлены на рис. 1 (ГОСТ 9150-81), где d, D — наружный диаметр резьбы; d_1, D_1 — внутренний диаметр резьбы; d_2, D_2 — средний диаметр резьбы; P — шаг резьбы; α — угол профиля; H_1 — рабочая высота профиля; H — высота исходного треугольника.

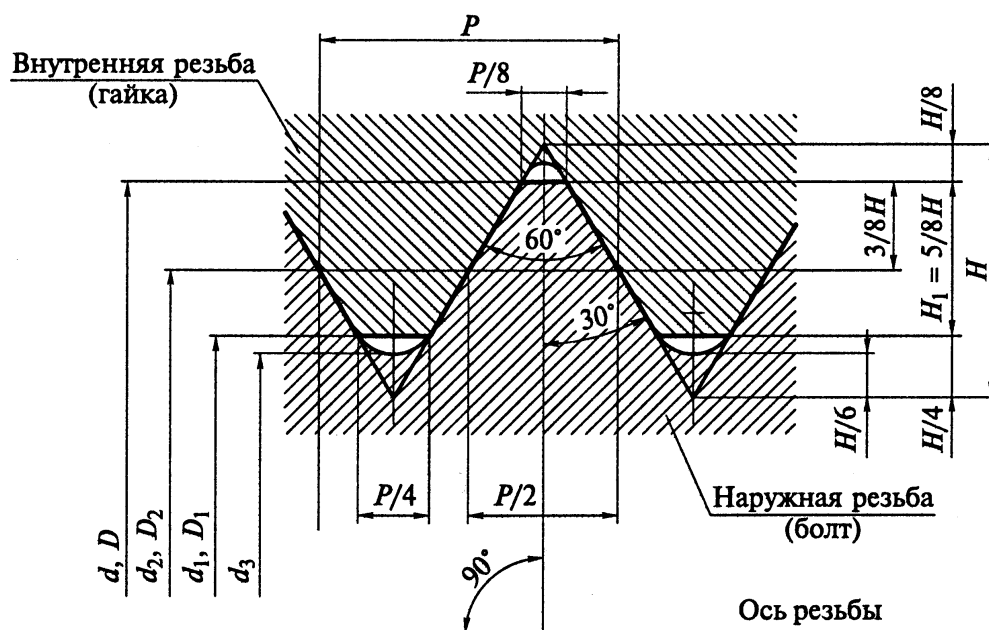


Рис.1. Профиль и основные параметры резьбы[2]

Посадки резьбовых деталей с зазором регламентированы стандартом. Установлено пять основных отклонений для наружной резьбы и четыре — для внутренней (рис.1).

Стандартом ГОСТ 16093-81 установлены следующие степени точности (табл.1), на которые даны ряды допусков.

Стандартом устанавливается три группы длин свинчивания:

S — короткая; N — нормальная и L — длинная.

Таблица 1

Степени точности резьбы

Диаметры		Степень точности		
Болт	наружный d	4;	6;	8
	средний d ₂	3; 4;	5; 6;	7; 8; 9
Гайка	внутренний D ₁	4;	5; 6;	7; 8
	средний D ₂	4;	5; 6;	7; 8

Поля допусков сгруппированы в трех классах точности: точном, среднем и грубом, которые используют для сравнительной оценки точности резьбы и в обозначениях не указывают.

Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения полей допусков среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и наружного диаметра для болтов, а для гаек внутреннего (например, 7g6g; 5H6H). Если обозначения полей допусков указанных диаметров совпадают, то их в обозначении поля допуска резьбы не повторяют (например, 6g; 6H). Обозначение поля допуска резьбы ставят после указания ее размера (например, болт M12-6g; гайка M12-6H). Посадки резьбовых соединений обозначают дробью, в числителе которой указывают поле допуска гайки, а в знаменателе — болта (например, M12-6H/6g; M20-4H5H/6g).

Средний диаметр, шаг, угол профиля являются основными параметрами резьбы, т.к. они определяют характер контакта резьбового соединения, его прочность и другие эксплуатационные качества. Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта T_{d_2} и гайки T_{D_2} , который включает допустимое отклонение собственного диаметра $\Delta d_2(\Delta D_2)$ и диаметральные компенсации погрешностей шага f_p и угла профиля f_α , т.е.

$$T_{d_2}(T_{D_2}) = \Delta d_2(\Delta D_2) + f_p + f_\alpha, \quad (7.1)$$

Величины f_p и f_α определяются для метрической резьбы по формулам:

$$f_p = 1,732 \Delta P \text{ (мкм)}, \quad (7.2)$$

$$f_\alpha = 0,36 P \Delta \frac{\alpha}{2} \text{ (мкм)}, \quad (7.3)$$

где ΔP — отклонение шага резьбы в микрометрах;

P — шаг резьбы в миллиметрах;

$\Delta \frac{\alpha}{2}$ — отклонение половины угла профиля резьбы в угловых минутах.

Для упрощения контроля резьб и расчета допусков введено понятие приведенного среднего диаметра резьбы, учитывающего влияние на свинчиваемость $d_2(D_2)$, f_p и f_α . Значение среднего диаметра резьбы, увеличенное для болта или уменьшенное для гайки на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и угла наклона боковой стороны профиля, называют приведенным средним диаметром, который определяется по формулам:

для наружной резьбы (болт)

$$d_{2пр} = d_{2изм} + f_p + f_\alpha;$$

для внутренней резьбы (гайка)

$$D_{2пр} = D_{2изм} - (f_p + f_\alpha).$$

Значение приведенного среднего диаметра резьбы определяется по результатам трех измерений:

- собственно среднего диаметра;
- отклонения шага на длине свинчивания;
- отклонения половины угла профиля.

3. Измерительное средство

3.1 Конструкция инструментального микроскопа

Инструментальные микроскопы БМИ (большая модель инструментального микроскопа) и ММИ (малая модель) относятся к группе оптико-механических приборов и предназначены для измерения линейных размеров в прямоугольных координатах и угловых элементов различных деталей, режущего и измерительного инструментов. Применяются в производственных лабораториях и цехах на контрольных пунктах, а также в научно-исследовательских институтах и других организациях.

Устройство инструментального микроскопа позволяет производить измерения в проходящем и отраженном свете элементов профиля резьбы, углов, конусов, радиусов, размеров, шаблонов и т.д.

Микроскоп (рис.2) состоит из основания 1, внутри которого смонтированы узлы оптической системы, а на задней стороне расположен осветитель 16.

Перемещение стола осуществляется микрометрическими устройствами 2 и 18 с ценой деления 0,005 мм и пределами измерения 0 — 25 мм.

Микроскоп снабжен универсальной головкой с двумя окулярами 8 и 9. В поле зрения окуляра 9 видно изображение теневого контура измеряемого

объекта и штриховая сетка (рис.3), нанесенная на стеклянный диск. Вращение диска осуществляется маховичком 10.

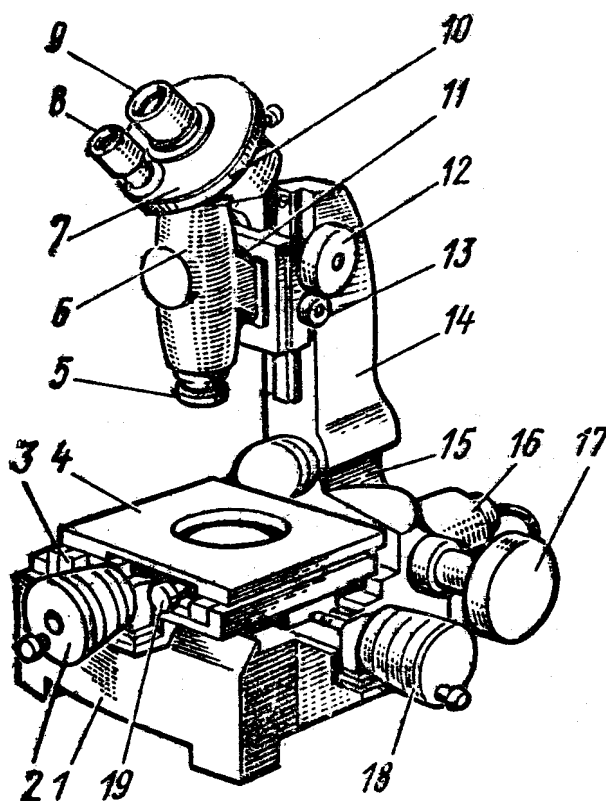


Рис.2. Инструментальный микроскоп ММИ[2]:

1 — основание; 2 — микрометр поперечного перемещения стола; 3 — салазки; 4 — предметный стол; 5 — кольцо, регулирующее изображение теневого контура; 6 — стопор; 7 — угломерная окулярная головка; 8 — окуляр градусной шкалы; 9 — окуляр; 10 — маховичок поворота угловой шкалы; 11 — кронштейн; 12 — маховик подъема визирного микроскопа; 13 — винт; 14 — колонка; 15 — опора; 16 — осветитель; 17 — маховичок наклона стойки; 18 — микрометр продольного перемещения стола

Угол поворота штриховой сетки отсчитывается по угловой шкале окуляра 8, в поле зрения которого наблюдается часть подвижной градусной шкалы с ценой деления 1° и неподвижная минутная шкала с ценой деления 1.

