



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет

ИЗМЕРЕНИЕ ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

Методические указания

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
"Взаимозаменяемость, стандартизация и
технические измерения"
для студентов машиностроительных специальностей
дневной и заочной форм обучения

Заказ № _____ от « _____ » _____ 2007. Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ

Севастополь
2007

УДК 531.74

Измерение внутренних размеров деталей: Метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения" /Разраб. О.В. Филипович. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 28 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выборе измерительных средств и в приобретении практических навыков измерения внутренних размеров деталей. В методических указаниях изложены краткие теоретические сведения о методиках проведения измерений и средствах измерения внутренних размеров.

Методические указания предназначены для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры "Автоматизированные приборные системы" 27 апреля 2007 г., протокол № 9.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: С.П. Волков, канд. техн. наук, доц. кафедры "Автоматизация технологических процессов и производств".

Таблица А.4 – Предельные погрешности измерения глубин и уступов

Но- мер для табл. А2	Средства измерений		Варианты ис- пользования	Предельные погрешности измерения (мкм) для диапазона размеров, мм					
	Наименование и случаи применения			Св. 3 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 500	
1	Линейки измерительные металлические		—	500					
				Св. 1 до 50			Св. 50 до 400		
2	Штангенглубиномеры с отсчетом по нониусу 0,05 мм		—	100			150		
				До 25	Св. 25 до 50	Св. 50 до 75	Св. 75 до 100	Св. 100 до 125	Св. 125 до 150
3	Глубиномеры микрометри- ческие при абсолютном мето- де измерения	a	6	20	20	20	20	25	
	Глубиномеры микрометри- ческие при относительном методе измерения с на- стройкой по установочным мерам	б	—	6	7	8	10	11	
				До 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 150
4	Глубиномеры индикатор- ные при относительном мето- де измерения с настрой- кой по установочной мере	a	15	15	15	15	20	20	
	То же, с настройкой по блокам концевых мер дли- ны	б в	6 4	7 5	7 5	9 5	10 6	15 9	
5	Глубиномеры индикатор- ные при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,001 мм и относительном методе измерения с на- стройкой по блокам концев- ых мер длины	a	1,5	1,5	1,5	2	2	2	
	То же, при четырехкратном измерении с переборкой блока при каждом измере- нии	б	0,5	0,5	1	1,5	—	—	

Таблица А.3 – Предельные погрешности измерения внутренних размеров

Но- мер для табл. А1	Средства измерений	Варианты ис- пользования	Предельные погрешности измерения (мкм) для диапазона размеров, мм				
	Наименование и случаи применения		Св. 3 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 500
1	Линейки измерительные металлические	—	500				
2	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,1 мм	—	200	200	250	300	300
3	Штангенциркули с отсчетом по нониусу 0,05 мм	—	150	150	200	200	250
4	Нутромеры микрометрические с величиной отсчета 0,01 мм	а б	— —	— —	15 10	20 15	30 20
5	Нутромеры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм	а б в	15 10 5	20 10 5	25 15 10	25 15 10	30 20 —
6	Нутромеры индикаторные при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,001 или 0,002 мм	а б	4,5 2,8	5,5 3,5	6,5 4,5	7,5 6,5	11 9
7	Нутромеры повышенной точности с ценой деления отсчетного устройства 0,001 и 0,002 мм	а б в	3,5 2 1,5	5 3,5 2,5	— — —	— — —	— — —
8	Оптиметры и длиномеры горизонтальные, измерительные машины с ценой деления отсчетного устройства 0,001	а б	1,5 1	1,5 1	2,5 1,2	5 2,5	9 —
			Св. 3 до 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	
9	Пневматические пробки с отсчетным прибором с ценой деления 0,5 мкм с настройкой по установочным кольцам	а б в г д	4 3 2,5 2 1,5	4 3 2,5 2 1,5	4,5 3,5 2,5 2,5 2	5 4 3 3 2,5	
10	То же, при цене деления прибора 0,2 мкм	а	0,8	0,5	0,5	0,8	
			До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	
11	Микроскопы инструментальные (большая и малая модели)	—	7	10	10	10	
12	Микроскопы универсальные измерительные при использовании штриховой головки	—	5	6	7	7	
13	Приборы с электронным индикатором контакта при настройке по концевым мерам 0-го класса	—	0,3	0,3	0,5	0,5	
14	Приборы с электронным индикатором контакта для измерения диаметра малых отверстий при настройке по концевым мерам 0-го класса	—	0,5	—	—	—	

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работ	4
2. Средства измерения внутренних размеров деталей	4
3. Выбор средств измерения внутренних размеров	13
4. Лабораторная работа №1. Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером	13
5. Лабораторная работа №2. Измерение диаметра отверстия микрометрическим нутромером	19
6. Контрольные вопросы	22
Библиографический список	23
Приложение А	24

1. ЦЕЛЬ РАБОТ

Выбор и обоснование методов и средств измерений внутренних размеров деталей. Изучение принципов действия этих средств. Определение годности деталей по результатам измерений соответствующего параметра.

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

Внутренние размеры условно называют отверстиями. «Отверстие» - это условный термин, который применяют для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрическую форму [1]. Для гладких цилиндрических и конических деталей - это диаметр, для плоских (пазы, уступы, канавки) - расстояние между параллельными плоскостями по нормали к ним.

Универсальные средства измерения внутренних размеров деталей менее разнообразны и малочисленны, чем средства измерения наружных размеров. Это обусловлено в первую очередь сложностью изготовления данных приборов и трудностью самого процесса измерения.

Внутренние размеры измеряют несколькими группами универсальных средств измерительной техники, функционирование которых основано на разных принципах и методах измерения.

Измерительные металлические линейки являются рабочими штриховыми мерами и предназначены для линейных измерений путем непосредственного сравнения измеряемых размеров со шкалой мер.

Линейки по ГОСТ 427–75 [2] должны изготавливаться с одной или двумя шкалами с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1000 мм (рисунок 1). Шкалы линейек обычно имеют цену деления 1 мм, в редких случаях 0,5 мм.



Рисунок 1 – Измерительные линейки

Линейки изготовляют из стальной пружинной термообработанной ленты, они должны иметь антикоррозионное хромовое покрытие с толщиной слоя не менее 3 мкм. Линейки с верхним пределом измерения до 500 мм должны иметь ширину 18...22 мм и толщину 0,4...0,6 мм, а линейки с пределом измерения 1000 мм, соответственно, 36...40 мм и 0,8...1,0 мм.

