

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
АВТНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
«ТЕХНИКУМ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИМЕНИ АЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬЕВИЧА ВОСКРЕСЕНСКОГО»

**Практические работы**

по общепрофессиональной дисциплине ОП.21 «Технические измерения (нормирование точности)»

специальность 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники;

Разработал:  
мастер производственного обучения

Н.Ф. Сатликов

Ижевск, 2024

## **Правила выполнения практических работ**

1. Прежде чем приступить к выполнению задания, прочтите рекомендации по работе с данным пособием.
2. Ознакомьтесь с перечнем рекомендуемой литературы.
3. Повторите теоретический материал, относящийся к теме работы.
4. Закончив выполнение практической работы, Вы должны сдать результат преподавателю.
5. Если возникнут затруднения в процессе работы, обратитесь к преподавателю.
6. Практические работы выполняются индивидуально каждым студентом.
7. Оценка практических работ учитывает полноту ответов на поставленные задания и сроки сдачи работы.
8. В случае несвоевременного выполнения практических работ, конечный срок сдачи работы устанавливается предпоследней неделей семестра. В противном случае студент будет не допущен к итоговой аттестации по дисциплине.

## Практическая работа №1

**Тема:** «Определение предельных размеров и допуска. Выполнение схематического изображения поля допуска. Определение годности размера.»

### Цель занятия:

1. Получить практические навыки определения предельных размеров и допуска на размер по заданному номинальному размеру и предельным отклонениям
2. Научиться определять годность размера

### Краткие теоритические сведения:

#### 1.4. Единая система допусков и посадок

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов, допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. ЕСДП разработана в соответствии с требованиями стандартов и рекомендаций ИСО.

ЕСДП распространяется на допуски размеров и посадки гладких цилиндрических соединений (ГЦС) и соединений с плоскими параллельными поверхностями, а также на линейные размеры.

ЕСДП охватывает номинальные размеры до 40000 мм. Исключение составляют те материалы и способы обработки, для которых допуски установлены в отдельных стандартах, например: отливки, поковки, детали из дерева, пластмасс и др.

Установленные ЕСДП допуски и отклонения относятся к деталям, размеры которых определены при  $t^0 = 20^0 \text{C}$ , которая считается нормальной температурой.

#### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ДОПУСКАМ И ПОСАДКАМ

В процессе проектирования деталей на чертежах проставляют номинальные размеры и предельные отклонения размеров или условные обозначения допусков.

Например, диаметр вала имеет размер 80 мм. Для определенного вида посадки выбрано поле допуска g6 с отклонениями: верхним  $es = -0,01$  мм и нижним  $ei = -0,029$  мм. Обозначение на чертеже будет иметь вид  $\varnothing 80g6$  или  $\varnothing 80_{-0,029}^{-0,01}$ .

Номинальный размер отверстия обозначают латинской прописной буквой  $D$ , а номинальный размер вала – латинской строчной буквой  $d$  (рис 2.1).

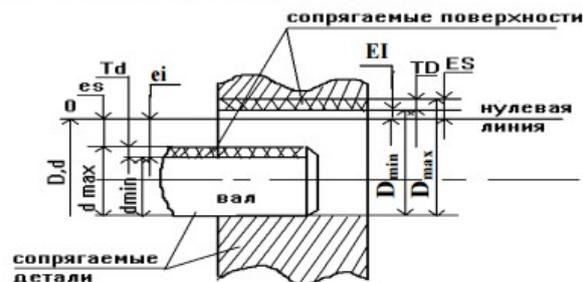


Рис. 2.1. Основные параметры соединения вала с втулкой

Термины «отверстие» и «вал» являются условными и применяют их для обозначения, соответственно, внутренних (охватывающих) и наружных (охватываемых) цилиндрических и плоских параллельных поверхностей.

В случае, когда две детали, элементы которых (вал и отверстие) входят друг в друга, образуя соединения, такие детали называются сопрягаемыми, а поверхности соединяемых элементов – сопрягаемыми поверхностями (рис. 2.1).

Поверхности тех элементов деталей, которые не входят в соединение с поверхностями других деталей, называются несопрягаемыми поверхностями.

В соединении двух деталей за номинальный размер сопряжения принимают общий размер для вала и отверстия  $d$ ,  $D$ , являющийся началом отсчета отклонений.

Таблица 2.1

Номинальный размер выбирают из ряда нормальных линейных размеров по ГОСТ6636-69\* (табл. 2.1), в котором предусмотрены четыре основных ряда нормальных размеров, представляющих собой геометрические прогрессии со знаменателями:

– для рядов

$$R5 \rightarrow \varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6; \quad (2.1)$$

$$R10 \rightarrow \varphi = \sqrt[10]{10} \approx 1,25; \quad (2.2)$$

$$R20 \rightarrow \varphi = \sqrt[20]{10} \approx 1,12; \quad (2.3)$$

$$R40 \rightarrow \varphi = \sqrt[40]{10} \approx 1,06 \quad (2.4)$$

и один ряд дополнительных размеров (табл. 2.2)

$$R80 \rightarrow \varphi \sqrt[80]{10} \approx 1,03. \quad (2.5)$$

При выборе номинальных размеров следует предпочитать ряды с большим знаменателем прогрессии, т.е. R5 предпочтительнее R10, R10 предпочтительнее R20 и т.д.

В процессе изготовления, практически невозможно получить деталь с номинальными размерами из-за многих факторов (например, жесткости системы: станок, приспособление, инструмент, (деталь), влияющих на процесс изготовления. Поэтому размеры обработанной детали отличаются от заданного номинального размера.

Полученные измерением размеры обработанной детали с допустимой погрешностью называются действительными размерами, которые должны быть ограничены двумя предельными размерами (рис. 2.1): наибольшим ( $D_{\max}, d_{\max}$ ) и наименьшим ( $D_{\min}, d_{\min}$ ).

Деталь является годной, если её действительный размер отвечает условию:

$$D_{\min} < D_{\text{изм}} < D_{\max} \text{ – для отверстия}; \quad (2.6)$$

$$d_{\min} < d_{\text{изм}} < d_{\max} \text{ – для вала}. \quad (2.7)$$

Алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами называется действительным отклонением. Разность может быть положительной, если действительный размер больше номинального, и отрицательной, если действительный размер меньше номинального.

Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Одно из предельных отклонений называется верхним, а другое – нижним.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами  $ES, es$ .

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами  $EI, ei$ .

Ряды нормальных линейных размеров, мм (от 0,10 до 10000 мм)

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
0,10	0,10	0,10	0,100 0,105 0,110 0,115	1,6	1,6	1,6	1,6 1,7 1,8 1,9
	0,12	0,12	0,12 0,13 0,14 0,15		2,0	2,0	2,0 2,1 2,2 2,4
0,16	0,16	0,16	0,16 0,17 0,18 0,19	2,5	2,5	2,5	2,5 2,6 2,8 3,0
	0,2	0,2	0,20 0,21 0,22 0,24		3,2	3,2	3,2 3,4 3,6 3,8
0,25	0,25	0,25	0,25 0,26 0,28 0,30	4,0	4,0	4,0	4,0 4,2 4,5 4,8
	0,32	0,32	0,32 0,34 0,36 0,38		5,0	5,0	5,0 5,3 5,6 6,0
0,40	0,40	0,40	0,40 0,42 0,45 0,48	6,3	6,3	6,3	6,3 6,7 7,1 7,5
	0,50	0,50	0,50 0,53 0,56 0,60		8,0	8,0	8,0 8,5 9,0 9,5
0,63	0,63	0,63	0,63 0,67 0,71 0,75	10	10	10	10 10,5 11 11,5
	0,80	0,80	0,80 0,85 0,90 0,95		12	12	12 13 14 15
1,0	1,0	1,0	1,0 1,05 1,1 1,15	16	16	16	16 17 18 19
	1,2	1,2	1,2 1,3 1,4 1,5		20		20 21 22 24

Продолжение табл. 2.1

<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>
25	25	25	25	400	400	400	400
		28	28			450	450
	32	32	32		500	500	500
		36	36			560	560
			38				600
40	40	40	40	630	630	630	630
		45	45			710	710
	50	50	50		800	800	800
		56	56			900	900
			60				950
63	63	63	63	1000	1000	1000	1000
		71	67			1120	1060
			71				1120
			75				1180
	80	80	80		1250	1250	1250
			85				1320
		90	90			1400	1400
			95				1500
100	100	100	100	1600	1600	1600	1600
		110	105			1800	1700
			110				1800
			120				1900
	125	125	125		2000	2000	2000
			130				2120
		140	140			2240	2240
			150				2360
160	160	160	160	2500	2500	2500	2500
		180	170			2800	2650
			180				2800
			190				3000
	200	200	200		3150	3150	3150
			210				3350
		220	220			3550	3550
			240				3750
250	250	250	250	4000	4000	4000	4000
		280	260			4500	4250
			280				4500
			300				4750
	320	320	320		5000	5000	5000
			340				5300
		360	360			5600	5600
			380				6000

Окончание табл. 2.1.

<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>
6300	6300	6300	6300		8000	8000	8000
			6700				8500
		7100	7100			9000	9000
			7500				9500

Примечания:  
1. Числа, составляющие ряды линейных размеров, округлены.  
2. Ряды номинальных размеров не распространяются на технологические межоперационные размеры, диаметры подшипников качения и резьб.

Таким образом, верхние и нижние отклонения определяются по формулам:

– для отверстий

$$ES = D_{\max} - D; \quad (2.8)$$

$$EI = D_{\min} - D. \quad (2.9)$$

– для валов

$$es = d_{\max} - d; \quad (2.10)$$

$$ei = d_{\min} - d. \quad (2.11)$$

**Основное отклонение** – одно из двух отклонений, верхнее или нижнее, и используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. Обычно, это ближайшее к нулевой линии отклонение (табл. 2.3, 2.4).

**Нулевая линия** – линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладывают отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок.

При горизонтальном расположении нулевой линии положительные отклонения откладываются вверх, а отрицательные – вниз.

При вертикальном расположении положительные отклонения откладываются слева, а отрицательные – справа.

Основной вал  $h$  – вал, верхнее отклонение которого равно нулю,  $es = 0$ .

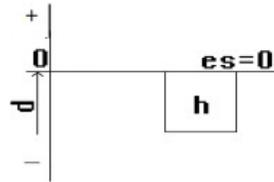


Рис. 2.2. Схема расположения поля допуска основного вала

Основное отверстие  $H$  – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю,  $EI = 0$ .

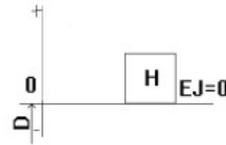


Рис. 2.3. Схема расположения поля допуска основного отверстия

Допуск  $T$  – разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями того или иного параметра. Допуск  $T$  размера – абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

$TD$  – допуск размера отверстия рассчитывается по формуле:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} \text{ или } TD = ES - EI. \quad (2.12)$$

$Td$  – допуск размера вала рассчитывается по формуле:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} \text{ или } Td = es - ei. \quad (2.13)$$

Поле допуска – это поле, ограниченное наибольшим и наименьшим размерами и определяемое значением допуска и его положением относительно номинального размера.

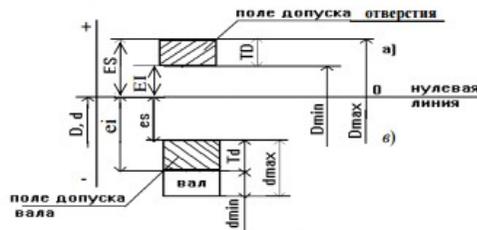


Рис. 2.4. Графическое изображение полей допусков отверстия  $a$  и вала  $b$

При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии (рис. 2.4).

ГОСТ 25346-89 установлено 27 полей допусков и основных отклонений для валов и столько же полей допусков и отклонений для отверстий. Каждому полю допуска соответствует одно основное отклонение, верхнее или нижнее (рис. 2.5,  $a, b$ ).

Поля допусков обозначают одной или двумя буквами латинского алфавита, вала – строчными буквами от  $a$  до  $zc$  (рис. 2.5,  $b$ ), а отверстия – прописными буквами от  $A$  до  $ZC$  (рис. 2.5,  $c$ ).