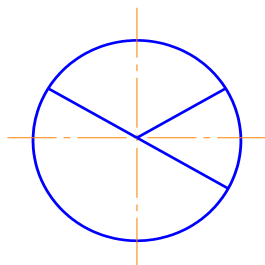


Рис. 3. Штриховая сетка окулярной головки микроскопа

3.2. Измерение параметров резьбы.

3.2.1. Измерение наружного диаметра резьбы $d_{изм}$

При измерении наружного диаметра резьбы, градусную шкалу 8 инструментального микроскопа (рис.2) устанавливают в нулевое положение и с помощью поперечного микровинта 10 совмещают изображение вершин профиля резьбы с горизонтальной пунктирной линией штриховой сетки (рис.3) окулярной головки.

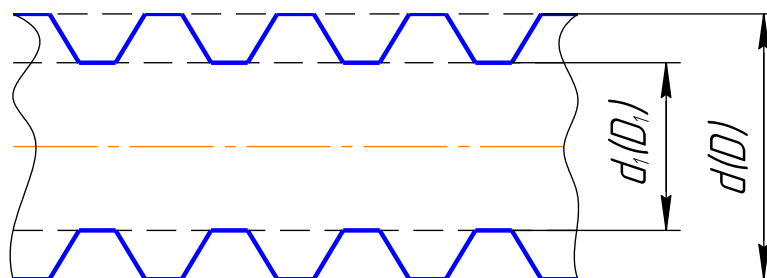


Рис.4. Схема измерения наружного и внутреннего диаметров резьбы

Делают первый отсчет по барабану поперечного микровинта. Результат измерения записывается в графу «первый отсчет» отчета. С помощью этого же микровинта перемещают измерительный стол с деталью до совмещения изображения вершин профиля противоположной стороны резьбы (рис.4) с той же пунктирной линией штриховой сетки, и делают второй отсчет. За окончательный результат измерения следует принимать разность между отсчетами.

Измерить внутренний диаметр методом, указанным для измерения наружного диаметра, но совмещать горизонтальную пунктирную линию штриховой сетки в этом случае нужно с изображением линии впадин резьбы.

3.2.2. Измерение шага резьбы.

При измерении шага резьбы совмещают с помощью продольного 2 и поперечного 18 микровинтов изображение стороны профиля резьбы с одной из сплошных линий сетки угломерной головки. Отсчитать по продольному микровинту. После первого отсчета стол с деталью переместить в продольном направлении на несколько шагов до совмещения с той же сплошной линией угломерной головки изображение стороны витка и сделать второй отсчет. Разность полученных отсчетов даст величину суммы шагов, измеренных по одной стороне. Произвести аналогичные измерения по другой стороне профиля резьбы (рис.5).

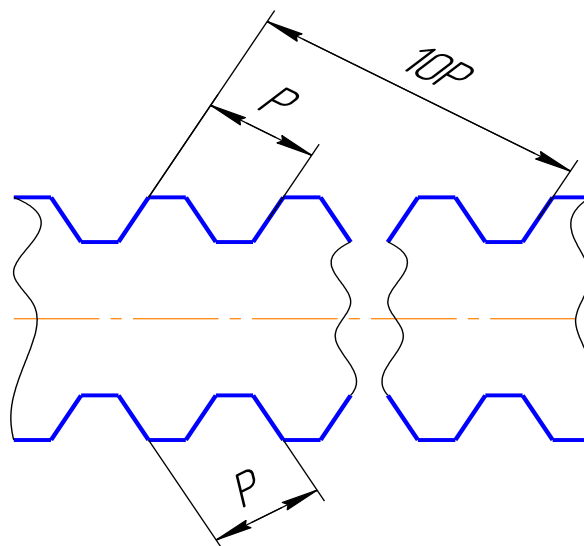


Рис. 5. Схема измерения шага резьбы

Действительным размером шага на данном участке будет среднеарифметическое из полученных результатов измерений по правым и левым сторонам профиля. Определить погрешность шага ΔP .

3.2.3. Измерение угла профиля резьбы.

Измерение половины, угла профиля необходимо для того, чтобы можно было судить о наклоне профиля к оси резьбы. Для измерения углов на угломерной головке 7 инструментального микроскопа имеется окуляр 8 для отсчета угла поворота штриховой сетки. Под угломерным окуляром расположено зеркальце для подсветки угловой шкалы. Зеркальце настроить на посторонний источник света (лампа, окно) таким образом, чтобы угломерная шкала (рис.6) в окуляре была освещена зеленым светом.

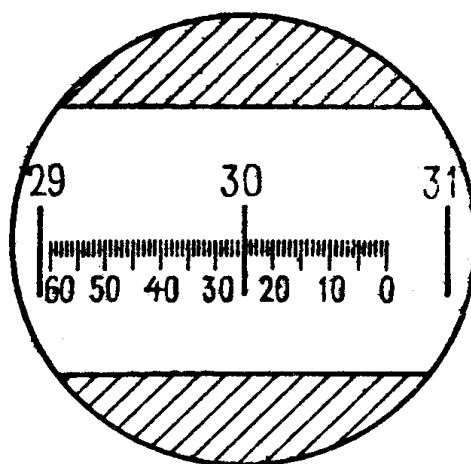


Рис. 6. Угломерная шкала инструментального микроскопа[2]

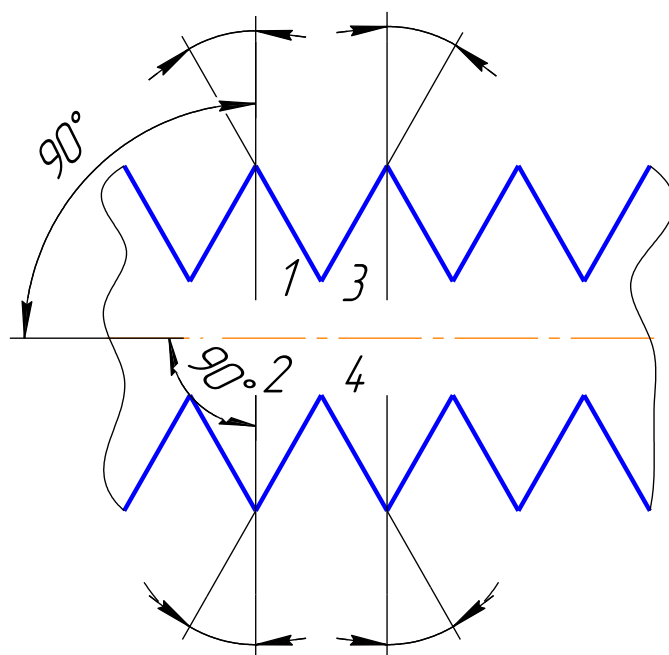


Рис. 7. Схема измерения половины угла профиля

При вращении штриховой сетки маховичком 10 в поле зрения угломерного окуляра перемещаются крупные штрихи-градусы, которые отсчитывают на минутной шкале минуты. На рис. 6 отсчет равен $30^{\circ}25'$. Таким образом, угол поворота штриховой сетки, наблюдаемый в центральном окуляре, измеряется угломерной шкалой в угломерном окуляре.

Повернув колонку на угол подъема резьбы, установить штриховую сетку в такое положение, чтобы на угломерной шкале было показание $0^{\circ}0'$. Совместить пунктирный штрих сетки с правой боковой поверхностью профиля резьбы (рис.7). При этом необходимо вращать маховичок поворота штриховой сетки 10 инструментального микроскопа и пользоваться микровинтами перемещения стола. Сделав отсчет угла поворота штриховой сетки, пунктирный штрих совместить с левой стороной боковой поверхности профиля резьбы и опять снять отсчет угла поворота. При значениях, близких к 30° , действительные значения совпадают с показаниями угловой шкалы. При значениях, близких к 330° , действительные значения определяются как разность между 360° и показаниями угловой шкалы. Аналогичные измерения необходимо произвести с противоположной стороны профиля резьбы, не забыв повернуть колонку в противоположную сторону.

Действительные значения половин угла профиля (правого и левого) определяются как среднеарифметическое из результатов измерений, произведенных по соответствующей стороне профиля по формулам:

$$\frac{\frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{npr}}{2}; \frac{\frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{лев}}{2}, \quad (7.4)$$

Определить погрешность половины угла профиля как среднеарифметическое из абсолютных значений погрешностей

$$\frac{\Delta \frac{\alpha}{2}}{2} \left| \frac{\Delta \frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{npr}}{2} \frac{\Delta \frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{лев}}{2} \right|, \quad (7.5)$$

где $\Delta \frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{npr} = \frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{npr} - 30^0$; $\Delta \frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{лев} = \frac{\alpha}{2} \overset{\alpha}{лев} - 30^0$.

3.2.4. Измерение среднего диаметра резьбы.

Собственно средний диаметр резьбы измеряется с помощью микрометра. Три проволоочки вкладываются во впадины резьбы, как показано на рис.8.

Размер М определяется по шкале микрометра.