Отклонения общей длины линейек и расстояний от любого штриха до

Таблица А.2 – Выбор средств измерений глубин и уступов

Номинальные размеры, мм	Квадрант																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
до 3	0,4/1,2	0,8/2	1/3	1,4/4	1,8/6	3/10	3/14	6/25	8/40	12/60	20/100	30/140	50/250	80/400	120/600	200/1000	
	—	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	36, 46	36, 46	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	
св. 3 до 6	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	1,6/5	2/8	3/12	4/18	8/30	10/48	16/75	30/120	40/180	60/300	100/480	160/750	240/1200	
	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	4/6	36, 46	36, 46	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	
св. 6 до 10	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	2/6	2/9	4/15	5/22	9/36	12/58	18/90	30/150	50/220	80/360	120/580	200/900	300/1500	
	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	4/6	4/6	36, 46	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	2	
св. 10 до 18	0,8/2	1,2/3	1,6/5	2,8/8	3/11	5/18	7/27	10/43	14/70	30/110	40/180	60/270	90/430	140/700	240/1100	360/1800	
	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	4/6	36, 46	36, 46	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	2	
св. 18 до 30	1,2/5	1,4/4	2/6	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52	18/84	30/130	50/210	70/330	120/520	180/640	280/1300	440/2100	
	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	2	2	
св. 30 до 50	1,2/5	1,4/4	2,4/7	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62	20/100	40/160	50/250	80/390	140/620	200/1000	320/1600	500/2500	
	5/6	5/6	5/6	5/6	4/6	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	2	1,2	
св. 50 до 80	1,2/3	1,8/5	2,8/8	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74	30/120	40/190	60/300	100/460	160/740	240/1200	400/1900	600/3000	
	—	5/6	5/6	5/6	4/6	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	2	1,2	
св. 80 до 120	1,6/4	2/6	3/10	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87	30/140	50/220	70/350	120/540	180/870	280/1400	440/2200	700/3500	
	—	5/6	5/6	5/6	4/6	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	2	1,2	
св. 120 до 180	2/5	2,8/8	4/12	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100	40/160	50/250	80/400	140/630	200/1000	320/1600	500/2500	800/4000	
	5/6	5/6	5/6	5/6	5/6	36, 46	36, 46	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	36, 4/6	2	2	1,2	1,2	
св. 180 до 250	2,8/7	4/10	5/14	7/20	8/29	14/46	18/72	30/115	40/185	60/290	100/460	160/720	240/1150	380/1850	600/2900	1000/4600	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	2	1,2	1,2	
св. 250 до 315	3/8	4/12	5/16	8/23	10/52	14/52	20/81	30/130	50/210	70/320	120/520	180/810	260/1300	400/2100	700/3200	1100/5200	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	2	1,2	1,2	
св. 315 до 400	3/9	5/13	6/18	9/25	10/56	16/57	24/89	40/140	50/230	80/360	120/570	180/890	280/1400	460/2300	800/3600	1200/5700	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	2	1,2	1,2	
св. 400 до 500	4/10	5/15	6/20	9/27	12/40	18/63	26/97	40/155	50/250	80/400	140/630	200/970	320/1550	500/2500	800/4000	1400/6300	

Таблица А.1 – Выбор средств измерений внутренних размеров

Номинальные размеры	Классификатор																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
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 свыше 180 до 250 свыше 250 до 315 свыше 315 до 400 свыше 400 до 500	Допускаемая погрешность, мм: допуск, мм. Средств измерения – по таблице А3																
	0,4/1,2	0,8/2	1/3	1,4/4	1,8/6	3/10	3/14	6/25	8/40	12/60	20/100	30/140	50/220	80/400	120/600	200/1000	
	14	14	14	14	14	14	14	12	11,12	11	11	11	11	11	11	11	
	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	1,6/5	2/8	3/12	4/18	8/30	10/48	16/75	30/120	40/180	60/300	100/480	160/750	240/1200	
	13,14	10,13,14	10,13,14	7/9,9д	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,9а	66,9а	66,11	11	11	11	11	11	
	0,6/1,5	1/2,5	1,4/4	2/6	2/9	4/15	5/22	9/36	12/58	18/90	30/150	20/220	80/360	120/580	200/900	300/1500	
	10,13	10,13	10,13	7/9,9д	7/9,9	66,76,9а	66,76,9а	66,76,9а	66,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	2,5а	2,5а	
	0,8/2	1,2/3	1,6/5	2,8/8	3/11	5/18	7/27	10/43	14/70	30/110	50/180	60/270	90/430	140/700	240/1100	380/1800	
	10,113	86,10,13	7/8,8а,9д	76,8а,9б	66,76,9а	66,76,9а	66,76,9а	66,76,9а	66,9а	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	2	2	
	1/2,5	1,4/4	2/6	3/9	4/13	6/21	8/33	12/52	18/84	30/130	50/210	70/330	120/520	180/840	280/1300	440/2100	
10,13	86,10,13	8а,9д	7/8,8а,9б	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	3	2	2	
1/2,5	1,4/4	2,4/7	4/11	5/16	7/25	10/39	16/62	20/100	40/160	50/250	80/390	140/620	200/1000	320/1600	500/2500		
10,13	86,10,13	8а,9д	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,76,96	66,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	5а,11	2	2	1,2	
1,2/3	1,8/5	2,8/8	4/13	5/19	9/30	12/46	18/74	30/120	40/190	60/300	100/460	160/740	240/1200	400/1900	600/3000		
86,10,13	86,10	8а,9д	8а,9б	66,8а,9а	66,8а,9а	66,8а,9а	66,8а,9а	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	4а,5а,11	3	2	1,2	
1,6/4	2/6	3/10	5/15	6/22	10/35	12/54	20/87	30/140	50/220	70/350	120/540	180/870	280/1400	440/2200	700/3500		
86,10,13	86,10	8а,9б	66,8а,9а	66,8а,9а	66,8а,9а	66,8а,9а	66,8а,9а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а	4а,5а,11	4а,5а,11	2	2	1,2	
2/5	2,8/8	4/12	6/18	7/25	12/40	16/63	30/100	40/160	50/250	80/400	140/630	200/1000	320/1600	500/2500	800/4000		
13	86	86	8а	5а,8а,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	3	2	1,2	1,2	
2,8/7	4/10	5/14	7/20	8/29	12/46	18/72	30/115	40/185	60/290	100/460	160/720	240/1150	380/1850	600/2900	1000/4600		
86	86	8а	6а,8а,12	6а,8а,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	6а,11,12	3	2	1,2	1,2	
3/8	4/12	5/16	8/23	10/32	14/52	20/81	30/130	50/210	70/330	120/520	180/810	260/1300	440/2100	700/3200	1100/5200		
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
3/9	5/13	6/18	9/25	10/36	16/57	24/89	40/140	50/230	80/360	120/570	180/890	280/1400	460/2300	800/3600	1200/5700		
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
4/10	5/15	6/20	9/27	12/40	18/63	26/97	40/155	50/250	80/400	140/630	200/970	320/1550	500/2500	800/4000	1400/6300		
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

начала или конца шкалы от их номинальных значений не должны превышать на длине до 300 мм $\pm 0,1$ мм, на длине свыше 300 до 500 мм – $\pm 0,15$ мм и на длине свыше 500 до 1000 мм – $\pm 0,2$ мм. Погрешность измерительных линейек составляет 0,5 мм.