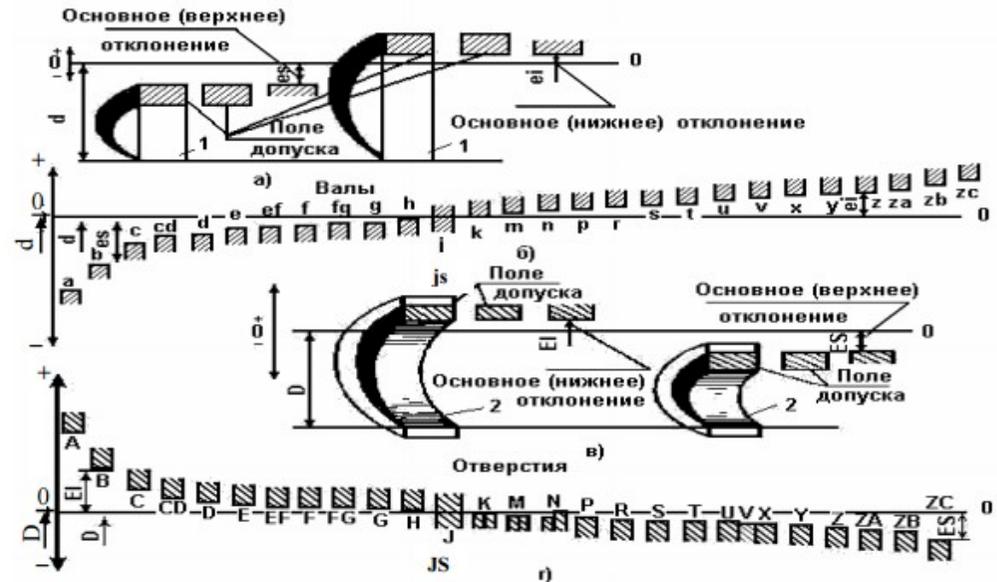
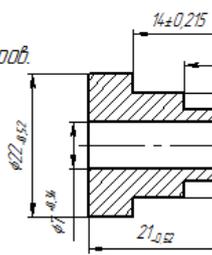


Рис. 2.5. Положения полей допусков валов (основные отклонения)  $a, b$  и отверстий  $c, z$ :  
 $d (D)$  – номинальный размер вала (отверстия);  
 $1$  – вал;  $2$  – отверстие

## Критерии оценки

Практическое занятие №1  
вариант 1

1. Определить предельные размеры детали.  
Изобразить графически поля допусков размеров.



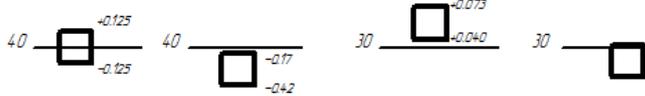
1. Исполнение графической части задания 14 и
  2. Аккуратность выполнения записей 7 баллов
  3. Не допущено грамматических ошибок оформления 7 баллов
  4. Правильно определены предельные размеры
  5. Правильно выполнены схемы полей допусков
- Итого за 1 задание: 42 балла

2. Дать заключение о годности размеров:

Номинальный размер	Действительный размер	Заключение о годности
$\phi 22_{-0,52}$	$\phi 21,8$	
$\phi 7_{-0,36}$	$\phi 7,4$	
$\phi 11_{0,43}$	$\phi 10,9$	
$\phi 16_{-0,43}$	$\phi 15,95$	
$14 \pm 0,215$	14,2	
$6 \pm 0,15$	5,8	
$21_{0,52}$	20,58	

1. Аккуратность исполнения графической части
  2. Не допущено грамматических ошибок 9 бал.
  3. Правильно выполнено заключение о годности
- Итого за 2 задание: 26 баллов

3. Записать номинальный размер, предельные отклонения и определить по графическому изображению поля допусков размеров.

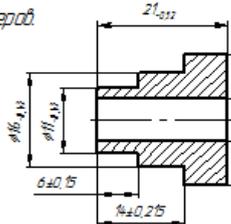


1. Не допущены грамматические ошибки оформления 8 баллов
  2. Правильно определены предельные отклонения 16 балла
  3. Правильно определен допуск 8 балла
- Итого за 3 задание: 32 балла

Оценка по 5-балльной шкале	«5»	«4»	«3»	
Оценка по 100-балльной шкале	91-100	81-90	71-80	
Вербальная оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	

## Критерии оценки

1. Определить предельные размеры детали.  
Изобразить графически поля допусков размеров.



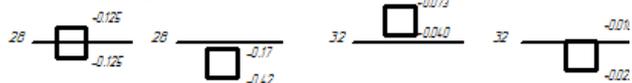
2. Дать заключение о годности размеров:

Номинальный размер	Действительный размер	Заключение о годности
$\phi 22_{-0.52}$	$\phi 22,05$	
$\phi 7_{+0.36}$	$\phi 7,6$	
$\phi 11_{+0.13}$	$\phi 10,95$	
$\phi 16_{+0.13}$	$\phi 16,05$	
$14_{\pm 0,215}$	14,3	
$6_{\pm 0,15}$	5,75	
$21_{-0,52}$	21,15	

1. Исполнение графической части задания 14 и
  2. Аккуратность выполнения записей 7 баллов
  3. Не допущено грамматических ошибок оформления 7 баллов
  4. Правильно определены предельные размеры
  5. Правильно выполнены схемы полей допусков
- Итого за 1 задание: 42 баллов

1. Аккуратность исполнения графической части
  2. Не допущено грамматических ошибок 9 балл
  3. Правильно выполнено заключение о годности
- Итого за 2 задание: 26 баллов

3. Записать номинальный размер, предельные отклонения и определить по графическому изображению поля допусков размеров.



1. Не допущены грамматические ошибки оформления 8 баллов
  2. Правильно определены предельные отклонения 16 балла
  3. Правильно определен допуск 8 балла
- Итого за 3 задание: 32 балла

Оценка по 5-балльной шкале	«5»	«4»	«3»	
Оценка по 100-балльной шкале	91-100	81-90	71-80	
Вербальная оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	

## Практическая работа №2

**Тема:** Определение предельных отклонений размеров по таблицам ЕСДП

**Цель занятия:** Получить практические навыки определения предельных отклонений размеров

**Краткие теоретические сведения:**

### 4. КВАЛИТЕТЫ

Градация допусков в системе ЕСДП устанавливается в виде набора степеней или классов точности, под которыми понимается совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Степени точности (квалитеты) обычно обозначают числами – порядковыми номерами.

В ЕСДП установлено 20 квалитетов, обозначаемых порядковым номером 01, 0, 1, 2, 3 и т.д. до 18. Наивысшей точности соответствует квалитет 01, а наименьшей – 18-й квалитет (табл. 4.1).

Допуск квалитета условно обозначается латинскими прописными буквами *IT* и номером квалитета, например, *IT7* – допуск 7<sup>го</sup> квалитета. Допуски квалитета 5...18 считают по формуле:

$$ITg = ai, \quad (4.1)$$

где *g* – номер квалитета; *a* – безразмерный коэффициент, установленный для данного квалитета и не зависящий от номинального размера (табл. 4.2); *i* – единица допуска (мкм) – множитель, зависящий от номинального размера и подсчитываемый для размеров от 1 до 500 мм по формуле:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D, \quad (4.2)$$

где *D* – среднее геометрическое граничных значений интервала номинальных размеров, вычисляемое по формуле:

$$D = \sqrt{D_{\min} \cdot D_{\max}}, \quad (4.3)$$

где *D* min, *D* max – наименьшее и наибольшее граничные значения интервала номинальных размеров, мм (табл. 4.3).

### 5. ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

Поле допуска образуется сочетанием основного отклонения (характеристика расположения) и квалитета (характеристика допуска). Поле допуска вала или отверстия обозначают после номинального размера буквой основного отклонения и номером квалитета. Например,  $\varnothing 50H7$ ,  $\varnothing 50g6$  и т. п., означает, в первом случае, отверстие диаметром 50 мм 7<sup>го</sup> квалитета с основным отклонением *H*, т.е. основное отверстие в системе отверстия. В случае  $\varnothing 50g6$ , диаметр вала 50 мм 6-го квалитета с основным отклонением *g*, т.е. вал посадки с зазором в системе отверстия.

## 6. ГЛАДКИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Гладкие цилиндрические соединения образуются, например, при соединении двух деталей типа вал и втулка. Обеспечение взаимозаменяемости гладких цилиндрических деталей, а также выбор характера их соединения и качества ( посадки) регламентируется ЕСДП.

В основе выбора качества лежат методы подбора, аналогов или расчётный. В общих чертах можно указать на следующее применение качественных методов.

**4-й и 5-й качества.** Применяются сравнительно редко, в особо точных соединениях, требующих высокой однородности зазора или натяга. Например: точные шпиндельные и приборные подшипники в корпусах и на валах, высокоточные зубчатые колёса на валах и оправах, плавающий поршневой палец в бобышках поршня и в шатунной головке и т.п. Если по условиям сборки и эксплуатации соединения нет необходимости в обеспечении полной взаимозаменяемости его деталей, то вместо посадок 4 – 5-го качественных методов прибегают к селективной сборке, применяя более грубые допуски на изготовление деталей. В отдельных случаях, при наивысших требованиях к однородности соединения, допуски 4 – 5-го качественных методов также оказываются недостаточными для обеспечения полной взаимозаменяемости, и требуется дополнительная сортировка деталей перед сборкой (плунжерные пары, посадки подшипников качения наивысшей точности и т. п.).

**6-й и 7-й качества.** Применяются для ответственных соединений в механизмах, где к посадкам предъявляются высокие требования в отношении определённости зазоров и натягов для обеспечения механической прочности деталей, точных перемещений, плавного хода, герметичности соединения и других служебных функций, а также для обеспечения точной сборки деталей. Примеры: подшипники качения нормальной точности в корпусах и на валах, зубчатые колёса высокой и средней точности на валах, обычные переходные посадки и посадки с натягами средней величины, подшипники жидкостного трения, соединения деталей гидравлической и пневматической аппаратуры, подвижные соединения в кривошипно-шатунном механизме ответственных двигателей внутреннего сгорания и т.п.

**8-й и 9-й качества.** Применяются для посадок, обеспечивающих выполнение деталями определённых служебных функций (передачу усилий, перемещения и др.) при относительно меньших требованиях к однородности зазоров или натягов и для посадок, обеспечивающих среднюю точность сборки. Например: сопрягаемые поверхности в посадках с большими натягами, отверстия в переходных посадках пониженной точности, посадки с зазорами для компенсации значительной погрешности формы и расположения сопрягаемых поверхностей, опоры быстровращающихся валов средней точности, опоры скольжения средней точности в условиях полужидкостного трения и др. Эти качества имеют преимущественное применение для относительно точных соединений в тракторно-, аппарато- и приборостроении и особо ответственных узлов сельскохозяйственных машин.

**10-й качество.** Применяют в посадках с зазором в тех же случаях, что и 9-й, если для удешевления обработки деталей необходимо расширить допуск, а условия сборки или эксплуатации допускают некоторое увеличение колебания зазоров в соединениях.

**11-й и 12-й качества.** Применяются в соединениях, где необходимы большие зазоры и допустимы их значительные колебания (грубая сборка). Эти качества распространены в неответственных соединениях машин (крышки, фланцы, дистанционные кольца и т.п.), в узлах аппаратов сельскохозяйственных машин, в соединениях штамповых деталей и деталей из пластмасс и др.

Выбор качественных методов для различных размеров деталей во многих случаях определяется соответствующим решением размерных цепей, в состав которых входят длины, толщины, уступы, глубины впадин и другие размеры.

Большое значение имеют также вопросы, касающиеся состояния оборудования, на котором предполагается изготовление деталей, и технологического процесса обработки, осо-

бенно для последней операции, которая должна обеспечить заданный допуск размера детали. Ниже приводятся сведения по методам обработки, которые позволяют получить различные качества при средней экономической точности:

**– 4... 5 – для вала; 5...6 – для отверстия**

Шлифование круглое тонкое; прошивание тонкое (6–7); развальцовывание тонкое (5–6); полирование тонкое; притирка тонкая; доводка средняя (5–6), тонкая; хонингование цилиндров (6–7); лаппингование тонкое; суперфиниширование; анодно-механическое шлифование притирочное (5–6), отделочное.

**– 6...7 – для вала, 7...8 – для отверстия**

Обтачивание или растачивание тонкое (алмазное); чистовое (6–9); развёртывание чистовое, тонкое (6–7); протягивание чистовое, отделочное; шлифование круглое чистовое; шлифование плоское чистовое, тонкое; прошивание чистовое (7–9); калибрование отверстий шариком или оправкой после растачивания или развёртывания; обкатывание или раскатывание роликами или шариками (6–9); развальцовывание чистовое; притирка чистовая; полирование обычное; доводка грубая; хонингование плоскостей; лаппингование предварительное и среднее; анодно-механическое шлифование черновое (6–9), чистовое; электрополирование декоративное (6–9); электромеханическое точение обычное (6–9), чистовое; электромеханическое сглаживание; холодная штамповка в вырубных штампах – контурные размеры плоских деталей при зачистке и калибровке.