Для устранения влияния погрешности угла профиля диаметр проволочек должен иметь наивыгоднейший размер, при котором проволочки касаются профиля резьбы по линии среднего диаметра.

Проверить установку микрометра на нуль.

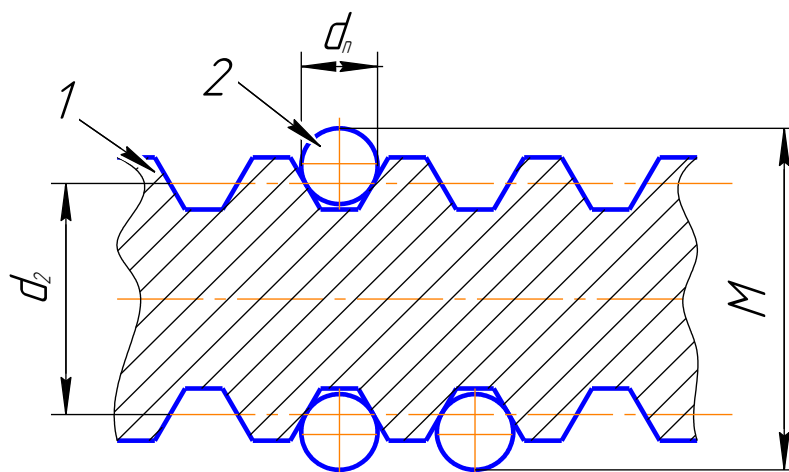


Рис. 8. Схема измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволочек

Выбрать диаметр проволочек $d_{\text{пров}}$ в зависимости от величины шага резьбы 1 по табл.2.

Таблица 2

Шаг резьбы, мм	Диаметр проволочек, мм	Шаг резьбы, мм	Диаметр проволочек, мм	Шаг резьбы, мм	Диаметр проволочек, мм
0,20	0,118	0,70	0,402	2,50	1,441
0,25	0,142	0,75	0,433	3,00	1,732
0,30	0,170	0,80	0,461	3,50	2,020
0,35	0,201	1,00	0,572	4,00	2,311
0,40	0,232	1,25	0,724	4,50	2,595
0,45	0,260	1,50	0,866	5,00	2,886
0,50	0,291	1,75	1,008	5,50	3,177
0,60	0,343	2,00	1,157	6,00	3,468

Заложить проволочки во впадины резьбы как показано на рис. 10 и определить размер М. При измерении необходимо следить, чтобы во впадины резьбы находились центральные части проволочек, имеющие доведенную поверхность.

Определить средний диаметр резьбы d_2 по формуле:

$$d_2 = M - 3d_{\text{пров}} + 0,866 P, \quad (7.6)$$

где α_2 — собственно средний диаметр резьбы, мм;

$d_{\text{пров}}$ — диаметр проволочек, мм;

P — шаг резьбы, мм.

Определить приведенный средний диаметр резьбы $d_{2\text{пр}}$ по результатам измерения среднего диаметра d_2 и погрешности шага ΔP и $\Delta \frac{\alpha}{2}$.

$$d_{2\text{по}} = \alpha_2 + (1,732 \Delta P + 0,36 P \Delta \frac{\alpha}{2}) 10^{-3}, \quad (7.7)$$

где ΔP — погрешность шага резьбы на длине свинчивания, мкм;

$\Delta \frac{\alpha}{2}$ — погрешность половины угла профиля, угл.мин.

Дать заключение о годности резьбового изделия путем сравнения результатов измерения со стандартными.

4. Последовательность выполнения работы

- 4.1. Ознакомиться с устройством инструментального микроскопа.
- 4.2. Определить номинальные и предельные размеры резьбы, занести в бланк отчета.
- 4.3. Измерить наружный и внутренний диаметры, шаг и половину угла профиля резьбы, занести в бланк отчета.
- 4.4. Вычислить приведенный диаметр.
- 4.5. Дать анализ результатов измерения.

5. Контрольные вопросы

1. Какие основные отклонения предусмотрены для гаек по ГОСТ 16093-81? Приведите пример условного обозначения гайки.
2. Какие основные отклонения предусмотрены для болтов по ГОСТ 16093-81? Приведите пример условного обозначения болта.
3. Что такое приведенный диаметр резьбы? Приведите формулу.
4. Как осуществляется контроль среднего диаметра резьбы?
5. Из каких основных частей укрупненно состоит инструментальный микроскоп?
6. Какие перемещения имеет стол и при помощи чего осуществляется это перемещение?
7. Какие шкалы имеет микроскоп для измерения линейных размеров и углов, их устройство?
8. Изобразите схему измерения шага и половины угла профиля резьбы.
9. К какому методу измерения относятся измерения на инструментальном микроскопе (абсолютному, относительному, контактному, бесконтактному)

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ НА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ
МИКРОСКОПЕ

Результаты измерений

	Диам. наружный	Диам. внутренний	Шаг		$\frac{1}{2}$ угла профиля	
			1	2	Лев.	Прав.
1-й отсчет по шкале						
2-й отсчет по шкале						
Действит . размер						

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

1. Цель работы:

- ознакомление с устройством индикаторного нормалемера и привитие навыков работы с ним;
- закрепление знаний по нормированию цилиндрических зубчатых колес.

2. Общие сведения

2.1. Точность и виды сопряжений в зубчатых передачах

В ГОСТ 1643-81 все требования к зубчатым колесам разделены на три группы и названы нормами точности:

- нормы кинематической точности обеспечивают согласованность углов поворотов ведущего и ведомого колес передачи, что определяет при эксплуатации точность передачи вращения с одного вала на другой;
- нормы плавности работы ограничивают циклические погрешности, многократно повторяющиеся за один оборот колеса, что устраняет появление динамических нагрузок;
- нормы контакта обеспечивают такое прилегание зубьев по длине и высоте, при котором от одного зуба к другому нагрузка передается по контактными линиям, максимально использующим всю активную поверхность зуба, что способствует долговечности работы передачи и устраняет предварительный износ зубьев;

Стандарт устанавливает 12 степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания с 1-й по 12-ю.

Степени точности 1-2 оставлены для будущего развития, а допуски даются, начиная с 3-й степени по нормам кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и передач.

Все эти три вида норм установлены отдельно для каждой степени точности и могут комбинироваться, т.е. быть разными, что позволяет назначать точные степени для тех норм, которые наиболее важны с эксплуатационной точки зрения для работы передачи, и более грубые степени – для остальных норм.

Независимо от степени точности зубчатых колес и передач стандартом устанавливаются различные виды сопряжений зубьев в передаче. За основу принята величина гарантированного бокового (наименьшего) зазора. Боковой зазор между нерабочими поверхностями зубьев предотвращает заклинивание зубьев при работе и ограничивает мертвые ходы в передаче.

Для зубчатых цилиндрических передач с $m > 1$ мм установлено шесть

видов сопряжений: с нулевым боковым зазором Н, весьма малым – Е, малым – D, уменьшенным – С, нормальным В и увеличенным боковым зазором – А. Кроме того установлено восемь видов допусков на боковой зазор: h, c, b, a, z, y, x (обозначения расположены в порядке возрастания величины допуска). Сопряжениям Н и Е соответствует вид допуска h, а сопряжениям D, C, B и A – соответственно виды допусков d, c, b и a. Соответствие видов сопряжения и видов допусков разрешается изменять (например: A - a, A - b).

Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью по нормам кинематической точности, плавности работы и контакту зубьев в передаче, а требования к боковому зазору – видом сопряжения и видом допуска бокового зазора.

В условном обозначении передачи (или колеса) последовательно записываются три цифры и две буквы. Так, для цилиндрической зубчатой передачи 8-й степени по нормам кинематической точности, 7-й степени по нормам плавности, 6-й степени по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения – В, видом допуска бокового зазора – а: 8–7–6–В-а ГОСТ 1643-81. Для передач 7-й степени по всем нормам, с видом сопряжения В: 7 – В ГОСТ 1643-81.

Если конструктору безразлична степень точности по какой-либо из норм, тогда вместо цифры степени стоит буква N: 8 – N – 6 – В ГОСТ 1643-81.

3. Измерительное средство

Индикаторный нормалемер, измеряющий длину общей нормали, предназначается как для контроля колебания толщины зубьев по общей нормали, так и для измерения сравнительным методом отклонений от номинального размера длины общей нормали

Длиной общей нормали W называется расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям А и В зубьев колеса (рис.1.1.). Общая нормаль к эвольвентным профилям является одновременно касательной к основной окружности.

Прибор (рис.1.2.) состоит из круглой штанги 4, на которой помещается разрезная втулка 3 с неподвижной измерительной губкой 6. Чувствительная измерительная губка 7 при нажиме на кнопку арретира 2 перемещается параллельно самой себе и передает свое перемещение (при измерении) через угловой рычаг на индикатор 1, который закрепляется в державке.