Щупы предназначены для определения величины зазора между двумя поверхностями контактным методом. Щуп представляет собой пластинку определенной толщины с двумя параллельными измерительными плоскостями. Щупы комплектуются в наборы, которых существует четыре номера (толщина щупов ограничена диапазоном 0,2...1 мм) [3].

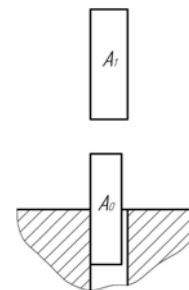


Рисунок 2 – Схема измерения щупами

Схема измерения щупами приведена на рисунке 2. Методом проб из набора щупов подбирают два, один из которых (A_0) входит в зазор или паз с минимальным остаточным зазором, а другой (A_1) или не входит в паз совсем или закусывает у самого края. За действительное значение величины зазора или паза принимается величина, находящаяся между размерами, указанными на двух упомянутых выше щупах.

Плоскопараллельные концевые меры длины (ГОСТ 9038–90) предназначены для точных измерений изделий [4]. В частности, мерами классов 2÷4 можно измерять внутренние размеры (расстояния между плоскими и выпуклыми поверхностями) в пределах от 0,5 до 500 мм.

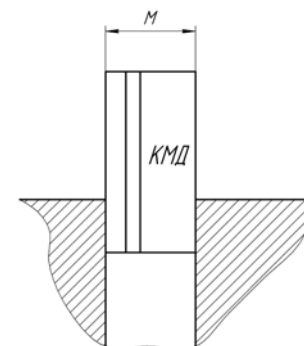


Рисунок 3 – Схема измерения концевыми мерами длины

Схема измерения размера мерами приведена на рисунке 3. Для проведения подобной операции нужно набрать блок мер в соответствии с номинальным размером M . Затем вставить блок между контролируемыми поверхностями, он должен входить легко, но плотно. Если это требование не выполняется, то заменить в блоке отдельные элементы в большую сторону при недостаточной плотности и в меньшую – при излишней плотности до достижения необходимого результата. За результат измерения принимается фактическое значение блока мер.

При измерениях цилиндрических отверстий в совокупности с мерами используются специальные приспособления (державка с радиусными боковинами).

Погрешность измерения плоскопараллельными концевыми мерами

длины составляет от 0,003 до 0,02 мм (в зависимости от класса мер).

Штангенинструменты имеют штангу, на которой нанесена основная шкала с интервалом деления 1 мм, и нониус – вспомогательную шкалу, служащую для точного отсчета долей делений. Устройство штангенинструментов определяется их назначением. Наиболее распространенным видом штангенинструмента является штангенциркуль (рисунок 4).

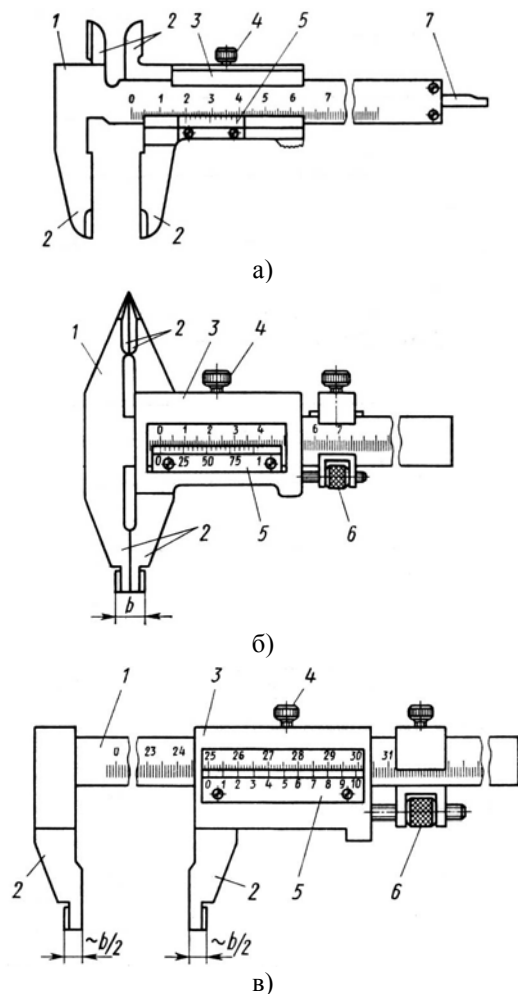


Рисунок 4 – Штангенциркули

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДСТУ 2500–94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми. Чинний від 01.07.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 49 с.
2. ГОСТ 427–75. Линейки измерительные металлические. Технические условия. Введ. 01.01.1977. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 5с.
3. Берков В.И. Технические измерения (альбом): Учеб. пособие для СПТУ /В.И. Берков. – М.: Высш. шк., 1988. – 128 с.
4. ГОСТ 9038–90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. Введ. 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 15 с.
5. ГОСТ 166–89. Штангенциркули. Технические условия. Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 11 с.
6. ГОСТ 162–90. Штангенглубиномеры. Технические условия. Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 10 с.
7. ГОСТ 7470–92. Глубиномеры микрометрические. Технические условия. Введ. 01.01.93 – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 9 с.
8. ГОСТ 10–88. Нутромеры микрометрические. Технические условия. Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.
9. Городецкий Ю.Г. Конструкции, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов /Ю.Г. Городецкий. – М.: Машиностроение, 1971. – 376 с.
10. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений / И.М. Белкин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
11. ГОСТ 8.051–81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 10 с.
12. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник [в 2-х Ч.]. – 8-е изд., перераб. и доп. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – СПб.: Изд-во «Политехника», 2001. – Ч.1. – 576с., Ч.2. – 608 с.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие размеры называются внутренними?
2. Как выбрать универсальное средство измерения внутреннего диаметра цилиндрического отверстия?
3. Как выбрать универсальное средство измерения глубины канавки или паза?
4. Каким образом производится измерение внутреннего размера при помощи щупов и плоскопараллельных концевых мер длины?
5. Как измерить внутренний размер с использованием штангенинструментов?
6. Привести схемы измерения внутренних размеров при помощи микрометрических приборов.
7. Дать описание принципа действия пневматических ротаметрических длиномеров.
8. Какие особенности имеет конструкция пневматических пробок, предназначенных для измерения глухих отверстий?
9. Классификация и назначение нутромеров. Методы измерения данными приборами.
10. К какой группе приборов относятся индикаторные нутромеры? Описать принцип действия индикаторного нутромера типа НИ.
11. Какие типы индикаторов используются в качестве отсчетных устройств у индикаторных нутромеров? Привести их технические характеристики.
12. Технические характеристики и принцип действия микрометрических нутромеров.