**– 8...9 – для вала, 9 – для отверстия**

Строгание тонкое (7...8); фрезерование тонкое (7); обтачивание поперечной подачей тонкое (8–11); развёртывание получистовое (9–10), для чугуна 8; протягивание получистовое; шабрение тонкое; слесарная опиловка (9–11); зачистка наждачным полотном – после резца и фрезы (9–11); шлифование круглое получистовое (8–11); калибрование отверстий шариком или оправкой – после сверления; холодная штамповка в вытяжных штампах – полые детали простых форм по высоте (9–12); холодная штамповка в вырубных штампах – контурные размеры плоских деталей при зачистке; горячая объёмная штамповка без калибровки (9–11).

**– 10 квалитет**

Зенкерование чистовое (10–11); холодная штамповка в вытяжных штампах – полые детали простых форм по диаметру (10–11). См. также методы обработки для 9-го квалитета (возможные пределы колебания квалитетов).

**– 11 квалитет**

Строгание чистовое (11–13), 10; фрезерование чистовое (10); фрезерование скоростное чистовое (11–13); обтачивание поперечной подачей чистовое (11–13); обтачивание скоростное; подрезка торцов (11–13); сверление по кондуктору (11–13); шабрение грубое; анодно-механическое разрезание заготовки обычное (11–13), специальное; электроконтактное разрезание листов (11–13); литьё по выплавляемым моделям – мелкие детали из чёрных металлов (11–13); холодная штамповка в вытяжных штампах – глубокая вытяжка полых деталей простых форм; холодная штамповка плоских деталей при пробивке. См. также методы обработки для 9 и 10-го квалитетов (возможные пределы колебания квалитетов).

**– 12...13 квалитеты** – строгание черновое (12–14); долбление чистовое; фрезерование черновое (12–14), обтачивание продольной подачей получистовое (12–14); сверление без кондуктора (12–14); рассверливание (12–14); зенкерование черновое, по корке (12–15); растачива-

ние полуступенчатое (12–14); литьё в оболочковые формы – детали из чёрных металлов (12–14); холодная штамповка в вырубных штампах – контурные размеры плоских деталей при вырубке; отрезка абразивом (12–15).

– **14...17 квалитеты** – автоматическая газовая резка (15–17); отрезка ножницами и пилами (15–17); отрезка резцом и фрезой (14–16); долбление черновое (14–15); обтачивание продольной подачей обдирочное (15–17); обтачивание поперечной подачей обдирочное (16–17), полуступенчатое (14–15); растачивание черновое (15–17); литьё в песчаные формы – черные металлы (14–16); литьё в песчаные формы (большие допуски) – цветные сплавы (16–17); литьё в кокиль – чёрные металлы (14–16), цветные сплавы (большие допуски 14–16); литьё по выплавляемым моделям – цветные сплавы при размерах деталей 30 – 500 мм (14–15); литьё в оболочковые формы (большие допуски) – цветные сплавы (14–15); центробежное литьё (15); горячая ковка в штампах (14–17); горячая вырубка и пробивка (14–16); сварка (16–17).

В гладких цилиндрических соединениях возможно применение любых отклонений полей допусков для создания необходимого характера сопряжения. При номинальных размерах от 1 до 500 мм поля допусков должны соответствовать указанным в табл. 6.1. и 6.2. В первую очередь следует применять предпочтительные поля допусков, выделенные жирным шрифтом. Для общего применения ГОСТ 25347-82 устанавливает рекомендуемые посадки в системе отверстия и в системе вала (табл. 6.3... 6.4). Предпочтительно применение системы отверстия. При конструктивном или экономическом обосновании применяется система вала, например, при посадке наружного кольца подшипника в корпус, или, если необходимо, получить различные посадки нескольких деталей с отверстиями на одном гладком валу. При номинальных размерах от 1 до 3150 мм в точных квалитетах 6 и 7 по технологическим соображениям в посадках поле допуска отверстия рекомендуется назначать на один квалитет грубее, чем поле допуска вала, например  $\varnothing 10 \frac{H7}{g6}$ ;  $\varnothing 150 \frac{H7}{k6}$ .

Кроме посадок, указанных в табл. 6.3, в технически обоснованных случаях допускаются другие посадки, образованные из полей допусков по ЕСДП и по возможности относящиеся к системе отверстия или системе вала. При неодинаковых допусках отверстия и вала в посадке больший допуск должен быть у отверстия, и допуски отверстия и вала не должны отличаться более, чем на два квалитета. Выбор и назначение посадок осуществляют на основе расчетов с учетом опыта эксплуатации подобных соединений. Некоторые примеры применения предпочтительных посадок ЕСДП при номинальных размерах от 1 до 500 мм приведены ниже.

**Ход работы:**

1. Записать тему и цель работы
2. Выполнить эскиз чертежа-задания согласно варианту (№ п/п по списку в журнале) см. Приложение 1
3. Начертить и заполнить табл.1:  
 Записать в столбец1 все линейные размеры с чертежа-задания  
 Записать в столбец 2 верхнее и нижнее предельное отклонение (значение отклонений выбираем из таблицы ЕСДП, см.Приложение 2)  
 Определить по формулам ( $d_{max}=d_n+es$ ,  $d_{min}=d_n+ei$  – «для валов»,  $D_{max}=D_n+ES$ ,  $D_{min}=D_n+EI$  – «для отверстий») и записать в столбец 3 наибольший и наименьший предельные размеры.  
 Определить допуск на размер по формулам ( $T_d=es-ei$ ,  $TD=ES-EI$  – для «валов» и для «отверстий» соответственно).  
 Столбцы 5,6,7,8,9 – в данной практической работе не заполняются!!!

Таблица 1 Результаты вычислений

Размер по чертежу	Верхнее и нижнее	Наибольший и наименьший предельный	Допуск	Допустимая погрешность измерения	Предельная погрешность измерения	Измерительный инструмент (усл. обозначение, диапазон)	Действительный размер	Заключение о годности
1	2	3	4	5	6	7	8	9
∅70h14	0 -0.52	70.0 69.48	0.52	Не заполняется!!!				

**Критерии оценки:**

1. Аккуратность заполнения таблицы – 20 баллов
2. Правильность заполнения столбца 1 – 1 балл за каждый размер
3. Правильность заполнения столбца 2 – 1 балл за каждый размер
4. Правильность заполнения столбца 3 – 1 балл за каждый размер
5. Правильность заполнения столбца 4 – 1 балл за каждый размер

Оценка по 5-балльной шкале	«5»	«4»	«3»	«2»
Оценка по 100-балльной шкале	91-100	81-90	71-80	Менее 70
Вербальная оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	Неудовлетворительно

6. Правильность заполнения столбца 5 – 1 балл за каждый размер





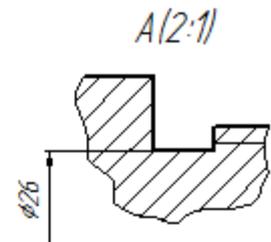
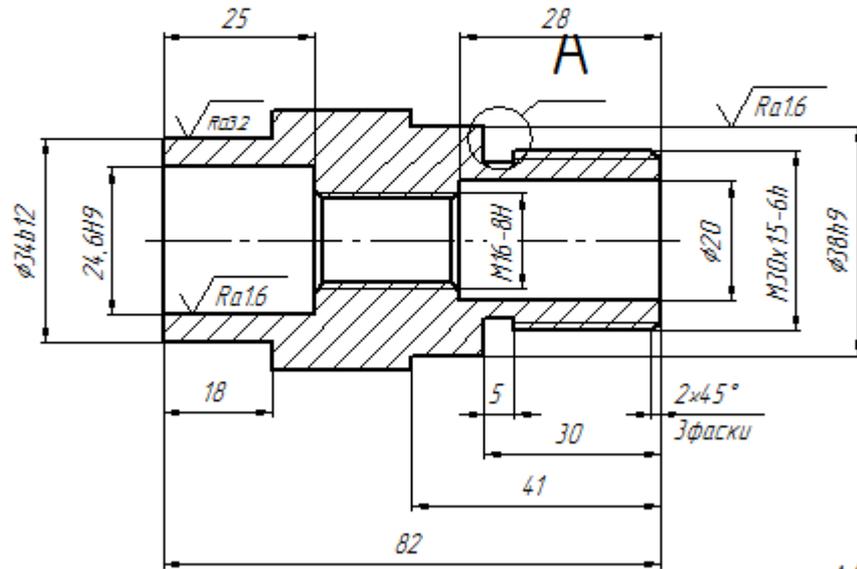


ε шнандог

$\sqrt{Ra6.3}$  ( $\checkmark$ )

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № авто.

Взам. инд. №

1. Неуказанные предельные отклонения размеров:  $H14$ ,  $h14$ ,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
2. Острые кромки притупить.

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Сатликов Н.Ф.		03.04.15
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

Вариант 3

Втулка

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

гр.

Контракт

Документ



## Практическая работа № 3

**Тема:** Определение предельных натягов или зазоров в соединениях деталей

**Цель занятия:** Научиться определять тип посадки, рассчитывать величину зазоров или натягов в соединениях деталей и определять систему посадки в заданном соединении.

**Краткие теоретические сведения:**

### Посадки

При соединении двух деталей образуется посадка.

Посадкой называется, характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов.

Взаимное расположение полей допусков отверстия и вала определяет тип посадки: с зазором, натягом и переходные.

Посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (т.е. когда поле допуска отверстия (рис. 2.6, б) расположено над полем допуска вала,  $D_{\min} \geq d_{\max}$ ), называется посадкой с зазором.

Зазор  $S$  – разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала (рис. 2.6, а).

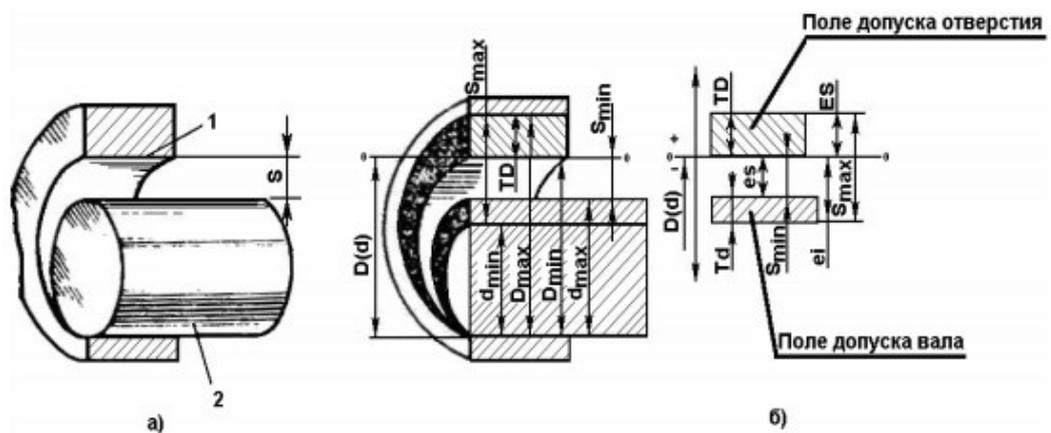


Рис. 2.6. Соединение вала 2 и отверстия 1 с зазором  $S$ (а); поля допусков посадки с зазором (б)

**Переходная посадка** – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (т.е. когда поля допусков отверстия и вала (рис. 2.8) перекрываются частично или полностью).

**Поле допуска посадки** – это поле, заключенное между двумя линиями, соответствующими разности между наибольшим и наименьшим допускаемыми зазорами или натягами, определяется по формулам:

$$\text{с зазором} - TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td, \quad (2.20)$$

$$\text{с натягом} - TN = N_{\max} - N_{\min} = TD + Td. \quad (2.21)$$

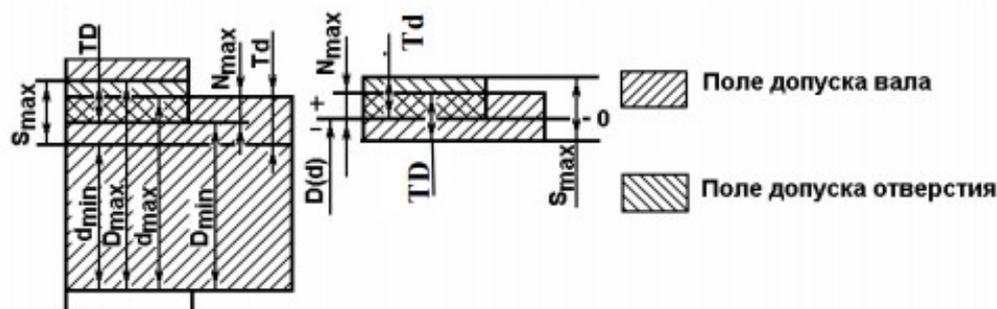


Рис. 2.8. Поля допусков переходной посадки

В переходных посадках допуск посадки определяется как сумма наибольшего натяга и зазора, взятых по абсолютному значению:

$$T(SN) = N_{\max} + S_{\max} = TD + Td. \quad (2.22)$$

### 3. СИСТЕМА ОТВЕРСТИЯ И СИСТЕМА ВАЛА

Различают посадки в системе отверстия и системе вала.