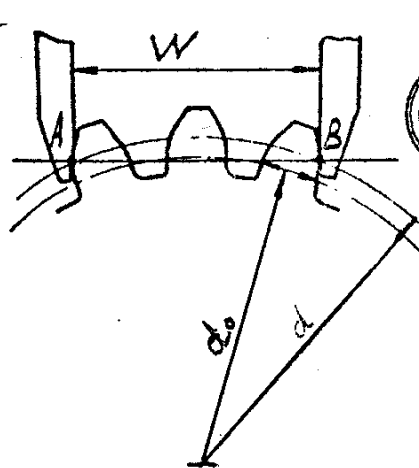


Рис. 1.1[2] Схема измерения

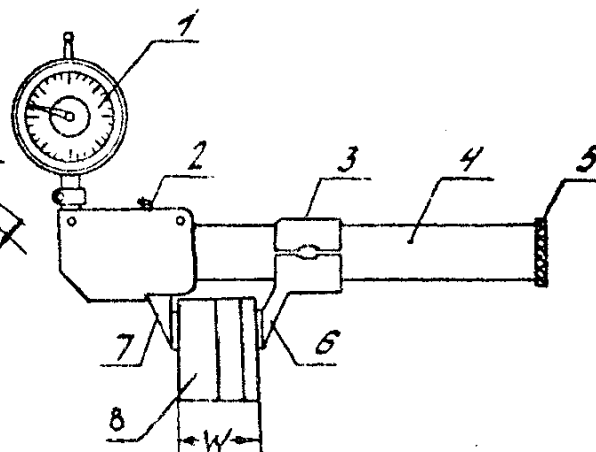


Рис. 1.2[2] Нормалемер

Разрезная втулка выполнена таким образом, что в свободном состоянии она самозажимается на штанге. Перемещение втулки с губкой возможно только с помощью ключа 5, который своим выступом вводится в гнездо разрезной втулки и при повороте разжимает втулку, давая возможность перемещать ее вдоль штанги.

Ключ 5 помещается в отверстие штанги, где удерживается своей пружинящей частью.

При использовании прибора необходимо прежде всего тщательно протереть измерительные поверхности губок и закрепить индикатор в державке.

Для установки прибора на необходимый размер следует приготовить блок плоскопараллельных концевых мер (плиток), равный номинальному размеру длины общей нормали, полученной путем расчета.

Затем установить с помощью ключа подвижную губку в положение контакта с блоком плиток так, чтобы стрелка индикатора находилась примерно в начале второго оборота, выставить шкалу индикатора на нуль, нажимая на кнопку арретира, повторно проверить нулевое положение.

Вынув блок плиток, установить прибор на группу зубьев измеряемого колеса – индикатор покажет отклонение от размера в плюс при движении стрелки отсчета целых оборотов в сторону увеличения или в минус – при движении этой же стрелки к нулю.

4. Последовательность выполнения работы

4.1. Измерить штангенциркулем наружный диаметр d_a зубчатого колеса и определить его модуль, округлив полученное значение до ближайшего стандартного:

$$m = \frac{d_a}{z+2}, \quad (8.1)$$

где z – число зубьев колеса.

4.2. Определить диаметр делительной окружности зубчатого колеса:

$$d = m \times z, \quad (8.2)$$

4.3. Определить число зубьев n , охватываемых при измерении:

$$n = 0,1 \sqrt{\frac{d}{m}}, \quad (8.3)$$

Полученное число n округлить до ближайшего целого числа.

4.4. Рассчитать номинальную длину общей нормали W прямозубого колеса с углом зацепления 20° :

- некоррегированного

$$W = m \sqrt{z} \cos \alpha, \quad (8.4)$$

- коррегированного

$$W = m \sqrt{z} \cos \alpha \left(1 - \frac{2x}{z} \right), \quad (8.5)$$

где m – модуль зубчатого колеса;

z – число зубьев колеса;

α – коэффициент коррегирования;

n – число зубьев, охватываемых при измерении.

4.5. Собрать блок из концевых мер длины по расчетному номинальному размеру длины общей нормали. Установить нормалемер на размер W , а измерительную индикаторную головку на нуль (см. описание прибора).

4.6. Произвести измерение длины общей нормали по каждому зубу колеса, избегая перекосов и покачивая нормалемер, найти положение с наименьшим отсчетом. Полученные отклонения A_W занести в отчетный бланк.

4.7. Дать заключение о годности измеряемого зубчатого колеса по проверяемому параметру, для чего необходимо знать верхнее отклонение A_{Wme} средней длины общей нормали.

4.7.1. Определяем допуск на радиальное биение зубчатого венца (Приложение 1, табл.1).

4.7.2. Наименьшее отклонение A_{Wme} средней длины общей нормали (в минус от номинала), т.е. верхнее отклонение, определить по табл. 2,

Приложение 1. (Состоит из двух слагаемых).

4.7.3. Определить допуск T_{Wm} на среднюю длину общей нормали определить по табл. 3, Приложение 1.

4.7.4. Зная верхнее отклонение A_{Wme} и допуск T_{Wm} построить схему расположения поля допуска средней длины общей нормали.

4.7.5. Сравнить отклонения средней длины общей нормали, полученные в результате измерений, с расчетными. Дать заключение о годности колеса.

Годным считается такое зубчатое колесо, у которого средняя длина общей нормали не выходит за пределы расчетных.

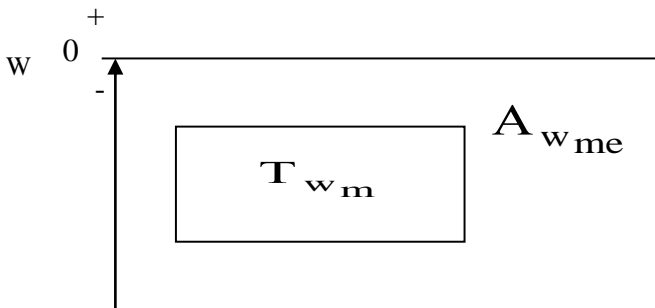
4.8. Результаты работы занести в бланк отчета.

5. Контрольные вопросы:

1. Нормы точности на зубчатые колеса и что они означают?
2. Сколько степеней точности зубчатых колес и передач устанавливает стандарт?
3. Что такое длина общей нормали?
4. Устройство индикаторного нормалемера.
5. Принципы измерений длины общей нормали.

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО
КОЛЕСА

Выдается: Зубчатое колесо (шестерня). Приборы для измерения длины общей нормали.

Число зуб.	Z =	Предельные отклонения и допуск длины общей нормали			
Наружный диаметр	D =	Степень точ нос ти и но рм а заз ор	Верхнее откл онен ие $A_{w_{me}}$	Радиаль- ное бие ни е F_r	Допуск T_{wm}
Модуль	m =	7-B			
Число зубьев в растворе мерительных губок (рас- четное) Принято: $n =$ Длина общей нормали $W =$		Схема расположения поля допуска нормали 			

Результаты измерений длины общей нормали зубчатого колеса A_w

№№ замеров	1	2	3	4	5	6	7	8
Отклонения от номинальной величины								
№№ замеров	9	10	11	12	13	14	15	16
Отклонения от номинальной величины								

Заключение о годности	
--------------------------	--

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШТРИХОВОЙ МЕРЫ ДЛИНЫ (ЛИНЕЙКИ) С ПОМОЩЬЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОМПАРАТОРА

1. Цель работы

- ознакомление с устройством, метрологическими характеристиками горизонтального компаратора ИЗА-2;
- привитие навыков работы на нем.

2. Общие сведения

Штриховые меры длины – меры, у которых размер, выраженный в определенных единицах, а также размер их частей, определяется расстоянием между осями двух соответствующих штрихов (брусковые штриховые меры, измерительные линейки, рулетки).

Штриховые меры длины используются в качестве вторичных и рабочих эталонов, образцовых мер длины при поверке рабочих мер длины, в виде шкал измерительных устройств и станков, а также в инструментах для непосредственного измерения линейных размеров и расстояний.

Основные типы, параметры, размеры штриховых мер и технические требования к ним регламентированы ГОСТ 12069-78 «меры длины штриховые».

Штриховые меры изготавливают *однозначными* и *многозначными*.

Однозначные штриховые меры длины имеют два штриха, нанесенных по концам меры, расстояние между которыми воспроизводит длину шкалы меры (например, вторичные эталоны длины).

Многозначные штриховые меры имеют шкалу штрихов, нанесенных через определенные интервалы по всей длине меры или на отдельных ее участках. Шкалы таких многозначных мер изготавливают с дециметровыми, сантиметровыми или миллиметровыми делениями (например, линейки, рулетки, шкалы измерительных средств).

В зависимости от точности изготовления действительной длины шкалы штриховых мер для различных интервалов шкал от 100 до 4000 мм

установлено шесть классов точности в порядке понижения точности: 0; 1; 2; 3; 4; 5.

Для метрологических целей применяют образцовые штриховые меры, которые аттестуют на разряды: образцовые штриховые меры длиной 1 м 1-го и 2-го разрядов, образцовые измерительные рулетки 1-го и 2-го разрядов, образцовые шкалы 1-го и 2-го разрядов.