Штангенциркули по ГОСТ 166-89 выпускаются следующих трех типов: ШЦ-I – с двусторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин (рисунок 4,а), величина отсчета по нониусу составляет 0,1 мм; ШЦ-II – с двусторонним расположением губок, для измерения и для разметки (рисунок 4,б), величина отсчета по нониусу составляет 0,05 или 0,1 мм и ШЦ-III – с односторонними губками для наружных и внутренних измерений (рисунок 4,в) с величиной отсчета по нониусу 0,05 мм или 0,1 мм [5].

Основными частями штангенциркулей являются: штанга 1, измерительные губки 2, рамка 3, зажим рамки 4, нониус 5, микрометрическая подача 6 и линейка глубиномера 7 (только у штангенциркуля ШЦ-I).

Измерения внутренних размеров ими можно производить в пределах 0-1600 мм с погрешностью, определяемой ценой деления шкалы нониуса. Схема измерения штангенциркулями приведена на рисунке 5.

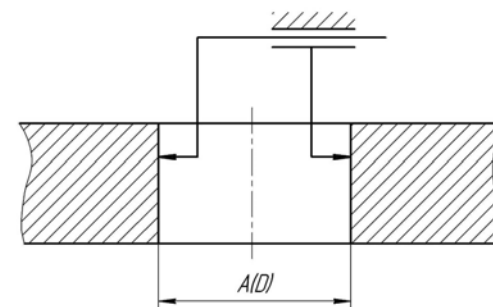


Рисунок 5 – Схема измерения внутренних размеров штангенциркулями

Для измерения необходимо ввести измерительные губки прибора внутрь измеряемого изделия, раздвинуть губки до получения нужного измерительного контакта с изделием, закрепить рамку на штанге стопорным винтом и снять отсчет.

Результат измерения $A(D)$ определяется по шкале с округлением до цены деления нониуса.

При измерении деталей штангенциркулями типа ШЦ-II и ШЦ-III необходимо для определения размера к величине отсчета прибавить размер толщины губок b (обычно 10 мм), который маркируется на их боковой поверхности и определяет наименьший внутренний размер, который может быть проверен этим штангенциркулем.

Штангенглубиномеры типа ШГ (ГОСТ 162-90) предназначены для измерения глубин до 500 мм с величиной отсчета по нониусу 0,1 мм [6]. Схема измерения глубин пазов, канавок, отверстий, высот уступов приведена на рисунке 6.

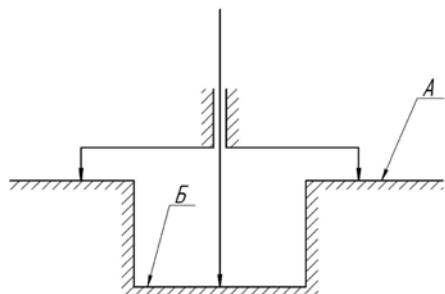


Рисунок 6 – Схема измерения глубин

При измерении необходимо рамку глубиномера установить на поверхность А перпендикулярно к ней и смещать штангу до упора в поверхность Б. За результат измерений принимаются показания по основной шкале и нониусу с округлением до цены деления нониуса. Погрешность измерений глубиномером данного типа составляет не более 0,15 мм.

В машиностроении для измерений внутренних размеров широко применяют **микрометрические инструменты** общего назначения. К ним относятся микрометрические глубиномеры и нутромеры.

Микрометрические глубиномеры МГ (ГОСТ 7470–92) применяются для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов [7]. Они состоят из основания 4 с запрессованным в нем стеблем 3, микрометрического винта с измерительным стержнем 6, барабана 2, колпачка с трещоткой 1 и стопора 5 (рисунок 7). Устройство узла глубиномера аналогично устройству микрометра (цена деления 0,01 мм).

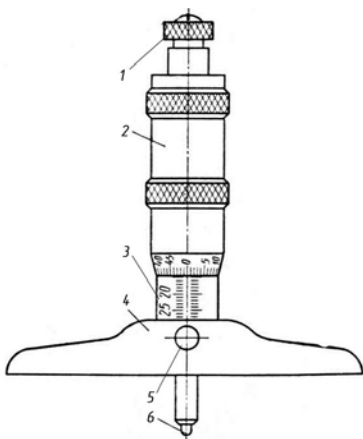


Рисунок 7 – Микрометрический глубиномер

нулевого деления с продольным штрихом и закрепить. Проверить правильность установки.

2. Технические характеристики средства измерения занести в таблицу 7.

Таблица 7 – Технические характеристики средства измерения

Наименование прибора	
Пределы измерения, мм	
Цена деления, мкм	
Погрешность, мкм	

3. Измерить диаметр отверстия штангенциркулем и привернуть к микрометрической головке необходимые удлинители.

Данные о детали занести в таблицу 8.

Таблица 8 – Данные о детали

Наименование детали	
Номинальный размер, мм	
Основное отклонение, мкм	
Предельные отклонения, мкм	
Величина допуска, мкм	

4. Ввести нутромер в проверяемое отверстие и произвести пятикратное измерение, поворачивая деталь на определенный угол. При измерениях, покачивая нутромер, установить его по диаметру, выбирая максимальное показание. Результаты измерений занести в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты измерений

Измерение	Показания прибора, мм
1	
2	
3	
4	
5	
среднее	

В отчете привести схему измерения внутреннего размера детали нутромером, а также эскиз детали с простановкой всех необходимых размеров.

5. Построить схему расположения поля допуска и в выводах сделать заключение о годности измеряемой детали.

ник микрометрического винта с вставкой из твердого сплава. Для фиксации установленного размера служит стопор 6. На скошенной части барабана нанесено 50 делений (цена деления барабана 0,01 мм). На наружной цилиндрической поверхности корпуса (стебля) нанесены деления, равные шагу микро-винта 0,5 мм. По этой шкале отсчитываются целые обороты микровинта 7.

В резьбу муфты 5 ввинчиваются удлинители (рисунок 13,б) или защитный наконечник (рисунок 13,в), служащие для увеличения предела измерения.