Посадками в системе отверстия называют посадки, в которых зазоры и натяги получаются соединением различных по размеру валов (например, поля допусков  $f_6$ ,  $h_6$ ,  $js_6$ ,  $n_6$ ,  $s_6$ ) с основным отверстием  $H$ , у которого нижнее отклонение  $EI = 0$ , а верхнее отклонение  $ES$  – допуску основного отверстия со знаком “плюс” (рис. 3.1).

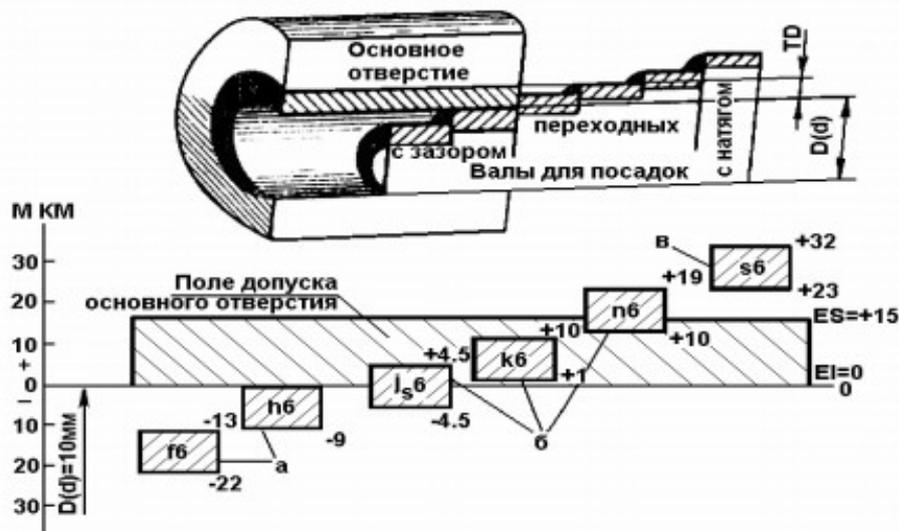


Рис. 3.1. Расположение полей допусков основного отверстия  $H$  и валов в системе отверстия для посадок:

В системе отверстия поля допусков валов ( $f6, h6$ ) для посадок с зазором расположены ниже нулевой линии, т.е. под полем допуска основного отверстия  $H$  (рис. 3.1, а).

Для посадок с натягом поля допусков валов ( $s6$ ) расположены выше поля допуска основного отверстия  $H$  (рис. 3.1, в). В переходных посадках поля допусков валов ( $js6, k6, n6$ ) перекрывают полностью ( $k6$ ) или частично ( $js6, n6$ ) поле допуска основного отверстия  $H$  (рис. 3.1, б). Посадками в системе вала называют посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных по размеру отверстий (например, поля допусков  $F7, JS7, N7, S7$ ) с основным валом  $h$ , у которого верхнее отклонение  $es = 0$ , а нижнее отклонение  $ei$  – допуску основного вала со знаком “минус” (рис. 3.2).

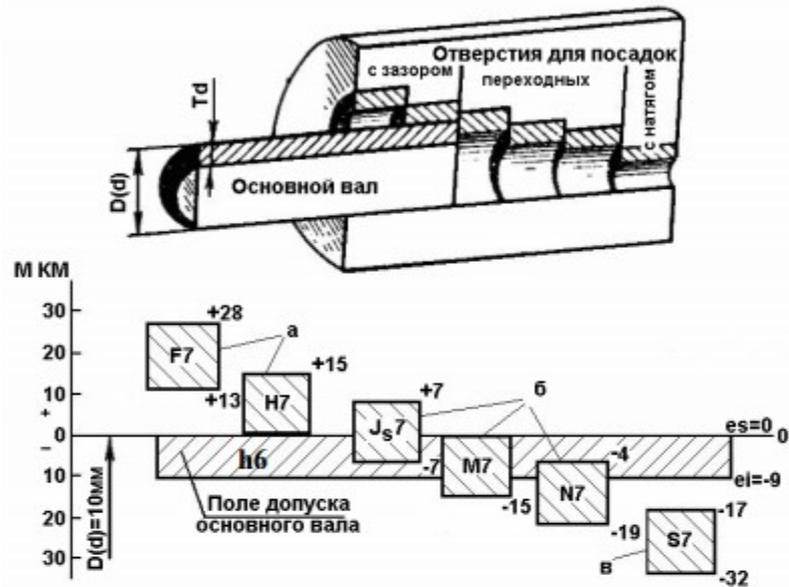


Рис. 3.2. Расположение полей допусков основного вала “h” и отверстий в системе вала для посадок:  
а – с зазором; б – переходных; в – с натягом

В системе вала поля допусков отверстий ( $F7$ ) для посадок с зазором расположены выше нулевой линии, т.е. над полем допуска основного вала  $h$  (рис. 3.2, а). Для посадок с натягом поля допусков отверстий ( $S7$ ) расположены ниже поля допуска основного вала  $h$  (рис. 3.2, в). В переходных посадках поля допусков отверстий ( $JS7, M7, N7$ ) перекрываются полностью ( $M7$ ) или частично ( $JS7, N7$ ) полем допуска основного вала  $h$  (рис. 3.2, б). Посадки в системе отверстия  $H$  предпочтительнее посадок в системе вала  $h$ , т.к. более точный вал изготовить легче, чем точное отверстие.

## 6.1. Примеры расчета посадок гладких цилиндрических соединений

Для расчета посадок необходимо определить их характеристики: предельные размеры зазоров  $S_{\max}$ ,  $S_{\min}$  или натягов  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  или максимальных зазоров и натягов (переходные посадки), а также их допуски ( $TS$ ,  $TN$ ,  $TSN$ ).

### 6.1.1. Пример расчёта посадки с зазором $\varnothing 100 \frac{H7}{q6}$

По табл. 6.5–6.7 найдем верхние и нижние предельные отклонения для отверстия и вала.

$$\varnothing 100H7 \begin{matrix} ES=0,035; \\ EJ=0. \end{matrix}$$

$$\varnothing 100g6 \begin{matrix} es=-0,012; \\ ei=-0,034. \end{matrix}$$

Определяем максимальные и минимальные предельные размеры отверстия и вала, применяя формулы (2.8–2.11).

$$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,035 = 100,035 \text{ (мм)};$$

$$D_{\min} = D + EJ = 100 + 0 = 100 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max} = d + es = 100 + (-0,012) = 99,988 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 + (-0,034) = 99,966 \text{ (мм)}.$$

Находим значение допуска отверстия и вала используя формулы (2.12–2.13).

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EJ = 0,035 - 0 = 0,035 \text{ (мм)};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = -0,012 - (-0,034) = 0,022 \text{ (мм)}.$$

Наибольший, наименьший и средний зазоры определяем используя формулы (2.14–2.16).

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = 0,035 - (-0,034) = 0,069 \text{ (мм)};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EJ - es = 0 - (-0,012) = 0,012 \text{ (мм)};$$

$$S_m = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{2} = \frac{0,069 - 0,012}{2} = 0,0285 \text{ (мм)}.$$

Допуск посадки определяем используя формулу (2.20).

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = TD + Td = 0,035 + 0,022 = 0,057 \text{ (мм)}.$$

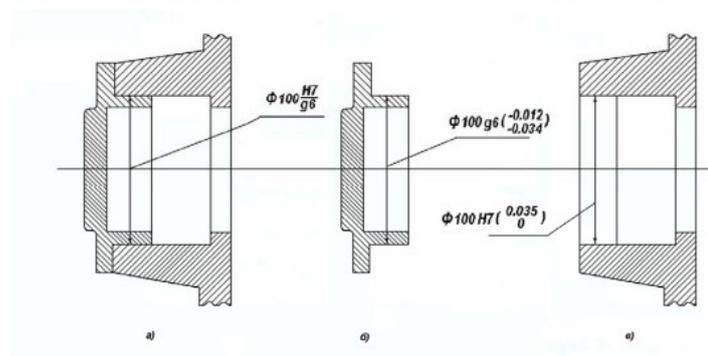


Рис. 6.1. Обозначение посадки крышки в корпус (а) и полей допусков с отклонениями соединяемых поверхностей крышки (б) и отверстия в корпусе (в)

### 6.1.2. Пример расчета посадки с натягом

$\varnothing 100 \frac{H7}{p6}$  (рис. 6.3)

$\varnothing 100H7 \begin{matrix} ES = 0,035 \\ EJ = 0 \end{matrix}$

$\varnothing 100p6 \begin{matrix} es = 0,059 \\ ei = 0,037 \end{matrix}$

$$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,035 = 100,035 \text{ (мм)}$$

$$D_{\min} = D + EJ = 100 + 0 = 100 \text{ (мм)}$$

$$d_{\max} = d + es = 100 + 0,059 = 100,059 \text{ (мм)}$$

$$d_{\min} = d + ei = 100 + 0,037 = 100,037 \text{ (мм)}$$

Используя формулы (2.12–2.13), определяем  $TD$ ,  $Td$ :

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EJ = 0,035 - 0 = 0,035 \text{ (мм)};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 0,059 - 0,037 = 0,022 \text{ (мм)}.$$

Значения  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  и  $N_m$  определяем по формулам (2.17–2.19).

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EJ = 0,059 - 0 = 0,059 \text{ (мм)};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES = 0,037 - 0,035 = 0,002 \text{ (мм)};$$

$$N_m = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{0,059 + 0,02}{2} = 0,0305 \text{ (мм)}.$$

По формуле (2.21) определяем допуск посадки

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = TD - Td = 0,035 + 0,022 = 0,0571 \text{ (мм)}.$$

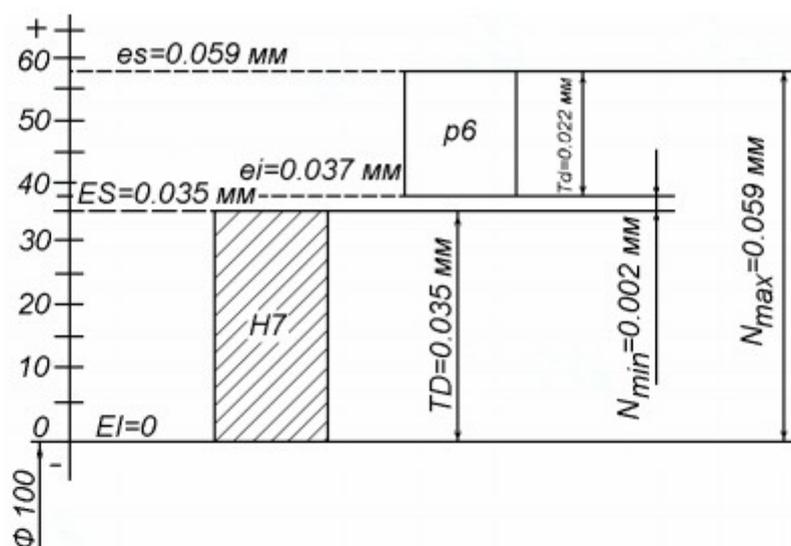


Рис. 6.3. Схема расположения полей допусков для посадки с натягом

### 6.1.3. Пример расчета переходной посадки

$\varnothing 100 \frac{H7}{r6}$  (рис. 6.4)

$\varnothing 100H7$   $ES = 0,035 \text{ мм}$ ;  
 $EJ = 0$

$\varnothing 100r6$   $es = 0,025$ ;  
 $ei = 0,003$ ;

$D_{\max} = D + ES = 100 + 0,035 = 100,035 \text{ (мм)}$ ;

$D_{\min} = D + EJ = 100 + 0 = 100 \text{ (мм)}$ ;

$d_{\max} = d + es = 100 + 0,025 = 100,025 \text{ (мм)}$ ;

$d_{\min} = d + ei = 100 + 0,003 = 100,003 \text{ (мм)}$ .

Определяем  $TD$ ,  $Td$  по формулам (2.12–2.13).

$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EJ = 0,035 - 0 = 0,035 \text{ (мм)}$ ;

$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 0,025 - 0,003 = 0,022 \text{ (мм)}$ .