Образцовая штриховая мера длиной 1 м 1-го разряда (рис.1) – жесткая металлическая линейка 4, имеющая скошенные (один или оба) края под углом 45° или 35°. На наклонных поверхностях нанесены шкалы = основная с ценой деления 0,2 мм и вспомогательная с ценой деления 1 мм. Мера снабжена направляющим ребром 3, по которому могут перемещаться две лупы 1 с семикратным увеличением, и термометром 2, для внесения соответствующих температурной поправки при разных материалах поверяемой и образцовой меры.

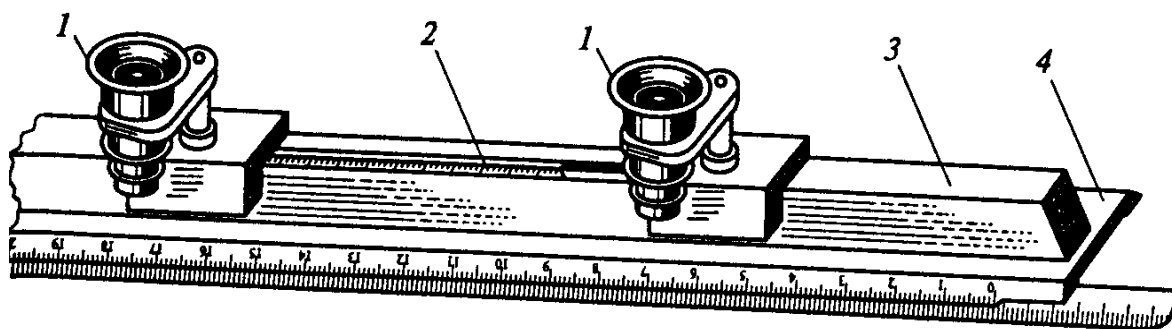


Рис.1. Штриховая образцовая мера 1-го разряда[2]

Допускаемая погрешность шкалы однометровой образцовой штриховой меры 1-го разряда составляет $\pm 0,05$ мм, а погрешность аттестации $\pm 0,01$ мм.

По образцовым штриховым мерам 1-го разряда поверяют штриховые меры 2-го разряда и высокоточные рабочие средства измерений, по штриховым мерам 2-го разряда поверяют рабочие средства измерений (рулетки, линейки, шкалы измерительных приборов).

3. Измерительное средство

3.1. Описание конструкции горизонтального компаратора

Прибор предназначен для абсолютных линейных измерений, в частности, может быть использован для измерения размеров между штрихами спектральных линий спектрограмм, оценки точности различных шкал, сеток и т.д.

Линейные размеры на приборе измеряются сравнением измеряемого размера со штриховой линейной шкалой 2 прибора при помощи двух

микроскопов, расстояние между которыми всегда постоянно, а оптические оси параллельны. Один микроскоп 12 (вертикальный) служит для наведения на точку или штрих измеряемого объекта, второй 4 предназначен для выполнения отсчетов.

Прибор имеет массивное основание 1 С-образной формы. Приливы на основании позволяют устанавливать прибор горизонтально и для удобства работы на нем под углом 45^0 . В нижней части основания жестко закреплена цилиндрическая направляющая 2, по которой перемещается стол 3 прибора. В верхней части основания расположена траверса, на которой укреплены два микроскопа 12 и 4. Измеряемый объект и шкала освещаются с помощью двух зеркал, расположенных на основании прибора под подвижным столиком.

Грубая установка стола производится от руки, для чего предварительно освобождается стопорный винт 7, тонкая подача осуществляется микрометрическим винтом 8.

Для правильной установки измеряемого объекта служит линейка 9, с помощью которой можно перемещать объект перпендикулярно к оси измерения и поворачивать его на небольшой угол. Температурный режим компаратора контролируется с помощью термометра 10.

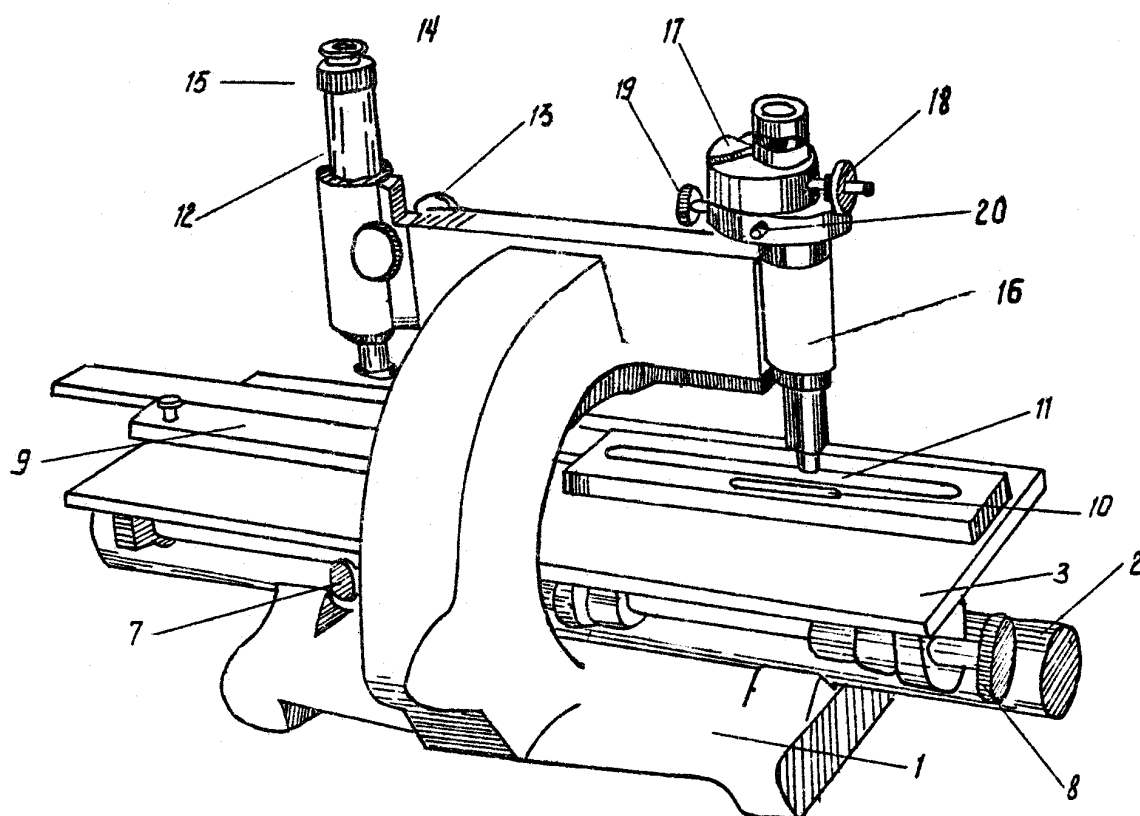


Рис.2. Общий вид горизонтального компаратора[2]

Отсчетный микроскоп 4 со спиральным окулярным микрометром неподвижно укреплен на правом конце траверсы. Наводят витки спирали на штрихи шкалы прибора с помощью маховичка 6. Фокусируется визирный микроскоп при наводке на штрих объекта маховичками 13. Окуляр 14 визирного микроскопа выдвижной, для закрепления его в тубусе служит стопорный винт 15.

Подробное описание устройства спирального окулярного микрометра см. в п. 3 лабораторной работы 1.

Компаратор имеет следующие метрологические характеристики:

диапазон измерений — 0-200 мм;

диапазон показаний — 0-200 мм;

цена деления спирального окулярного микрометра — 0,001 мм.

3.2. Измерение на горизонтальном компараторе

Измеряемый объект (штриховая линейка) устанавливается на столе прибора так, чтобы линия измерения была параллельна ходу стола. Для этого перемещают сначала объект с помощью линейки 9 перпендикулярно по линии измерения до тех пор, пока штрихи не появятся в поле зрения микроскопа. Затем, перемещая стол, наблюдают нет ли перекоса линии измерения объекта относительно хода стола. Поворачивая с помощью линейки объект, исключают имеющийся перекося. Кроме того, необходимо проверить сохраняется ли одинаковая резкость изображения по всей длине измеряемого объекта. Обычно это обеспечивается параллельностью верхней и нижней плоскостей объекта.

Установив таким образом объект измерения, вводят его начальный штрих и биссектор визирного микроскопа перемещением стола с помощью микровинта 8 и делают отсчет по спиральному окулярному микрометру (см. п.4 лабораторной работы 1 и рис.2). Записав отсчет, перемещением стола вводят второй штрих измеряемого объекта в биссектор визирного микроскопа и вновь отсчитывают по отсчетному микроскопу. Разность отсчетов дает длину измеряемого участка.

4. Последовательность выполнения работы

4.1. Изучить устройство и работу компаратора.

4.2. Отрегулировать с помощью зеркал освещение.

4.3. Установить визирный микроскоп на один из штрихов проверяемого участка линейки.

4.4. Снять показание отсчетного микроскопа (отсчет 1-й).

4.5. Перемещая стол, установить визирный микроскоп на соседний штрих и снять показание с отсчетного микроскопа (2-й отсчет). Отсчеты снимаются с четырьмя знаками после запятой.

4.6. Подсчитать расстояние между штрихами как разность первого и второго отсчетов.

4.7. Повторить измерение каждого участка 3 раза.