Удлинитель состоит из стального стержня со сферическими измерительными поверхностями, заключенного в металлическую трубку с резьбовыми муфтами по концам. Обе измерительные поверхности стержня не выступают за торцы муфт, что исключает возможность их повреждения. Наружная трубка увеличивает жесткость удлинителя и препятствует нагреву стержня руками контролера. При свинчивании удлинителя с микрометрической головкой их измерительные наконечники соприкасаются под постоянным усилием, создаваемым пружиной удлинителя. Удлинители размером 300 мм и более имеют теплоизоляционные втулки. На свободный конец удлинителя может быть навинчен другой удлинитель и т. д. до получения требуемого предела измерения. Удлинители следует соединять в порядке убывания размеров, располагая на конце защитный наконечник, а микрометрическую головку присоединять к свободному концу самого большого удлинителя. При расположении малых удлинителей в середине набора увеличивается искривление оси набора удлинителей, что приводит к увеличению погрешностей измерений.

При измерении с поверхностью отверстия соприкасаются только измерительные наконечники микрометрической головки и защитного наконечника, оснащенные твердым сплавом. Износ этих наконечников компенсируется при установке микрометрической головки вместе с защитным наконечником по установочной мере размером 75 мм (рисунок 13,г).

Порядок выполнения работы.

1. Проверить установку микрометрической головки на нуль. Для этого при помощи винта прикрепить в вертикальном положении установочную скобу размером 75 мм к торцу коробки от прибора. Привернуть наконечник к микрометрической головке, отпустить стопорный винт 6 (см. рисунок 13). Нутромер ввести между поверхностями скобы и, вращая микровинт, добиться контакта с мерительными плоскостями скобы. Слегка покачивая прибор, отыскать кратчайшее расстояние. Закрепить стопорный винт. Если нулевое деление барабана не совпадает с продольным штрихом, то, отпустив контргайку 1, освободить барабан 8 (при отвертывании гайки микрометрическую головку следует держать только за барабан), а затем повернуть барабан до совпадения

Сменные измерительные стержни 6 позволяют производить измерения глубин по схеме, показанной на рисунке 6, в пределах 0–150 мм. Измерительная поверхность стержней – сферическая, они плотно вставляются в отверстие диаметром 4,5...0,025 мм в торце микровинта. Установка глубиномера на нулевой отсчет производится по прилагаемым к нему цилиндрическим (с отверстием) установочным мерам размером 25 и 75 мм, погрешности которых не должны превышать ± 1 и $\pm 1,5$ мкм соответственно. Оцифровка шкал стебля и барабана производится в обратном направлении по сравнению с микрометрами. Суммарная погрешность глубиномера в интервале 0–25 мм не должна превышать ± 5 мкм.

Микрометрические нутромеры типа НМ (ГОСТ 10–88) выпускаются с пределами измерения 50–75; 75–175; 75–600; 150–1250; 800–2500; 1250–4000; 2500–6000 и 4000–10000 мм и предназначены для измерения внутренних диаметров цилиндрических отверстий методом непосредственной оценки [8].

Микрометрические головки для нутромеров с верхним пределом до 600 мм имеют диапазон измерения по шкале 13 мм, а свыше 600 мм – 25 мм. При измерении микрометрическими нутромерами погрешности от центрирования и перекоса нутромера в отверстии достигают 0,01...0,02 мм каждая.

Допустимые погрешности микрометрических нутромеров от ± 6 мкм для интервала размеров 50–125 мм, до ± 180 мкм для интервала 9000–10000 мм.

Конструкция, принцип действия и процесс измерения диаметров отверстий микрометрическим нутромером будет рассмотрен в лабораторной работе №2.

Индикаторные нутромеры и глубиномеры относятся к группе рычажно-механических приборов.

Индикаторные нутромеры с ценой деления 0,01 мм (тип НИ) выпускаются для измерения размеров от 6 до 1000 мм, а с ценой деления 0,001 мм – для измерения размеров от 3 до 10 мм [9]. Они измеряют только методом сравнения и требуют предварительной установки на размер по аттестованному кольцу или блоку мер.

Основные характеристики индикаторных нутромеров с ценой деления 0,01 мм указаны в таблице 1.

Погрешности измерений могут быть несколько уменьшены в случае установки на нутромере измерительных головок типа ИГ с ценой деления 0,001 или 0,002 мм.

Для измерения отверстий малых диаметров выпускаются нутромеры повышенной точности, оснащаемые рычажно-зубчатыми головками типа ИГ с ценой деления 0,001 или 0,002 мм (таблица 2). В этих нутромерах вместо рычажной передачи используется клиновья.

Таблица 1 – Основные характеристики индикаторных нутромеров с ценой деления 0,01 мм

Пределы измерения нутромеров, мм	6-10	10-18	18-35	35-50	50-100	100-160	160-250	250-450	450-700 и 700-1000
Глубина измерения, мм, не менее	100	130	135	150	200	300	400	500	-
Наименьшее перемещение измерительного стержня, мм	0,6	0,8	1,5		4			6	8
Измерительное усилие, Н	2,5...4,5				4...7	5...9			
Усилие центрирующего мостика, Н	5...8,5				7,5...12	9,5...16			
Погрешность показаний в пределах всего перемещения измерительного стержня в мм	0,012		0,015		0,02		0,025		

Таблица 2 – Основные характеристики нутромеров с ценой деления 0,001 и 0,002 мм

Параметры	Модели нутромеров			
	103	104	105	109
Цена деления, мм	0,001	0,001	0,002	0,002
Пределы измерения нутромеров, мм	3–6	6–10	10–18	18–50
Глубина измерения наибольшая, мм	20	30	50	140
Погрешности показаний:				
с отсчетным устройством	0,003	0,003	0,005	0,005
без отсчетного устройства	0,0025	0,0025	0,004	0,004
Погрешность центрирования	0,001	0,001	0,002	0,002

Конструкция, принцип действия и процесс измерения диаметров отверстий индикаторным нутромером будет рассмотрен в лабораторной работе №1.

Индикаторные глубиномеры ГИ (ISO 9002) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов. Пределы измерения со-

Определить погрешность профиля продольного сечения (конусообразность, седлообразность или бочкообразность) и изобразить ее графически.

8. Построить схему расположения поля допуска и сделать заключение о годности детали (в выводе).

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКИМ НУТРОМЕРОМ

Микрометрический нутромер служит для измерения внутренних размеров. Прибор состоит из микрометрической головки, наконечника и сменных удлинителей.

Микрометрическая головка (рисунок 13,а) нутромера состоит из корпуса 3, в который запрессован измерительный наконечник 4. В корпус ввинчивается микрометрический винт 7, соединенный с барабаном 8 конической гайкой 2 и контргайкой 1 [9].