По формулам (2.14; 2.17) определяем  $S_{\max}$  и  $N_{\max}$

$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei = 0,035 - 0,003 = 0,032 \text{ (мм)}$ ;

$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EJ = 0,025 - 0 = 0,025 \text{ (мм)}$ .

Допуск посадки определяем по формуле 2.22

$T_{SN} = S_{\max} + N_{\max} = TD + Td = 0,035 + 0,022 = 0,057 \text{ (мм)}$ .

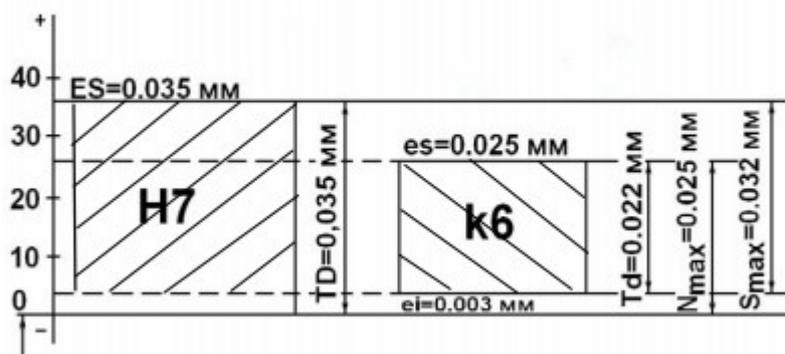


Рис. 6.4. Схема расположения полей допусков посадки переходного класса

## Ход работы:

### ВАРИАНТ 1

1) Определить предельные отклонения и величину допуска по заданному номинальному размеру и полю допуска:  $\phi 10e8$ ,  $\phi 16s7$ ,  $18H9$ .

2) Определить квалитет (IT) по которому назначен допуск (Td) на изготовление вала:

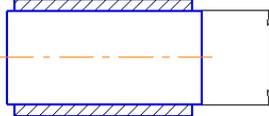
a)  $d_1=10$  мм,  $Td=0,022$  мм;      б)  $d_1=119$  мм,  $Td=0,22$  мм.

3) Определить по заданным посадкам и номинальным размерам:

a) предельные отклонения; б) тип посадки; в) наибольшие и наименьшие величины натягов или зазоров;

г) систему посадки; д) зарисовать схему расположения полей допусков; е) обозначить посадку на эскизе

$\phi 40 \frac{H7}{h7}$ ;     $\phi 100 \frac{E9}{h8}$

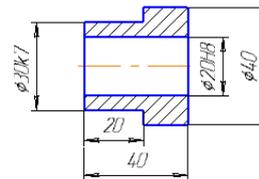


4) В заданных соединениях определить вид посадки и систему в которой назначена посадка:

$H7$   $G7$   $H11$   
 $m7$   $h7$   $d11$ ; зарисовать схему расположения полей допусков.

5) С помощью таблиц определить предельные размеры детали:

(Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий  $H14$ , валов  $h14$ , остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .)



### ВАРИАНТ 2

1) Определить предельные отклонения и величину допуска по заданному номинальному размеру и полю допуска:  $\phi 10H8$ ,  $\phi 16m7$ ,  $18D9$ .

2) Определить квалитет (IT) по которому назначен допуск (TD) на изготовление отверстия:

a)  $D_1=22$  мм,  $TD=0,13$  мм;      б)  $D_1=50$  мм,  $TD=0,062$  мм.

3) Определить по заданным посадкам и номинальным размерам:

a) предельные отклонения; б) тип посадки; в) наибольшие и наименьшие величины натягов или зазоров;

г) систему посадки; д) зарисовать схему расположения полей допусков; е) обозначить посадку на эскизе

$\phi 32 \frac{H9}{h8}$ ;     $\phi 100 \frac{H8}{e8}$

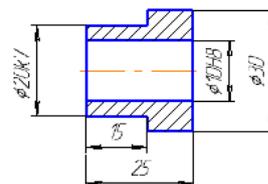


4) В заданных соединениях определить вид посадки и систему в которой назначена посадка:

$H9$   $E9$   $H8$   
 $e8$   $h8$   $s7$ ; зарисовать схему расположения полей допусков.

5) С помощью таблиц определить предельные размеры детали:

(Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий  $H14$ , валов  $h14$ , остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .)



### ВАРИАНТ 3

1) Определить предельные отклонения и величину допуска по заданному номинальному размеру и полю допуска:  $\phi 10f9$ ,  $\phi 16n7$ ,  $18K7$ .

2) Определить качество (IT) по которому назначен допуск (Td) на изготовление вала:

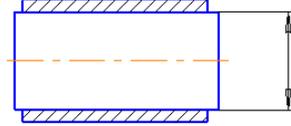
a)  $d_1=18$  мм,  $Td=0,018$  мм;      б)  $d_1=80$  мм,  $Td=0,074$  мм.

3) Определить по заданным посадкам и номинальным размерам:

a) предельные отклонения; б) тип посадки; в) наибольшие и наименьшие величины натягов или зазоров;

г) систему посадки; д) зарисовать схему расположения полей допусков; е) обозначить посадку на эскизе

$\phi 20 \frac{H7}{n7}$ ;       $\phi 24 \frac{D11}{h11}$

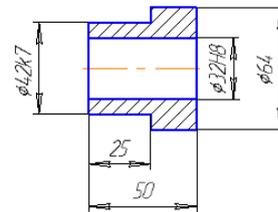


4) В заданных соединениях определить вид посадки и систему в которой назначена посадка:

$\frac{H7}{n7}$ ;  $\frac{G7}{h7}$ ;  $\frac{H11}{d11}$ ; зарисовать схему расположения полей допусков.

5) С помощью таблиц определить предельные размеры детали:

(Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий  $H14$ , валов  $h14$ , остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .)



### ВАРИАНТ 4

1) Определить предельные отклонения и величину допуска по заданному номинальному размеру и полю допуска:  $\phi 10u8$ ,  $\phi 16K7$ ,  $18F9$ .

2) Определить качество (IT) по которому назначен допуск (Td) на изготовление вала:

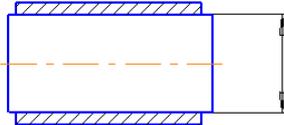
a)  $d_1=24$  мм,  $Td=0,033$  мм;      б)  $d_1=32$  мм,  $Td=0,062$  мм.

3) Определить по заданным посадкам и номинальным размерам:

a) предельные отклонения; б) тип посадки; в) наибольшие и наименьшие величины натягов или зазоров;

г) систему посадки; д) зарисовать схему расположения полей допусков; е) обозначить посадку на эскизе

$\phi 28 \frac{H7}{h7}$ ;       $\phi 40 \frac{H9}{e8}$

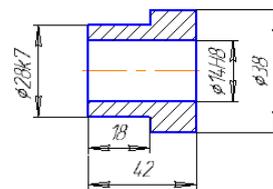


4) В заданных соединениях определить вид посадки и систему в которой назначена посадка:

$\frac{H8}{e8}$ ;  $\frac{H7}{k7}$ ;  $\frac{H7}{n7}$ ; зарисовать схему расположения полей допусков.

5) С помощью таблиц определить предельные размеры детали:

(Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий  $H14$ , валов  $h14$ , остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .)



## Практическая работа №4

Тема: Определение отклонения от цилиндричности контрольной оправки

Цель работы:

1. Измерить цилиндрический вал в трех поперечных сечениях, указанных на схеме.
2. Определить отклонения формы вала;
3. Дать заключение о годности вала по размеру и отклонениям формы.
4. Результаты измерения занести в таблицу бланка отчета.

Оборудование, инструмент:

1. Проверяемая деталь – цилиндрический вал.
2. Скоба рычажная.
3. Призма двухгранная.
4. Плоско-параллельные концевые меры длины.

Краткие теоретические сведения:

*Отклонение формы* – это отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Базой для отсчета отклонений формы цилиндрических поверхностей являются прилегающие элементы – цилиндр, профиль или окружность.

Под *прилегающими элементами* понимаются элементы, имеющие номинальную форму, соприкасающиеся с реальной поверхностью или ее профилем, проходящие вне тела изделия и занимающие положение, при котором расстояние от прилегающего элемента до наиболее удаленной точки реальной поверхности или профиля в пределах нормируемого участка будет иметь минимальное значение. За нормируемый участок принимается такой участок, к которому относится заданный допуск.

К отклонениям формы цилиндрической поверхности относятся:

1. отклонение от круглости;
2. отклонение профиля продольного сечения;
3. отклонение от цилиндричности

Отклонение от круглости  $\Delta_1$  – это наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис.1). Частными видами отклонений от круглости являются овальность (рис. 2а) и огранка (рис.2 б).

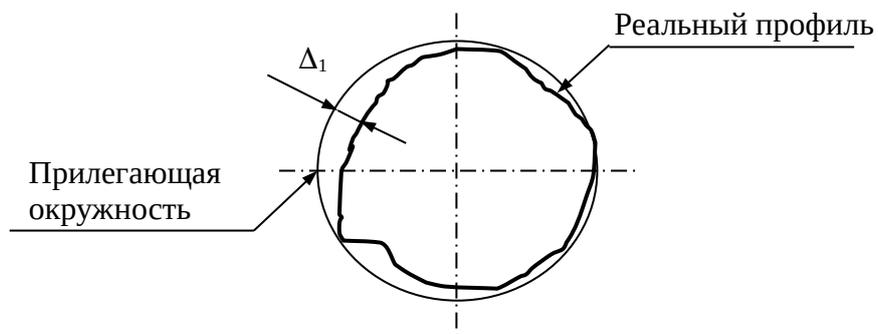


Рис. 1 Отклонение от круглости

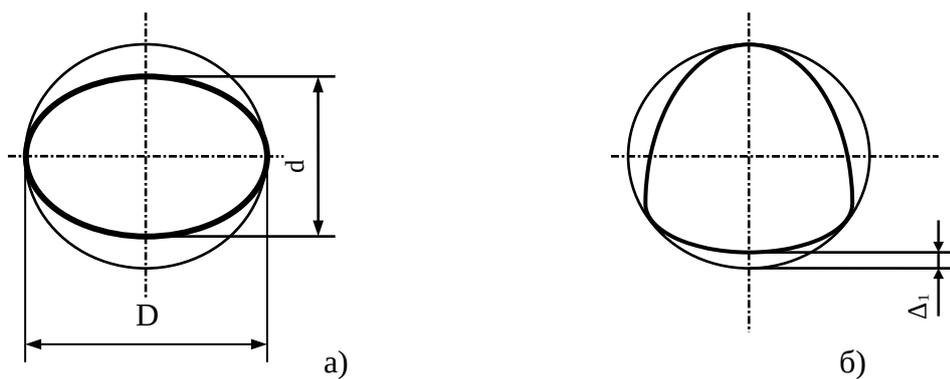


Рис. 2. Частные виды отклонения от круглости:

а – овальность; б- огранка

Овальность, численно равная отклонению от круглости, определяется по уравнению

$$\Delta_1 = \frac{D - d}{2}$$

Отклонение профиля продольного сечения  $\Delta_2$  – это наибольшее расстояние от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля (рис.3).

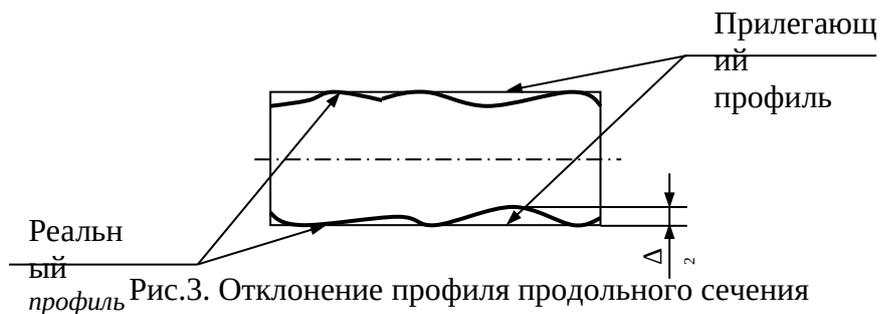


Рис.3. Отклонение профиля продольного сечения

Частными видами отклонений профиля продольного сечения являются конусообразность (рис. 4а), бочкообразность (рис. 4 б) и седлообразность (рис. 4в).