4.8. Подсчитать для каждого участка среднее расстояние между штрихами и определить отклонение его от номинального значения (при измерении расстояний между миллиметровыми штрихами линейки номинальным значением является размер в 1 мм).

4.9. Результаты измерения внести в таблицу (приложение 9).

5. Контрольные вопросы

5.1. Чему равен диапазон измерения на компараторе ИЗА-2?

5.2. Чему равна цена деления шкалы прибора ИЗА-2?

5.3. Чему равна цена деления спирального окулярного микрометра?

5.4. Для каких целей предназначен визирный микроскоп компаратора?

5.5. Назовите основные части горизонтального компаратора ИЗА-2.

5.6. Укажите на рис. 4 номера позиций: стопорного винта стола, микровинта, термометра, аттестованной миллиметровой шкалы.

5.8. Контролируется или нет температурный режим измерения на компараторе ИЗА-2?

ОТЧЕТ

по лабораторной работе

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КОМПАРАТОР ИЗА-2

Цель работы: ознакомление с горизонтальным компаратором ИЗА-2 и привитие навыков в измерении на нем.

Задание: проверить точность разметки линейки на горизонтальном компараторе ИЗА-2.

Пределы измерения прибора _____ мм
 Цена деления шкалы _____ мм
 Цена деления спирального окулярного
 микрометра _____ мм
 Выбранная длина участка измерения ____ мм

Результаты измерений

Номер участков	Показания прибора, мм			Среднее значение результата измерений	Отклонение
1-й отсчет					
2-й отсчет					
Результат измерения					
1-й отсчет					
2-й отсчет					
Результат измерения					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ БОЛЬШОМ ЧИСЛЕ ОПЫТОВ

1.Цель работы: Освоение методики обработки результатов исследования при большом числе опытов и оценка качества процесса получения опытных данных.

2.Оборудование:

Горизонтальный компаратор, оптиметр, микрометр.

3. Общие сведения

В машиностроении методика применяется: для анализа значений показателей качества, таких как размеры, масса, механические характеристики, химический состав, выход продукции и др. при контроле готовой продукции, при приемочном контроле, при контроле процесса в самых разных сферах деятельности;

Для анализа чистого времени операций, времени истирания режущей поверхности, и т.д.

Для анализа числа бракованных изделий, числа дефектов, числа поломок и т.д.

Основой данной методики является построение гистограммы. Строится она в следующем порядке.

Систематизируют данные, собранные, например, за 10 дней или за месяц. Число данных должно быть не менее 30-50. оптимальное число – порядка 100. Если их оказывается более 300, затраты времени на их обработку оказываются слишком большими. Следующий шаг – определение наибольшего и наименьшего значений данных. При большом числе значений (порядка 100) определение затруднительно, поэтому вначале определяют наибольшее и наименьшее значения в каждой десятке значений, а затем среди полученных значений определяют L и S. Интервал между наибольшими и наименьшими значениями делят на соответствующие участки. Число участков должно примерно соответствовать корню квадратному из числа данных. При числе данных 30-50 число участков должно быть равно 5-7, при числе данных 50-100 – 6-10; при числе данных 100-200 – 8-15. Далее определяют ширину участка h.

В инженерной практике часто возникает необходимость проведения различных измерений. Для их количественной оценки используют понятие «погрешность измерения». Чем меньше погрешность, тем выше точность измерения. Количество факторов, влияющих на точность измерения, очень велико. Для практических целей достаточно рассмотреть систематические и случайные погрешности.

Систематическими называются погрешности постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону в зависимости от неслучайных факторов. В большинстве случаев систематические погрешности могут быть обнаружены и устранены или компенсированы.

Случайными называются непостоянные по величине и знаку погрешности которые проявляются в зависимости от случайно действующих факторов. Их не возможно устранить. С помощью методов теории вероятностей и математической статистики можно приблизительно оценить пределы изменения и значение суммарной случайной погрешности.

Уменьшить влияние случайной погрешности на результат измерения можно увеличением числа измерения. Зависимость между числовыми значениями случайной величины и вероятностью их появления устанавливается законом распределения вероятностей случайных величин. Рассеяние значений случайной величины подчиняется закону нормального распределения вероятностей (закон Гаусса). При этом малые по величине погрешности встречаются чаще, чем большие (рис. 1).

у

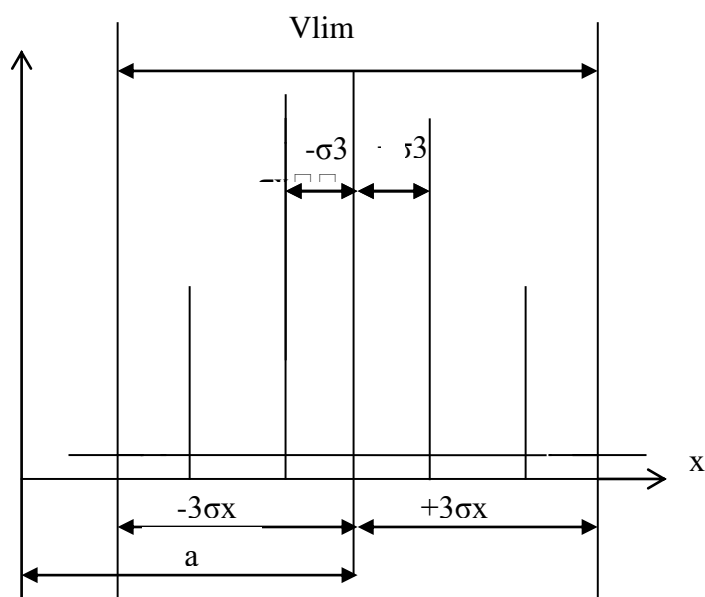


Рис.1. Гистограмма

Кривая изображающая плотность распределения вероятности по нормальному закону приведена на рисунке и определяется уравнением[1]:

$$y = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\delta^2}}, \quad (12.1)$$

где y – плотность распределения вероятности;

a – измеряемая величина

δ - параметр ее рассеяния

x – значение случайной величины

Площадь ограниченная кривой Гаусса и осью абцисс, равна единице. Площадь, ограниченная 6δ равна, 0, 9973. Остальная площадь, не попавшая в предельное поле рассеяния, равна:

$$1 - 0,9973 = 0,0027$$

Нормальный закон распределения характеризуется:

- средним арифметическим значением

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (12.2)$$

- эмпирическим среднеквадратическим отклонением

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=x}^n (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \text{ при } N \geq 30, \quad (12.3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^K x_i)^2}{K}}{K-1}} \text{ при } N \leq 30, \quad (12.4)$$

Границы, в пределах которых будет находится измеряемая величина, называется доверительным интервалом. Соответствующая этому интервалу заданная вероятность, называется надежностью, или доверительной вероятностью β . При $\beta = 0,9913$ доверительный интервал определяется границами $x \pm 3\delta$,

$$\delta\bar{x} = \frac{S}{\sqrt{N-1}}, \quad (12.5)$$

где $\delta\bar{x}$ - среднее квадратическое отклонение

Следовательно в общем виде границы доверительного интервала лежат в пределах: $\bar{x} \pm Z\delta\bar{x}$

β	0,90	0,95	0,99	0,999
z	1,645	1,960	2,576	3,291

Значение β соответствует величине z.

4.Порядок выполнения работы

По заданию преподавателя произвести 50 измерений.

Полученные результаты систематизировать в порядке от наименьшего α_{\min} до наибольшего α_{\max} .

Интервал между наибольшим и наименьшим значениями делят на участки. Число участков должно примерно соответствовать корню квадратному из числа данных. В нашем случае число участков принимаем равным 7.

Далее определяем ширину участка h. Разность между α_{\max} и α_{\min} делят на число участков и полученный результат округляют до целого в большую сторону.

Например: $\alpha_{\max} = 10,102$ мм; $\alpha_{\min} = 9,963$ мм.

$$h = \frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{7} = \frac{10,102 - 9,963}{7} = \frac{0,139}{7} = 0,01193$$

Округляем это значение в большую сторону до 0,020; h=0,020 мм.

Затем определяем границы участков.

Для первого участка наименьшее граничное значение равно:

$$\alpha_{\min} - \frac{\text{единица измерения}}{2} = 9,963 - \frac{0,001}{2} = 9,963 - 0,0005 = 9,9625 \text{ мм.}$$

Прибавив к этому значение ширину участка, найдем наибольшее граничное значение для первого участка:

$$9,9625 + 0,020 = 9,9825 \text{ мм.}$$

Это же значение является наименьшим граничным значением для второго участка, а наибольшее:

$$9,9825 + 0,020 = 10,0025 \text{ мм.}$$

Аналогично определяем все участки и данные заносим в табл. 1.

Таблица 1

Интервал участка, мм	Центральное значение, мм	Частота
----------------------	-----------------------------	---------

9,9625-9,9825	9,9725 и т.д.	
9,9825-10,0025		
10,0025-10,0225		
10,0225-10,0425		
10,0425-10,0625		
10,0625-10,0825		
10,0825-10,1025		

Определяем центральное значение для каждого участка:

$$\frac{9,9625 + 9,9825}{2} = 9,9725$$

Для каждого участка определяем величину f_0 . Это частота результатов, измерений, приходящихся на каждый участок. $\sum f = 50$.