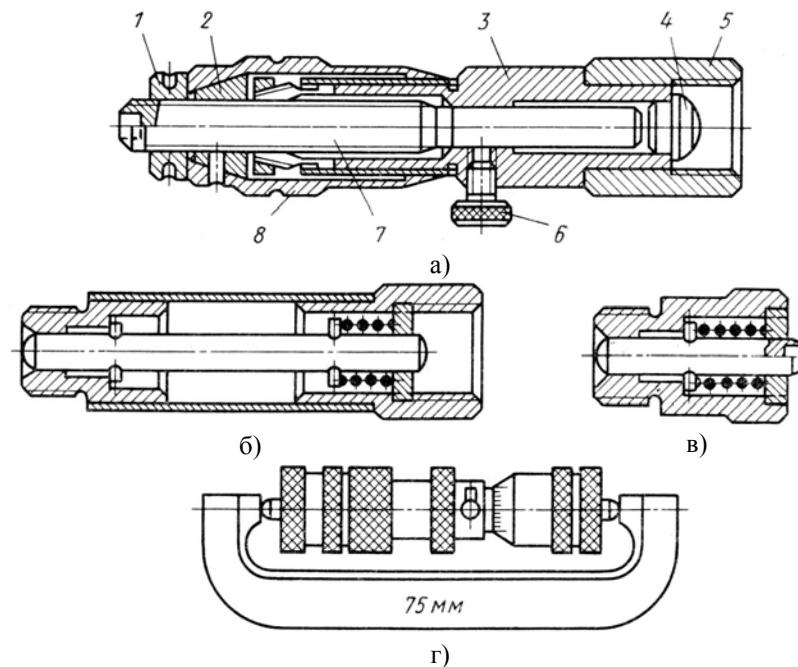


Рисунок 13 – Микрометрический нутромер

Сквозь гайку наружу выступает сферический измерительный наконеч-

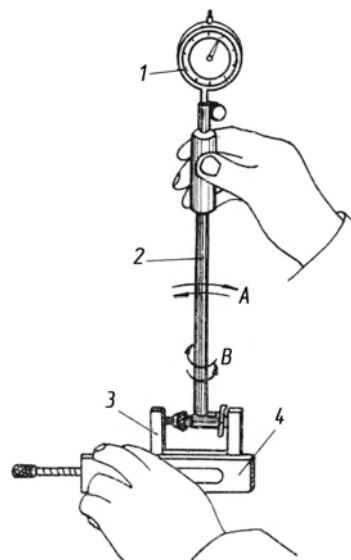


Рисунок 12 – Настройка индикаторного нутромера:

1 – отсчетное устройство; 2 – нутромер;
3 – боковичок; 4 – трубка

6. Измерить диаметр отверстия детали. Для этого наклонить нутромер относительно отверстия в сторону центрирующего мостика, ввести его в этом положении в измеряемое отверстие, а затем расположить ось трубки нутромера параллельно оси отверстия. Покачивая прибор, найти положение, соответствующее наименьшему показанию индикатора. Произвести отсчет. Следует иметь в виду, что отклонение стрелки от нуля "по часовой стрелке" указывает на уменьшение размера. Измерение выполнить в трех различных сечениях (по торцам детали и посередине), в каждом сечении измерить деталь два раза, поворачивая ее на угол 90° .

Результаты измерений занести в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты измерений

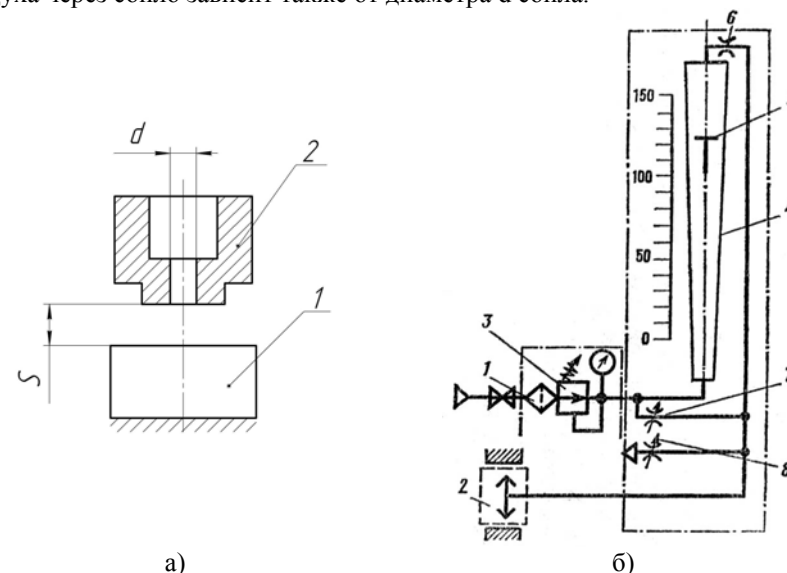
Измерение	Показания прибора, мм		
	I сечение	II сечение	III сечение
1			
2			
среднее			

7. Рассчитать действительные размеры отверстия в каждом сечении.

ставляют от 0 до 100 мм, что обеспечивается индикатором с пределами измерения 0-10 мм и десятью сменными измерительными стержнями, имеющими разницу в размерах 10 мм [9]. Они также измеряют методом сравнения с мерой и настраиваются по блокам плоскопараллельных концевых мер длины. Погрешность таких приборов составляет 0,015 мм.

К группе **оптико-механических приборов** для измерения внутренних размеров деталей относятся: оптиметры и длиномеры горизонтальные; измерительные машины с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм; микроскопы инструментальные (большая и малая модель); микроскопы универсальные измерительные при использовании штриховой головки.

Пневматические длиномеры относятся к группе пневматических приборов. Их принцип действия основан на использовании зависимости между расходом воздуха через отверстие заданного размера и зазор, образуемый поверхностью изделия и торцом выходного отверстия (измерительного сопла) [10]. С увеличением размера изделия 1 (рисунок 8,а) зазор S уменьшается, следовательно, снижается расход воздуха через сопло 2 диаметром d . Расход воздуха через сопло зависит также от диаметра d сопла.



а)

б)

Рисунок 8 – Пневматический длиномер:

а) схема измерения; б) принципиальная схема
длинномера ротаметрического типа

Пневматические длиномеры подразделяют на приборы высокого давления (ротаметрического типа) и низкого давления (манометрического типа).

Рабочее давление воздуха ротаметрических длиномеров составляет 0,05...0,4 МПа, а манометрических длиномеров – 5 кПа.