Конусообразность, бочкообразность и седлообразность, численно равные отклонению профиля продольного сечения, определяют по уравнению

$$\Delta_2 = \frac{D - d}{2}$$

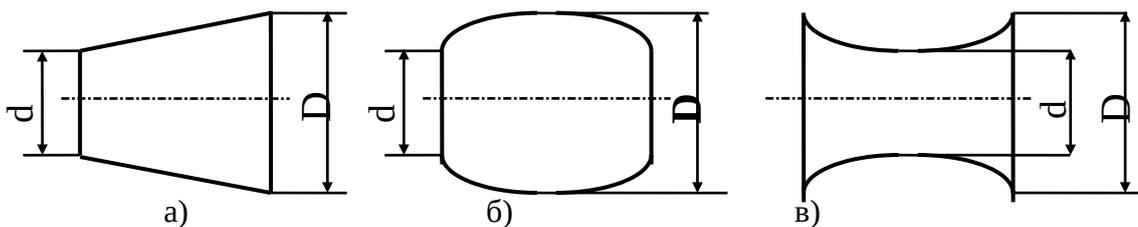


Рис. 4. Частные виды отклонения профиля продольного сечения:  
а- конусообразность; б – бочкообразность; в - седлообразность

Отклонение от цилиндричности  $\Delta_3$  – это наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

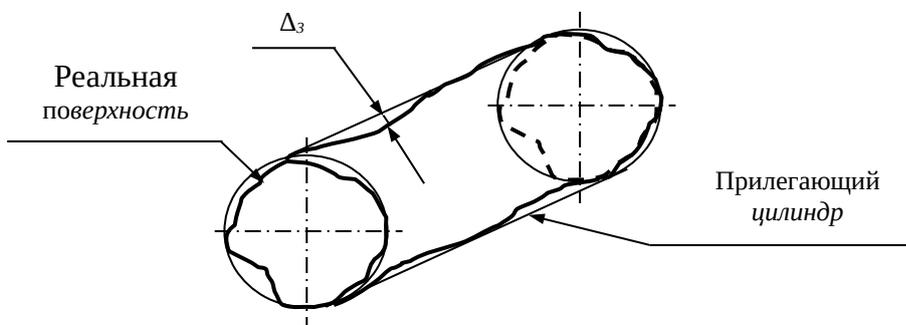


Рис.5. Отклонение от цилиндричности

При отсутствии отклонения от прямолинейности оси в пространстве, а также огранки с нечетным числом граней отклонение от цилиндричности -  $\Delta_3$  можно определять как полуразность наибольшего  $D$  и наименьшего  $d$  диаметров из числа измеренных по шести направлениям (рис.6).

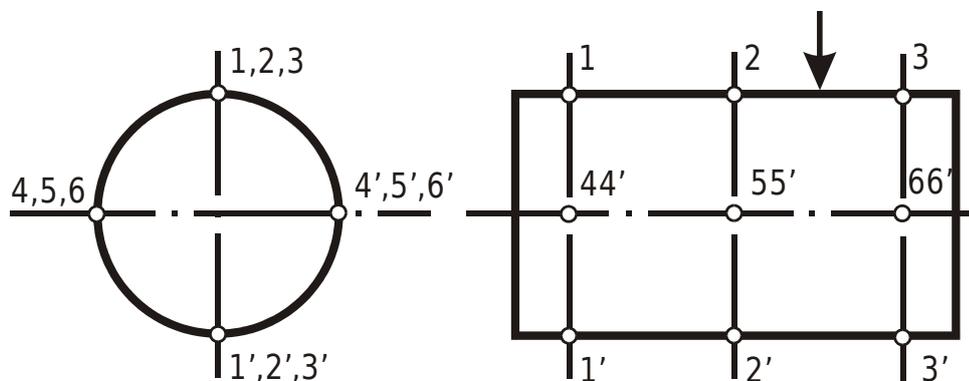


Рис.6. Схема измерения валика

Рычажные скобы предназначены для точных наружных измерений. Измерение осуществляется путем сравнения размера контролируемого изделия с размером концевой меры, по которой прибор предварительно настраивается на нуль.

Для измерения в интервале от 0 до 150 мм Ленинградское инструментальное объединение выпускает комплект рычажных скоб шести типоразмеров.

Рычажная скоба (рис. 7) состоит из корпуса с двумя или тремя контактами – двумя неподвижными 1 и 2 и одним подвижным. Подвижный контакт 3, перемещаясь внутри корпуса, надавливает на короткое плечо рычага 4. Длинное плечо этого рычага заканчивается зубчатым сектором. Сектор сцепляется с шестеренкой 5, сидящей на одной оси со стрелкой. Таким образом, перемещение подвижного контакта вызывает поворот стрелки относительно шкалы. Спиральная пружина 6 служит для создания измерительного усилия между контактом 3 и измеряемой деталью. Плоская спиральная пружина 7 разворачивает шестерню по часовой стрелке, заставляя ее зацепляться по одной стороне зубьев при любом направлении смещения контакта 3 (рис. 8). Благодаря этому устраняется возможность появления мертвого хода (стрелка стоит на месте) в механизме прибора, причиной которого является боковой зазор в зубчатом зацеплении.

Для того чтобы облегчить вставку и вынимание объекта измерения в скобу и уменьшить износ контактов предусмотрено специальное устройство – арретир, состоящее из штифта 8 (рис. 7) и второго двуплечего рычага 9. При нажатии на штифт 8 рычаг поворачивается по часовой стрелке, надавливает на контакт 3 и отводит его от поверхности измеряемого объекта.

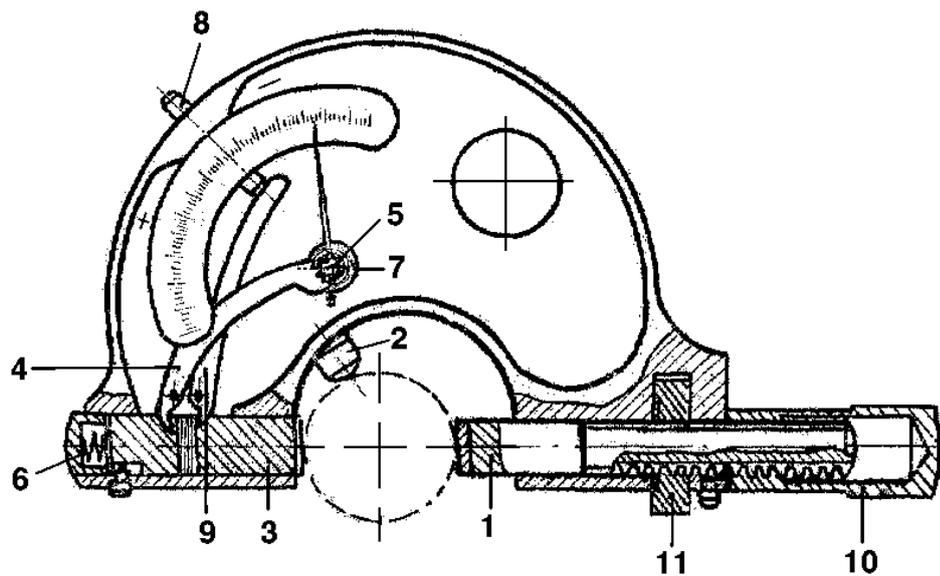


Рис. 7. Рычажная скоба

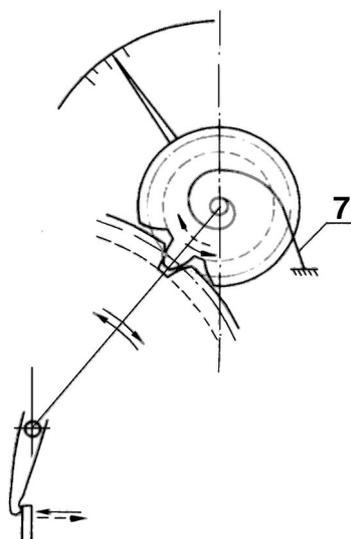


Рис. 8

Контакт 1 можно переставлять в зависимости от измеряемого размера. Для того чтобы его переместить следует отвинтить колпачок 10 (совсем не снимать) и вращать накатную гайку 11.

Сменный контакт 2 (рис.7) служит для облегчения установки прибора по диаметру измеряемых изделий цилиндрической формы.

Ход работы

В соответствии с номинальным размером и полем допуска вала, заданными преподавателем: (например,  $\varnothing 40 \text{ s7}$ ) в таблице 7 ГОСТа 25347-82 находят предельные отклонения вала

Рассчитывают предельные размеры проверяемого вала

Записывают рабочий размер вала (общий вид записи  $d_{\max} - T_d$ ), для чего подсчитывают допуск вала  $T_d$ .

$$T_d = d_{\max} - d_{\min}$$

и этот допуск проставляется со знаком " - " от наибольшего предельного размера вала.

Для рассматриваемого примера **40,068**<sub>-0,025</sub> мм.

Поскольку предельные отклонения проверяемого валика не выходят за пределы расхода шкалы проверяемого прибора, равные  $\pm 0,08$  мм, настройка прибора осуществляется по блоку концевых мер длины, соответствующему номинальному размеру проверяемого вала, т.е. 40 мм. Этот блок помещают между контактами 1 и 3. Отвинтив колпачок 10, вращают накатную гайку 11 до тех пор, пока стрелка прибора не станет на нулевое показание. Затем завинчивают колпачок 10, фиксируя контакт 1.

Нажав на арретир 8, вынимают блок концевых мер и надвигают скобу на измеряемый вал в трех поперечных сечениях, указанных на схеме измерения (рис.6), делая в каждом сечении по два измерения в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Подсчитав размеры вала во всех шести направлениях, определяют погрешности его формы.

### **Определение размера вала**

Номинальный размер проверяемого вала равен 40 мм. В соответствии с этим размером подбирают блок концевых мер длины и устанавливают стрелку рычажной скобы на нуль. Если при измерении детали в направлении 1 – 1' показание прибора стало равным -0,022 мм, то размер вала в этом направлении определяется как  $40 + (-0,022) = 39,978$  мм. Аналогично определяют размеры во всех других направлениях.

### **Определения отклонений формы вала**

Отклонение от круглости (овальность) определяется путем сравнения величин овальности в поперечных сечениях 1 – 4, 2 – 5, 3 – 6.

$$\text{Величины овальности находят по формуле } \Delta_1 = \frac{D - d}{2}$$

в сечении 1 – 4

2 – 5

Наибольшее из трех значений записывают в бланк отчета .

Отклонение профиля продольного сечения (конусообразность, седлообразность, бочкообразность) находят по формуле  $\Delta_2 = \frac{D - d}{2}$  :

в продольном сечении, проходящем через точки 1, 2, 3 (для рассматриваемого примера – седлообразность)

в продольном сечении, проходящем через точки 4, 5, 6 (для рассматриваемого примера – бочкообразность)

Так как величина седлообразности больше величины бочкообразности, то ее и записывают в бланк отчета.

Отклонение от цилиндричности равно полуразности между наибольшим и наименьшими диаметрами из всех шести размеров.

Делают заключение о годности вала по размеру, сравнивая размеры, полученные при измерениях, с предельно допустимыми  $d_{\max}$  и  $d_{\min}$ , а также заключение о годности вала по отклонениям формы.

#### ***Заключение о годности вала***

а) условие годности вала по размеру записывается так:

$$d_{\min} \leq d \leq d_{\max},$$

где  $d_{\max}$  и  $d_{\min}$  – предельные размеры вала,

$d$  – действительный размер детали, установленный путем измерений.

Для рассматриваемого примера вал имеет неисправимый брак по диаметру, так как все полученные размеры меньше наименьшего размера  $d_{\min}$ ;

б) условием годности вала по отклонениям формы является то, что величина фактического отклонения формы должна быть меньше допустимой величины или равна ей.

#### **Указания по оформлению отчета**

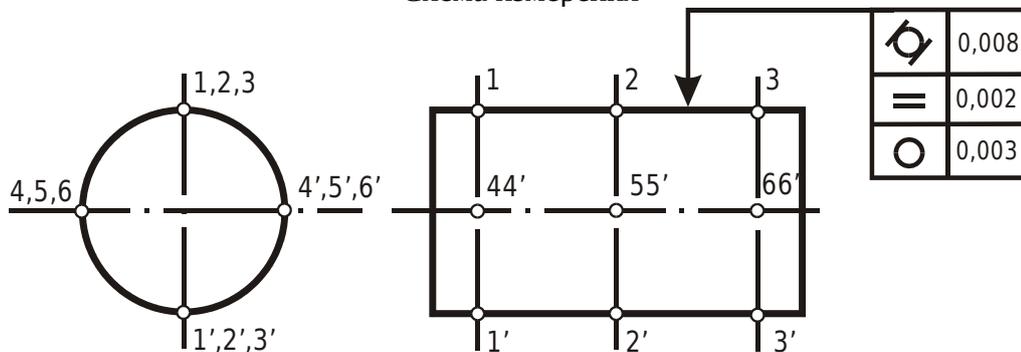
В таблицу бланка отчета заносят показания прибора (с учетом знака – плюс или минус), полученные в каждом из направлений измерения, размеры вала и найденные величины отклонений формы.