После заполнения табл. 1 строится гистограмма. Для этого по оси абсцисс откладывают значения параметров качества, по оси ординат – частоту. Для каждого участка строят прямоугольный столбик с основанием, равным ширине интервала участка, высота его соответствует частоте попадания данных в этот участок.

Если все работы выполнены тщательно, то получим гистограмму с двухсторонней симметрией (нормальное распределение). Она указывает на стабильность процесса.

Заполняем табл. 2.

Таблица 2

№ интервала	Интервал	Среднее значение	Частота f	U	U*f	U ² *f
			$\sum f =$		$\sum Uf =$	$\sum U^2 f =$

Определяем значения для столбца U. Для этого положим, что U=0 на участке, где f – максимально. В сторону уменьшения (вверх) откладываем значения –1, –2, –3 и т.д. Вниз в сторону уменьшения – значения 1, 2, 3 ... Среднее значение участка, для которого U=0, обозначают через X_0 .

Следующий столбец заполняем значениями произведения U*f.

Последний – значениями произведения U²*f.

Среднее значение X наносят на гистограмму.

Стандартное отклонение S определяют по формуле:

$$S = h \sqrt{\frac{\sum U^2 f - \frac{(\sum Uf)^2}{\sum f}}{\sum f - 1}}, \quad (12.6)$$

Далее определяем показатель мощности процесса C_p . Для этого определяем границы разброса.:

- нижняя граница: $S_{\alpha \min} = \alpha_{\min} - S$;
- верхняя граница: $S_{\alpha \max} = \alpha_{\max} + S$.

$$C_p = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{6S}, \quad (12.7)$$

Оценка мощности процесса производится следующим образом.

1. Если $C_p > 1,67$, ширина интервала между контрольными нормативами не менее, чем в 10 раз превышает стандартное отклонение S . Разброс параметров не велик, появление брака не угрожает, т.е. процесс сверхточен и дорогостоящ. Необходимо его упрощение.

2. $1,67 > C_p > 1,33$. Идеальное состояние процесса.

3. $1,33 > C_p > 1,00$. Ширина интервала между контрольными нормативами в 6-8 раз превышает стандартное отклонение S . Вероятность появления брака составляет 0,27%. Необходимо усилить контроль за процессом и провести мероприятия по улучшению его состояния.

4. $1,00 > C_p > 0,67$. Вероятность появления брака составляет 4,56%. Процесс неудовлетворителен. Необходимо принять немедленные меры по улучшению состояния процесса.

5. $0,67 > C_p$. Процесс неконтролируем.

Приложение 1

Таблица 1

Нормы кинематической точности.

Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r по ГОСТ 1643-81 и
ГОСТ 9178-81

Зубчатые колеса с $m < 1$ мм										
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм								
		до 12	св. 12 до 20	св. 20 до 32	св. 32 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 200	св. 200 до 315	св. 315 до 400
		Допуски F_r , мкм								
4	От 0.1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	4 6	5 6	6 7	7 8	8 9	9 10	10 12	- 14	- 15
5	От 0.1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	7 9	8 10	9 11	10 12	12 14	14 16	16 19	- 22	- 22
6	От 0.1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	11 15	12 16	14 18	16 20	19 22	22 25	26 30	- 35	- 36
7	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	16 21	18 22	20 24	22 26	26 30	30 36	36 42	- 48	- 50
8	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	19 26	21 28	25 30	28 34	32 38	38 45	45 50	- 55	- 63
9	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	24 34	26 36	30 40	36 45	42 50	48 55	55 63	- 75	- 90
10	От 1 до 0.5 Св. 0.5 » 1	30 42	34 45	38 50	45 55	53 60	60 70	70 80	- 95	- 110
11	Св. 0.5 до 1	50	55	63	70	80	90	105	120	140
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм										
Степень точности	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм								
		до 125			св. 125 до 400			св. 400 до 800		
		Допуски F_r , мкм								

4	От 1 до 3.5	10	15	18
	Св. 3.5 » 6.3	11	16	20
	» 6.3 » 10	13	18	22
5	От 1 до 3.5	16	22	28
	Св. 3.5 » 6.3	18	25	32
	» 6.3 » 10	20	28	36
6	От 1 до 3.5	25	36	45
	Св. 3.5 до 6.3	28	40	50
	» 6.3 » 10	32	45	56

Продолжение табл.1

7	От 1 до 3.5	36	50	63
	Св. 3.5 » 6.3	40	56	71
	» 6.3 » 10	45	63	80
8	От 1 до 3.5	45	63	80
	Св. 3.5 » 6.3	50	71	90
	» 6.3 » 10	56	80	100
9	От 1 до 3.5	71	80	100
	Св. 3.5 » 6.3	80	100	112
	» 6.3 » 10	90	112	125
10	От 1 до 3.5	100	112	125
	Св. 3.5 » 6.3	125	140	140
	» 6.3 » 10	140	160	160
11	От 1 до 3.5	125	140	160
	Св. 3.5 » 6.3	160	180	180
	» 6.3 » 10	180	200	200

Примечания: 1. Радиальным биением зубчатого венца F_{rr} (допуск F_r) называется наибольшая в пределах зубчатого колеса разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура (см. рис. к табл. 5.2) одиночного зуба или впадины, условно наложенного на профили зубьев колеса. Практически F_{rr} определяется разностью расстояний до постоянных хорд зубьев (см. рис. к табл. 6.29). 2. Допуск на кинематическую погрешность зубчатого колеса рассчитывается по формуле

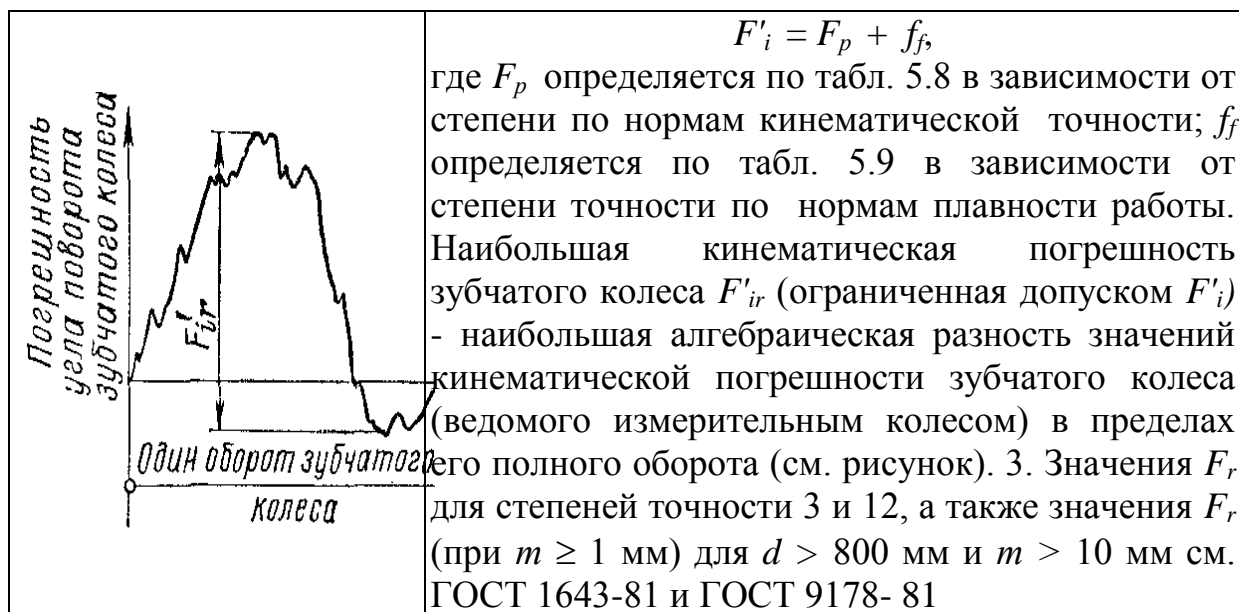


Таблица 2

Наименьшие отклонения средней длины общей нормали $-E_{Wms}$, $+E_{Wmi}$, наименьшие отклонения длины общей нормали $-E_{Ws}$, $+E_{Wi}$ по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

Слагаемое I для определения $-E_{Wms}$ или $+E_{Wmi}$ (см. примечания)											
Зубчатые колеса с $m < 1$ мм											
Вид со- пряжения	Степень точности по нор- мам плав- ности	Делительный диаметр d , мм									
		до 12	св. 12	св. 20	св. 32	св. 50	св. 80	св. 125	св. 180	св. 250	св. 315
			до 20	до 32	до 50	до 80	до 125	до 180	до 250	до 315	до 400
			Отклонения E_{Wms} , E_{Wmi} (слагаемое I); E_{Ws} , E_{Wi} , мкм								
H	3-7	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10
G	3-6	8	9	11	13	15	17	19	25	28	30
	7	11	12	13	15	17	19	21	26	28	32
	8	15	16	17	18	20	22	24	30	32	35
F	3-6	12	15	18	21	24	26	30	36	40	45
	7	15	16	19	22	25	28	32	36	40	45
	8	18	20	22	25	28	32	36	40	42	45
	9	25	28	30	32	35	38	42	42	45	50
	10	32	35	38	40	40	45	48	50	53	55