Основным элементом пневматического длиномера высокого давления (рисунок 8,б) является ротаметр, представляющий собой коническую стеклянную трубку 4, расширяющуюся кверху. В трубке находится поплавков 5, который при поступлении сжатого воздуха снизу трубки поднимается в ней и удерживается в динамическом равновесии. С увеличением расхода воздуха высота подъема поплавка возрастает. Перед поступлением в трубку ротаметра воздух из сети фильтруется в фильтре 1, а затем проходит через стабилизатор 3. Воздух, пройдя через коническую трубку и постоянный дроссель 6, смешивается с воздухом, отведенным мимо трубки 4 ротаметра через вентиль 7 параллельного пропуск воздуха. Основной поток воздуха поступает к измерительной оснастке (пневматическая пробка 2). Часть воздуха через вентиль 8 выбрасывается в окружающую среду. Вентили 7 и 8 предназначены для изменения положения поплавка в конической трубке при неизменном значении рабочего давления и постоянных параметрах измерительной оснастки. Перед измерениями длиномер с оснасткой настраивают на размер по двум установочным кольцам, размеры которых должны соответствовать предельным размерам контролируемого отверстия. После настройки длиномера вводят пневматическую пробку 2 в контролируемое отверстие и снимают отсчет показаний по шкале длиномера.

Пневматические пробки выпускаются для отверстий диаметром от 3 до 160 мм (рисунок 9) [10].

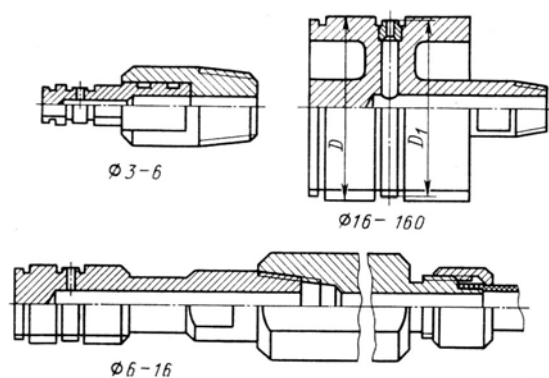


Рисунок 9 – Пневматические пробки

Стандартизованы три типа пробок для сквозных и три типа для глухих отверстий: диаметром от 3 до 6 мм – с переходной втулкой, свыше 6 до 16 мм – цельные и свыше 16 до 160 мм – со вставными запрессованными на

Таблица 4 – Технические характеристики средства измерения

Наименование прибора	
Пределы измерения, мм	
Глубина измерения, мм	
Наибольшее перемещение измерительного стержня, мм	
Измерительное усилие, Н	
Погрешность, мкм	

Таблица 5 – Технические характеристики отсчетного устройства

Наименование прибора	
Пределы измерения, мм	
Цена деления, мм	
Количество шкал	
Измерительное усилие, Н	
Погрешность, мкм	

В отчете привести схему измерения и эскиз детали с простановкой всех необходимых размеров.

3. Подобрать сменный штифт и сменные шайбы так, чтобы их суммарный размер (согласно маркировке) отличался от размера, определенного штангенциркулем, не более чем на 0,5...1 мм, и установить их во втулку 9 (см. рисунок 10). Для этого отвинтить гайку 10, вставить сменный штифт с предварительно одетыми на него сменными шайбами и закрепить их гайкой.

Установить в гнездо рычажной трубки индикатор так, чтобы при этом большая стрелка повернулась примерно на 1 оборот. В этом положении закрепить индикатор винтом.

4. В зависимости от требуемого размера (номинального или измеренного штангенциркулем) отверстия набрать блок плоскопараллельных концевых мер длины, притереть к ним боковички 3 и зажать их в струбцину 4, тем самым, собрав приспособление для настройки прибора (рисунок 12).

5. Настроить индикаторный нутромер на нуль. Для этого поместить мерительные наконечники индикаторного нутромера 2 между боковичками, покачивая нутромер по стрелке А и поворачивая его по стрелке В (см. рисунок 12), найти положение, при котором показание индикатора будет наименьшим. В этом положении повернуть наружный ободок индикатора до совмещения нулевого деления с большой стрелкой.

Индикатор имеет цилиндрический корпус 17, в который запрессованы втулка 11 и гильза 13. Измерительный стержень 1 перемещается в точных направляющих втулках. На стержне нарезана зубчатая рейка, зацепляющаяся с трибом 7. На одной оси с ним посажено зубчатое колесо 8, передающее вращение трибу 6, на оси которого закреплена основная стрелка 9. На оси триба 7 насажена стрелка указателя числа оборотов основной стрелки. С трибом 6 зацепляется также зубчатое колесо 15, на ось которого напрессована втулка с пружинным волоском 16. Волосок создает натяг во всех зубчатых зацеплениях индикатора, заставляя их работать одной стороной профиля зуба, устраняя тем самым влияние зазоров в зацеплении на показания индикатора.

Измерительное усилие создается пружиной 14. Шпонка 12 с большим вылетом исключает возможность поворота измерительного стержня. Ободок 2 с циферблатом 4, стеклом 5 и крепящим стекло пружинным кольцом 3 установлен по скользящей посадке на цилиндрической выточке корпуса и закреплен пружинным кольцом 10. Ободок вместе с циферблатом может повертываться с целью установки индикатора на нуль при настройке его на размер.

Один оборот большой стрелки соответствует перемещению измерительного наконечника на 1 мм. Шкала у большой стрелки имеет 100 делений, ее цена деления равна 0,01 мм. Целые миллиметры отсчитываются малой стрелкой.

Основными источниками погрешностей при измерении индикаторными нутромерами являются погрешности центрирования и перекося нутромера в отверстии, погрешности установки на размер и температурные погрешности (при измерении больших диаметров).

Порядок выполнения работы.

1. Измерить штангенциркулем диаметр отверстия, если не указан номинальный размер измеряемой детали.

2. Данные об измеряемой детали занести в таблицу 3, а технические характеристики средства измерения (нутромера) и отсчетного устройства (индикатора) – в таблицы 4 и 5 соответственно.

Таблица 3 – Данные о детали

Наименование детали	
Номинальный размер, мм	
Основное отклонение	
Допуск на изготовление, мкм	
Предельные размеры, мм	

клею соплами. Пробки для глухих отверстий отличаются отсутствием передней направляющей части, благодаря чему измерительные сопла располагаются у переднего торца пробки и позволяют проверять глухое отверстие почти до самого дна. Все пробки герметично соединяются с ручкой на конической резьбе. Отверстия измерительных сопел выполняются по шестому квалитету с отклонениями основного отверстия. Отклонение формы отверстия у торца не должно превышать половины допуска.

3. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВНУТРЕННИХ РАЗМЕРОВ

Средства измерения внутренних размеров выбирают с учетом большого числа факторов: метрологических, формы, размеров и конструктивных особенностей деталей, а также экономических показателей, объема производства и т.п. В первую очередь необходим анализ основных метрологических показателей: цены деления шкалы, диапазона измерения и особенно предела допустимой погрешности измерительного средства и т. п.