**Задание.** Измерить цилиндрический валик скобой рычажной завода Carl Zeiss с ценой деления 0,002 мм и пределами измерения 18 ... 40 мм

Результаты измерения занести в таблицу.

1. Размер проверяемых валиков  $\varnothing 40 \pm 0,07$  мм.
2. Наибольший предельный размер  $d_{max} =$   
наименьший предельный размер  $d_{min} =$
3. Размер валика с допуском в «тело» детали  
(рабочий размер)  $\varnothing 40$

Схема измерения



Направление измерения размера	Показание прибора, мм	Размер валика в данном направлении, мм	Отклонения формы валика, мм		
			отклонение от круглости (овальность)	отклонение профиля продольного сечения (конусообразность, седлообразность, бочкообразность)	отклонение от цилиндричности
1 – 1'					
2 – 2'					
3 – 3'					
4 – 4'					
5 – 5'					
5 – 6'					

1. Заключение о годности валика по размеру: годен, брак исправимый, брак неисправимый.

2. Заключение о годности по отклонениям формы:

- а) по отклонению от круглости —
- б) по отклонению профиля продольного сечения —
- в) по отклонению от цилиндричности —



## Практическая работа № 6

### Тема: Контроль размеров деталей Штангенциркулем

Цель работы:

1. Измерить штангенциркулем указанные преподавателем размеры и сделать заключение о годности детали по каждому из размеров
2. Заполнить таблицу
3. Сделать заключение о годности размеров

Краткие теоретические сведения

Принцип действия и расчет параметров нониуса

Штангенинструменты относятся к универсальным средствам для линейных измерений, которые находят широкое применение в промышленности. Штангенинструменты представляют собой две измерительные губки, одна из которых связана с направляющей штангой, имеющей основную шкалу с ценой деления 1 мм, а другая - с неподвижной рамкой, несущей нониус. По нониусу отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра.

Наибольшее распространение в практике измерений получили нониусы с точностью отсчета до 0,1; 0,05 и 0,02 мм. Принцип действия нониуса основан на совмещении штрихов основной шкалы и шкалы нониуса.

Устройство штангенциркуля

Штангенциркуль (рис. 1) представляет собой штангу 4 с губками 7 для наружных и губками 1 для внутренних измерений. Размер цилиндрических сдвоенных губок 10 мм для штангенциркулей с диапазоном до 400 мм и 20 мм для штангенциркулей с диапазоном измерения свыше 400 мм.

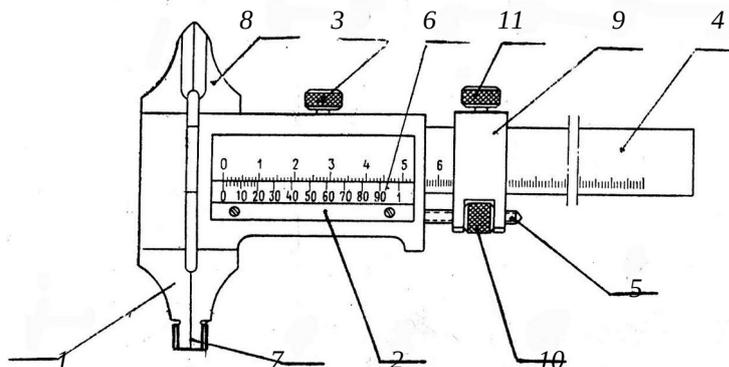


Рис.1. Штангенциркуль

По штанге 4 перемещается рамка 2 с нониусом 6, которая зажимается винтом 3. Для точных перемещений в некоторых конструкциях штангенциркулей имеется микроподача 10.

Измерение каждого размера штангенциркулем производится следующим образом: при отstopоренном винте 3 и винте 11 хомутика 9 измерительные поверхности инструмента приводятся в неплотное соприкосновение с поверхностями измеряемой детали. Затем при помощи винта 11 хомутик стопорится и при помощи гайки 10 и винта 5 осуществляется микрометрическая подача рамки 2 с нониусом 6 до плотного соприкосновения.

После окончательной установки штангенциркуля рамка 2 стопорится при помощи винта 3 и производится отсчет.

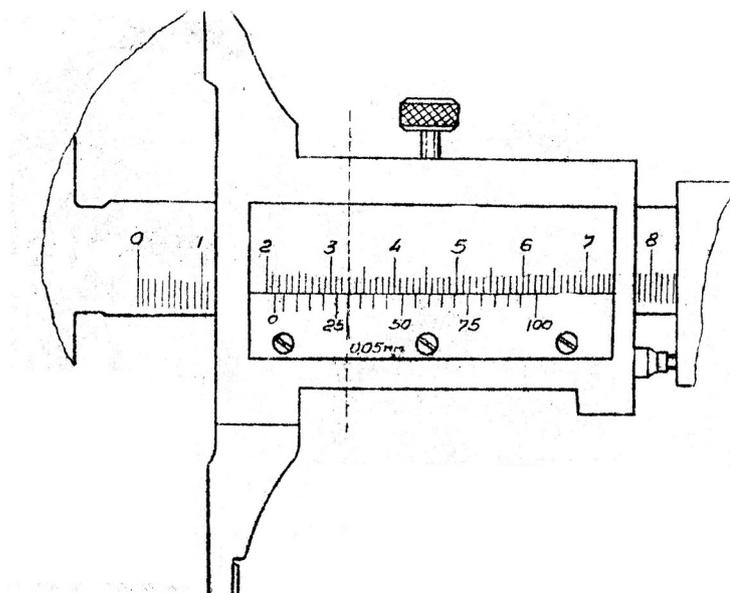


Рис. 2. Отсчет по штангенциркулю

Нониус, как вспомогательная шкала, имеет 10...20 делений. Первый штрих нониуса, который обозначен "0", является началом вспомогательной шкалы и одновременно указателем значения размера. Если штрих нониуса с обозначением "0" совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы, то отсчитывается целое значение размера только по основной шкале. Если этот штрих не совпадает ни с одним делением основной шкалы (рис. 2), то отсчет состоит из двух частей: целое значение размера

кратное I мм, определяют по ближайшему меньшему значению основной шкалы (в данном случае 21мм) и к этому значению добавляют дробное значение размера по нониусу, которое определяется номером штриха нониуса, совпадающим со штрихом основной шкалы.

В рассматриваемом примере (рис. 2) сотые доли показания равняются

$$(0,25 + 0,05 \cdot 1) = 0,30 \text{ мм}$$

Суммарный отсчет по шкале и по нониусу равен

$$21 + 0,30 = 21,30 \text{ мм.}$$

### Ход работы

Выполнить эскиз детали и проставить буквенные обозначения указанных преподавателем размеров

В бланке отчета записать обозначение размера по чертежу, номинальный размер и обозначение его поля допуска и найденные из ГОСТа 25347-82 предельные отклонения размера.

Измерить штангенциркулем указанные размеры детали и записать их в таблицу бланка отчета в графу "результаты измерений"

Таблица 1 Результаты вычислений

Размер по чертежу	Верхнее и нижнее	Наибольший и наименьший предельный	Допуск	Допустимая погрешность измерения	Предельная погрешность измерения	Измерительный инструмент (усл. Обозначение, диапазон)	Действительный размер	Заключение о годности
1	2	3	4	5	6	7	8	9
∅70h14	0	70.0	0.52					
	-0.52	69.48						

Критерии оценки:

1. Аккуратность заполнения таблицы – 20 баллов
2. Правильность заполнения столбца 1 – 1 балл за каждый размер
3. Правильность заполнения столбца 2 – 1 балл за каждый размер
4. Правильность заполнения столбца 3 – 1 балл за каждый размер
5. Правильность заполнения столбца 4 – 1 балл за каждый размер

Оценка по 5-балльной шкале	«5»	«4»	«3»	«2»
Оценка по 100-балльной шкале	91-100	81-90	71-80	Менее 70
Вербальная оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	Неудовлетворительно

6. Правильность заполнения столбца 5 – 1 балл за каждый размер





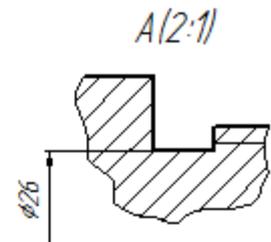
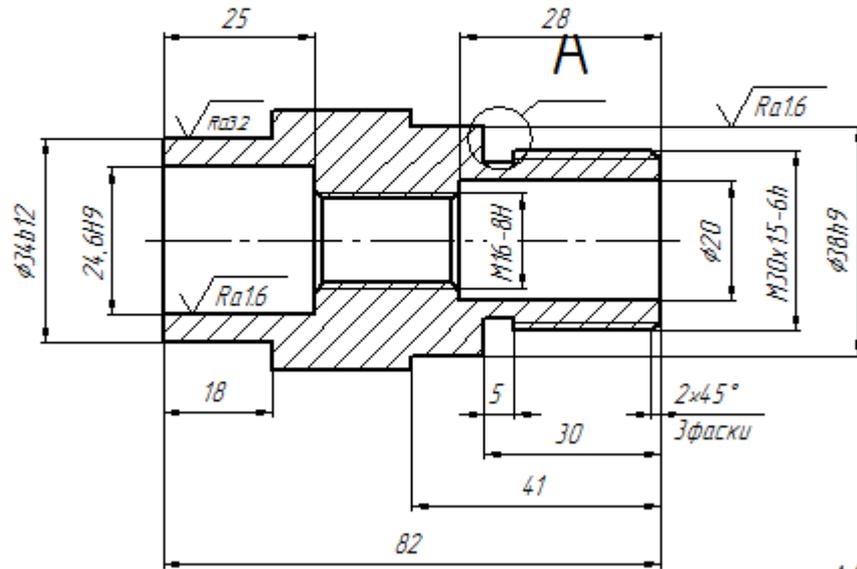


ε шнандог

$\sqrt{Ra6.3}$  ( $\sqrt{1}$ )

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № авто.

Взам. инд. №

1. Неуказанные предельные отклонения размеров:  $H14$ ,  $h14$ ,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
2. Острые кромки притупить.

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Сатликов Н.Ф.		03.04.15
Проб.				
Т.контр.				
И.контр.				
Утв.				

Вариант 3

Втулка

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

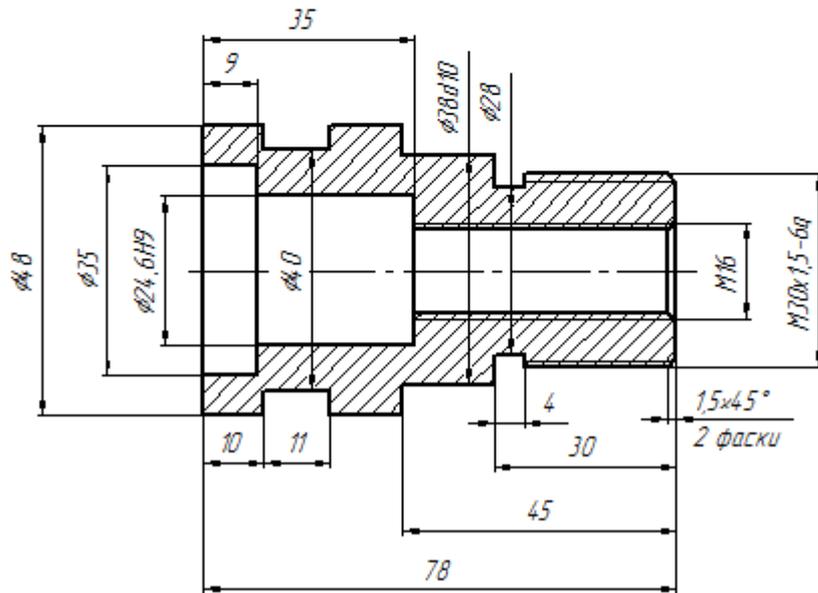
гр.

Контракт

Документ

Вариант 4

$\sqrt{Ra\ 3.2}$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
2. Острые кромки притупить

Перв. примен.					Вариант 4		
					Втулка		
Стор. №					Лит.	Масса	Масштаб
							1:1
Подп. и дата					Лист 1 из 1		
					Листов 1		
Инв. № дроб.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
					зр.		
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Изм.	Лист	№ док.им.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Сатликов НФ		20.10.11			
Проб.							
Техн. контр.							
Н.контр.							
Утв.							