E	3-7	19	22	26	30	36	42	48	55	63	70
	8	24	26	30	35	40	45	50	60	63	70
	9	28	32	36	40	45	50	55	60	63	70
	10	38	40	42	45	50	55	60	63	70	75
D	3-7	28	34	40	48	55	63	75	85	95	105
	8	34	38	42	48	55	63	80	85	95	105
	9	38	42	48	55	60	70	80	90	100	110
	10	45	50	55	60	70	70	85	90	100	110
Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм											
Вид со- пряжения	Степень точности по нор- мам плав- ности	Делительный диаметр d , мм									
		до 80	св. 80 до 125	св.	св.	св.	св.	св.	св.	св.	св.
				125	180	250	315	400	500	630	
				до 180	до 250	до 315	до 400	до 500	до 630	до 800	
Отклонения E_{Wms} , E_{Wmi} (слагаемое I); E_{Ws} , E_{Wi} , мкм											
H	3-6	8	10	11	12	14	16	18	20	22	
	7	10	10	12	14	16	18	20	22	25	
E	3-6	20	24	28	30	35	40	45	50	55	
	7	25	30	30	35	40	45	50	55	60	

Продолжение табл.2

D	3-6	30	35	40	50	55	60	70	70	90	
	7	35	40	50	55	60	70	70	80	100	
	8	40	50	50	60	70	70	80	90	110	
C	3-6	50	60	70	80	90	100	110	120	140	
	7	55	70	70	80	100	110	120	140	140	
	8	60	80	80	100	110	120	140	140	160	
	9	70	80	100	110	120	140	140	160	200	
B	3-6	80	100	110	120	140	160	180	200	220	
	7	100	110	120	140	180	180	200	200	250	
	8	100	110	140	140	180	200	200	250	280	
	9	110	120	140	160	200	200	250	280	300	
	10	110	140	160	180	200	250	250	280	350	
	11	120	160	180	200	200	250	280	280	350	
A	3-6	120	140	180	200	220	250	280	300	350	
	7	140	180	200	200	250	280	300	350	350	
	8	160	200	200	250	280	300	350	350	400	
	9	180	200	250	280	280	350	350	400	500	
	10	200	200	250	280	300	350	400	400	500	
	11	200	250	280	300	350	350	400	500	550	
Слагаемое II для определения $-E_{Wms}$ или $+E_{Wmi}$.											
Модуль:		Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r , мкм									

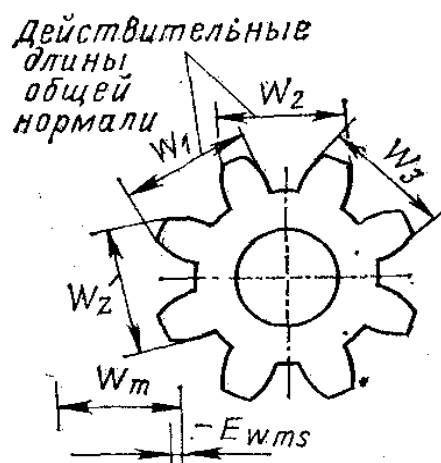
m , мм	до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	св. 10 до 12	св. 12 до 16	св. 16 до 20	св. 20 до 25	св. 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 160	св. 160 до 200
	Отклонения E_{Wms} или E_{Wmi} , (слагаемое II), мкм															
$m < 1$	1	2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35	45
$m \geq 1$	2	2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35	45

Примечания: 1. Наименьшее отклонение средней длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями - E_{Wms} и для колеса с внутренними зубьями + E_{Wmi} ($|E_{Wms}| = |E_{Wmi}|$) - наименьшее предписанное отклонение средней длины общей нормали, осуществляемое в целях обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора. Средняя длина общей нормали W_m - среднее арифметическое из всех действительных длин (W_1, \dots, W_z , см. рисунок) общих нормалей по зубчатому колесу



Наименьшее отклонение длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями - , для зубчатого колеса с внутренними зубьями + E_{Wi} .

Продолжение табл.2



2. Значения F_r по табл. 5.7. 3. Для определения E_{Wms} (E_{Wmi}) необходимо к слагаемому I, - величина которого зависит от делительного диаметра d и вида сопряжения, прибавить слагаемое II, величина которого зависит от допускаемого радиального биения F_r . Пример пользования таблицей: Зубчатое колесо внешнего зацепления 8-В ГОСТ 1643-81 с делительным диаметром $d = 75$ мм и модулем $m = 3$ мм. Слагаемое I равно 100 мкм (для вида сопряжения В, 8-й степени точности и $d = 75$ мм); слагаемое II равно 11 мкм (при $F_r = 45$ мкм - по табл. 5.7 для 8-й степени точности и $d = 75$ мм). Следовательно, - $E_{Wms} = (100 + 11) = -111$ мкм или $E_{Wmi} = +111$ мкм (для колеса внутреннего зацепления). 4. Значения E_{Wms} (E_{Wmi}), E_{Ws} (E_{Wi}) при $d > 800$ мм, $F_r > 200$ мкм и для 11-й и 12-й степеней точности см. ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81.

* Для зубчатых колес с $m < 1$ мм F_r свыше 160 мкм.

Таблица 3

Допуски на среднюю длину общей нормали T_{Wm} и на длину общей нормали T_W по ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81

Модуль m , мм	Вид сопряжения	Вид допуска бокового зазора	Обозначение допусков	Допуски на радиальное биение F_r , мкм													
				до 6	св. 6 до 8	св. 8 до 10	св. 10 до 12	св. 12 до 16	св. 16 до 20	св. 20 до 25	св. 25 до 32	св. 32 до 40	св. 40 до 50	св. 50 до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 100	
				Допуски T_{Wm} , T_W , мкм													
$m < 1$	H	h	T_{Wm}	6	7	7	8	9	10	11	12	14	16	18	21	25	
			T_W	10	11	12	14	17	20	22	26	34	40	48	60	75	
	G	g	T_{Wm}	8	8	9	9	11	12	14	15	16	20	21	28	32	

Продолжение табл.3

	F	f	T_W	11	12	14	15	19	22	26	30	36	45	50	67	80
			T_{Wm}	9	10	10	11	12	14	16	19	21	22	28	35	38
			T_W	12	14	15	17	20	24	28	34	40	48	56	75	90
	E, D	e	T_{Wm}	11	11	12	14	15	17	21	22	26	30	38	45	53
			T_W	14	15	17	20	22	28	32	38	48	53	67	85	100
$m \geq 1$	H, E	h	T_{Wm}	16	16	16	18	20	20	20	22	25	25	28	30	40
			T_W	20	20	20	25	28	28	30	35	40	50	60	70	80
	D	d	T_{Wm}	20	20	25	25	25	28	30	35	40	40	40	60	70
			T_W	25	25	28	28	30	35	40	50	55	60	70	100	110
$m \geq 1$	C	c	T_{Wm}	28	28	30	30	35	40	45	45	50	60	70	90	110
			T_W	35	35	35	35	40	50	55	60	70	80	100	120	140

	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>T_{Wm}</i>	35	35	40	40	40	45	50	55	60	70	100	100	120
			<i>T_W</i>	35	35	40	50	50	55	60	70	80	100	120	140	180
	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>T_{Wm}</i>	45	45	50	50	55	60	60	80	90	100	110	140	150
			<i>T_W</i>	50	50	55	55	60	70	80	100	110	120	140	180	200
	-	<i>z</i>	<i>T_{Wm}</i>	60	60	60	60	70	70	80	100	110	120	140	180	200
			<i>T_W</i>	60	60	70	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250
	-	<i>y</i>	<i>T_{Wm}</i>	70	70	80	90	90	100	110	120	160	180	220	240	300
			<i>T_W</i>	80	80	80	100	100	110	120	140	180	200	250	280	350
	-	<i>x</i>	<i>T_{Wm}</i>	90	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350
			<i>T_W</i>	100	100	110	110	120	140	140	180	200	250	280	350	400
Примечания: 1. Величины <i>F_r</i> см. табл. 5.7. 2. Если вид допуска бокового зазора не соответствует виду сопряжения, то допуски <i>T_{Wm}</i> и <i>T_W</i> выбираются в зависимости от вида допуска бокового зазора. 3. Значения <i>T_{Wm}</i> , <i>T_W</i> для <i>F_r</i> > 200 мкм см. ГОСТ 1643-81. * См. сноску к табл. 5.20.																

Допуски и отклонения калибров по ГОСТ 24853-81. Размеры в мкм

Квалитеты допусков изделий	Обозначения	Интервалы размеров, мм								
		До 3	Свыше 3 до 6	Свыше 6 до 10	Свыше 10 до 18	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3
	a, a ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	4	3,5	4	5	6
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H _P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
7	Z, Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y, Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	a, a ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H, H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H _P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
8	Z, Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9
	J, Y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6
	a, a ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	H	2,0	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
9	Z, Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a, a ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
10	Z, Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a, a ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
11	Z, Z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a, a ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H, H ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18
	H _P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5