На основании анализа чертежа контролируемой детали по известному значению номинального размера и допуску можно найти предел допускаемой погрешности измерения $\delta_{изм}$ (ГОСТ 8.051-81) [11]. Погрешность измерительного средства принимается на 20-50% меньше $\delta_{изм}$. Температурный режим, условия эксплуатации, положение прибора при измерении и т. п. должны соответствовать паспортным данным выбранных средств.

На основании [12] предложена упрощенная методика выбора средств измерения внутренних размеров, которая может быть рекомендована в производственных условиях. В таблицах А1, А2 приложения А указаны диапазоны номинальных размеров и квалитеты, в виде дроби – допуск на изготовление (знаменатель) и допускаемая погрешность измерения (числитель). Номерами и буквами указаны измерительные средства и варианты их использования, при которых погрешность измерений не превышает допускаемые значения. Номенклатура средств измерения внутренних диаметров, глубин и уступов приведена в таблицах А3 и А4 соответственно.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗМЕРЕНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ ИНДИКАТОРНЫМ НУТРОМЕРОМ

Индикаторный нутромер представляет собой сочетание индикатора с рычажной трубкой [3,9]. На рисунке 10 показана конструкция индикаторного нутромера типа НИ для измерения отверстий диаметром свыше 18 мм. В корпусе 12 нутромера закреплена втулка 9, в которую ввернут регулируемый неподвижный измерительный стержень (пятка) 11, закрепляемый после уста-

новки на размер гайкой 10. В направляющей другого конца втулки помещен измерительный стержень 14, перемещение которого через рычаг 8, вращающийся на оси, и стержень 7 передается индикатору 1. Измерительные контакты рычага образуются запрессованными в него шариками 13. Измерительное усилие создается совместным действием индикатора и пружины 2. Стержень 7 заключен в трубку 6, на которую надевается теплоизоляционная втулка 3.

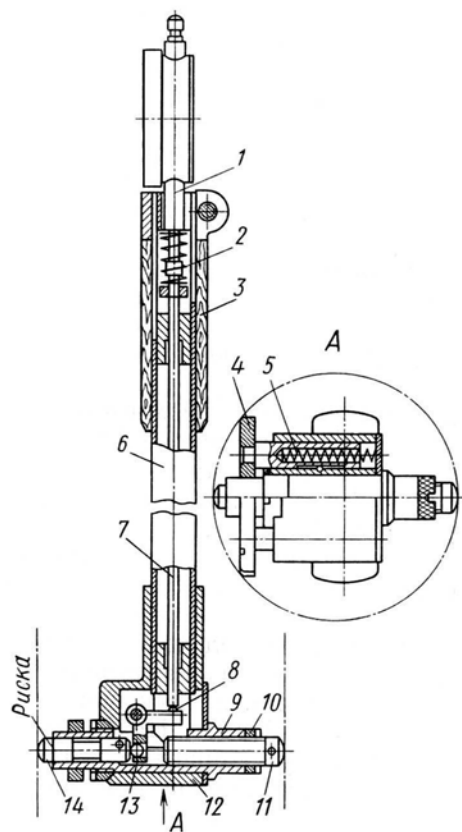


Рисунок 10 – Индикаторный нутромер НИ

В отверстия корпуса нутромера вставлены направляющие стержни центрирующего мостика 4. Действием пружин 5 мостик в свободном состоянии выдвигается вперед до упора в винт-ограничитель.

При введении нутромера в проверяемое отверстие центрирующий мостик, прижимаемый пружинами к поверхности отверстия, устанавливает ли-

нию измерения в плоскости осевого сечения. Для определения отклонения диаметра достаточно покачать нутромер в плоскости осевого сечения отверстия: наибольшее показание индикатора будет соответствовать диаметру отверстия. При установке на размер измерительная пятка вывинчивается настолько, чтобы кольцевая риска на измерительном стержне расположилась приблизительно в плоскости торца втулки. При этом условии плечи рычага располагаются перпендикулярно осям стержней 14 и 7, что обеспечивает минимальные погрешности передаточного отношения рычага.

В комплект каждого нутромера входит набор сменных измерительных штифтов и шайб, применяемых в соответствии с измеряемым диаметром. Размеры сменных штифтов обычно отличаются друг от друга на 5...10 мм, размеры сменных шайб равны 0,5; 1; 2 и 3 мм.

Отсчетным устройством является индикатор часового типа.

Индикаторы часового типа являются измерительными головками с зубчатой передачей. Индикаторы с ценой деления 0,01 мм выпускаются с пределами измерения 0–5 или 0–10 мм при диаметре корпуса 60 мм и с пределами измерения 0–2 и 0–3 мм при диаметре корпуса 42 мм (малогабаритные индикаторы) [9].

Принципиальная схема и устройство индикатора показаны на рисунке 11.

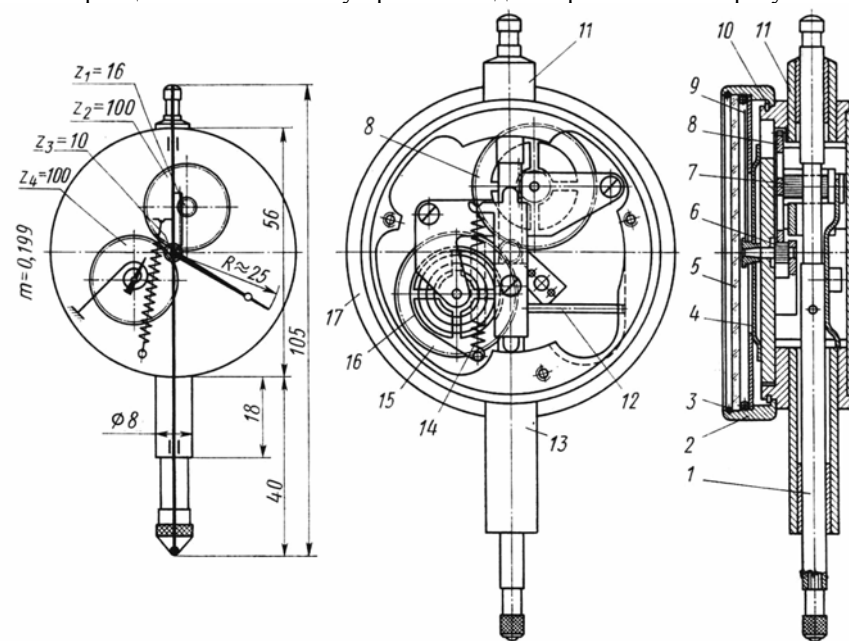


Рисунок 11 – Индикатор часового типа