## Практическая работа № 7

Тема: Контроль размеров деталей Гладким микрометром

Цель работы:

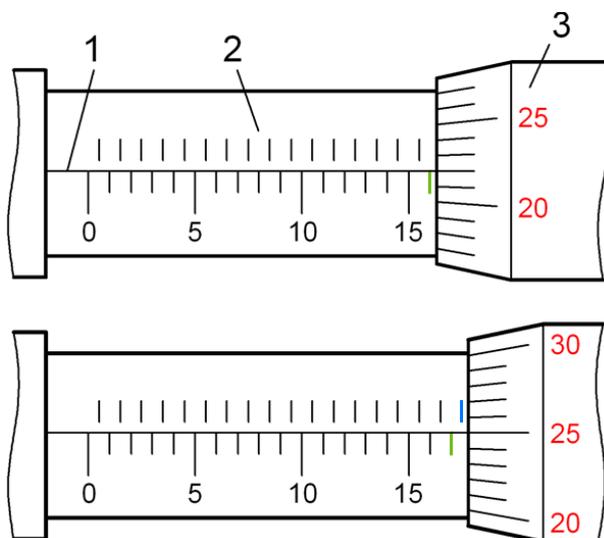
1. Измерить гладким микрометром указанные преподавателем размеры и сделать заключение о годности детали по каждому из размеров
2. Заполнить таблицу
3. Сделать заключение о годности размеров

Краткие теоретические сведения

Микрометр – высокоточный прибор, предназначенный для измерения линейных величин абсолютным методом. Чтобы определить его показания, необходимо просуммировать значения шкалы стебля и барабана.

Определение показаний прибора

Указателем при отсчете по шкале 2 стебля служит торец барабана, а продольный штрих 1 является указателем для круговой шкалы 3. Пронумерованная шкала стебля показывает количество миллиметров, а его дополнительная шкала служит для подсчета половин миллиметров.



Отметим последний полностью открытый барабаном штрих миллиметровой шкалы стебля. Его значение составляет целое число миллиметров, и на рисунке он обозначен зеленым цветом. Если правее этого штриха имеется открытый штрих дополнительной шкалы (выделен голубым), нужно прибавить 0,5 мм к полученному значению.

При отсчете показаний круговой шкалы 3 в расчет берут то её значение, которое совпадает с продольным штрихом 1. Таким образом, на верхнем изображении показания прибора составляют:

- $16 + 0,22 = 16,22$  мм.
- $17 + 0,5 + 0,25 = 17,75$  мм.

Распространенной ошибкой является случай, когда неверно учитывают (или не учитывают) величину 0,5 мм. Это связано с тем, что ближайший к барабану штрих дополнительной шкалы может быть открыт частично. При необходимости проверьте себя с помощью штангенциркуля.

### Порядок проведения измерений микрометром

Рабочие поверхности микрометра разводят на величину чуть большую, чем размер измеряемой детали, иначе при работе можно её поцарапать. Дело в том, что торцевые поверхности пятки и микрометрического винта имеют высокую твердость для устойчивости к истиранию.

Пятку слегка прижимают к детали и вращают микрометрический винт с помощью трещотки до соприкосновения его с измеряемой поверхностью. Трещотка служит для регулирования усилия натяга – делается обычно 3 – 5 щелчков. Положение микрометрического винта фиксируют с помощью стопорного устройства для того, чтобы не сбить показания при считывании значений со шкалы.

В процессе работы с микрометром его следует держать за скобу таким образом, чтобы была видна шкала стебля, и показания можно было снять на месте.

При измерении диаметра вала, измерительные поверхности нужно выставлять в диаметрально противоположных точках. При этом пятка прижимается к валу, а микрометрический винт, который медленно вращают трещоткой, последовательно выравнивается в двух направлениях: осевом и радиальном. После работы необходимо проверить точность инструмента с помощью эталона.

### Устройство гладкого микрометра типа мк-25

Основные элементы конструкции гладкого микрометра представлены на рисунке ниже и обозначены цифрами:



1. Скоба. Она должна быть жесткой, поскольку её малейшая деформация приводит к соответствующей ошибке измерения.
2. Пятка. Она может быть запрессована в корпус, а может быть сменной у микрометров с большим диапазоном измерений (500 – 600 мм, 700 – 800 мм и т.д.).
3. Микрометрический винт, который перемещается при вращении трещотки 7.
4. Стопорное устройство. У микрометра на рисунке оно выполнено в виде винтового зажима. Используется для фиксации микрометрического винта при настройке прибора или снятии показаний.

5. Стебель. На него нанесены две шкалы: пронумерованная (основная) показывает количество целых миллиметров, дополнительная – количество половин миллиметров.
6. Барабан, по которому отсчитывают десятые и сотые доли миллиметра. Торец барабана также является указателем для шкалы стебля 5.
7. Трещотка для вращения микрометрического винта 3 и регулировки усилия, прикладываемого к измерительным поверхностям прибора.
8. Эталон, который служит для проверки и настройки инструмента. Не предусмотрен для некоторых моделей микрометров МК-25.

### Настройка микрометра и проверка его точности

Проверку нулевых показаний микрометра проводят каждый раз перед началом работы, при необходимости выполняют настройку. Ниже приведена общая последовательность действий.

- Проверить жесткость крепления пятки и стебля микрометра в скобе. Протереть чистой мягкой тканью измерительные поверхности.
- Проверить нулевые показания инструмента. Для этого у МК-25 соединяют между собой рабочие поверхности пятки и микрометрического винта усилием трещотки (3 - 5 щелчков). Если прибор настроен правильно, его показания будут равны 0,00.

Для проверки микрометров с диапазоном измерений 25 - 50 мм, 50 - 75 мм и более используют соответствующие им эталоны (концевые меры длины), точный размер которых известен. Эталон, имеющий чистую торцевую поверхность, должен быть зажат без перекосов между измерительными поверхностями прибора усилием трещотки в несколько щелчков. Полученное значение сравнивают с известным, а при необходимости выполняют настройку микрометра в следующей последовательности.

### Настройка на ноль

а) Фиксируют микрометрический винт при помощи стопорного устройства в положении с зажатой концевой мерой или соединенными вместе измерительными поверхностями.

б) Разъединяют барабан и микрометрический винт между собой. Для этого придерживают одной рукой барабан, а другой отворачивают корпус трещотки (достаточно полуоборота).

Также возможна конструкция прибора, в которой соединение барабана с микрометрическим винтом осуществлено с помощью винта или прижимной гайки с углублением. В этом случае воспользуйтесь ключом, идущим в комплекте.

в) Нулевой штрих барабана совмещается с продольным штрихом стебля. После этого барабан вновь соединяют с микрометрическим винтом, проводят новую проверку. Настройка повторяется при необходимости.

### Ход работы

Выполнить эскиз детали и проставить буквенные обозначения указанных преподавателем размеров

В бланке отчета записать обозначение размера по чертежу, номинальный размер и обозначение его поля допуска и найденные из ГОСТа 25347-82 предельные отклонения размера.

Измерить штангенциркулем указанные размеры детали и записать их в таблицу бланка отчета в графу "результаты измерений"

Таблица 1 Результаты вычислений

Размер по чертежу	Верхнее и нижнее	Наибольший и наименьший предельный	Допуск	Допустимая погрешность измерения	Предельная погрешность измерения	Измерительный инструмент (усл. обозначение, диапазон)	Действительный размер	Заключение о годности
1	2	3	4	5	6	7	8	9
∅70h14	0	70.0	0.52					
	-0.52	69.48						

Критерии оценки:

1. Аккуратность заполнения таблицы – 20 баллов
2. Правильность заполнения столбца 1 – 1 балл за каждый размер
3. Правильность заполнения столбца 2 – 1 балл за каждый размер
4. Правильность заполнения столбца 3 – 1 балл за каждый размер
5. Правильность заполнения столбца 4 – 1 балл за каждый размер

Оценка по 5-балльной шкале	«5»	«4»	«3»	«2»
Оценка по 100-балльной шкале	91-100	81-90	71-80	Менее 70
Вербальная оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	Неудовлетворительно

6. Правильность заполнения столбца 5 – 1 балл за каждый размер





Вариант задания:

Вариант 1

$\sqrt{Ra3.2 (\sqrt{1})}$

1. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

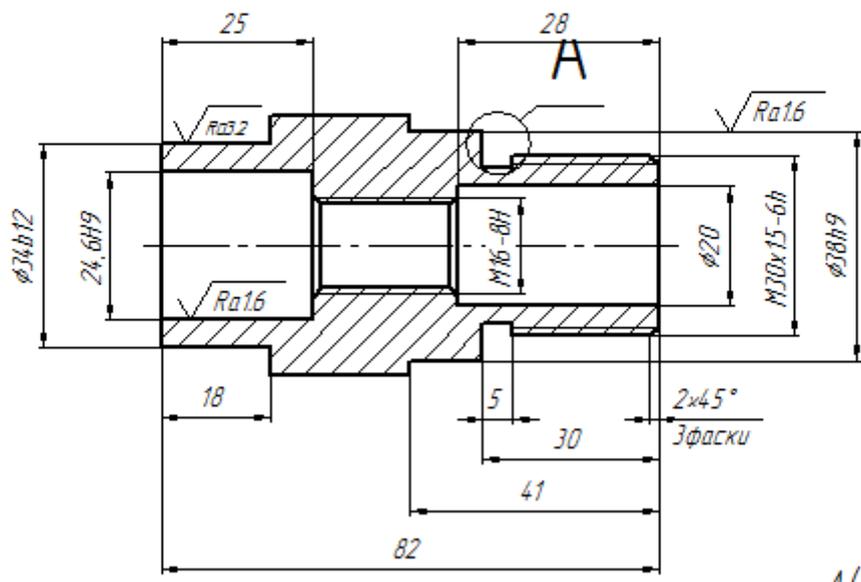
2. Острые кромки притупить.

Вариант 1							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Сатликов Н.Ф.	030517					1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
Н.контр.					зр.14		
Утв.							

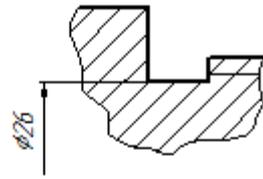


Вариант 3

$\sqrt{Ra6.3 (\sqrt{1})}$



A(2:1)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров:  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$ .
2. Острые кромки притупить.

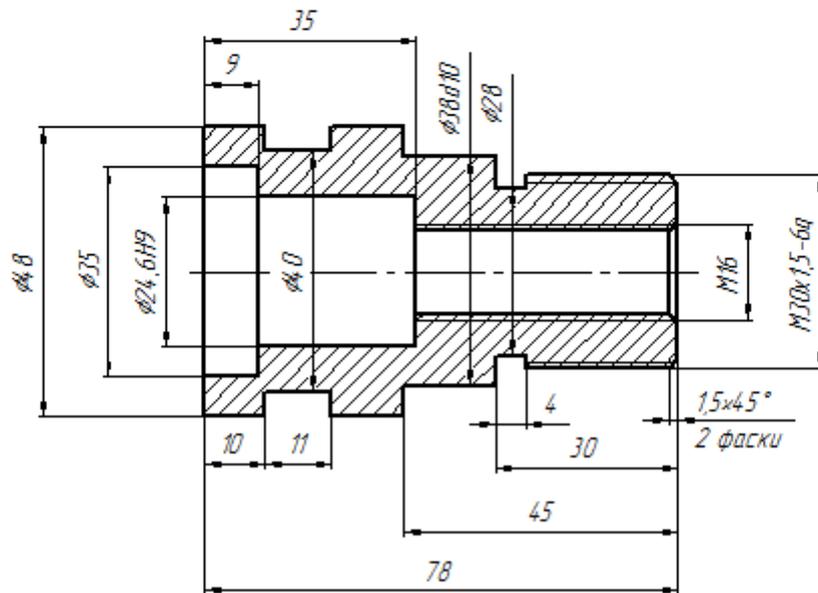
Перв. эскиз	Стор. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Инв. инв. №	Вариант 3													
						Изм.	Лист	№ докум.											
Инв. № подл.	Подп.	Дата	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб							
													Разраб.	Сатликов Н.Ф.	0304.Б.			1:1	
													Проб.						
													Т.контр.				Лист	Листов	1
							Сталь 45 ГОСТ 1050-88			гр.									

Курсовая

Формат А1

7 шнандог

$\sqrt{Ra 3.2}$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
2. Острые кромки притупить

Подп. и дата					Вариант 4		
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Сатликаб НФ		20.10.11			1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Тконтр.							
Нконтр.							
Утв.							
					Сталь 45 ГОСТ 1050-88		гр.

## Практическая работа №8

Тема: Контроль размеров углов универсальным угломером

Цель работы: ознакомление обучающихся с методами измерения узлов деталей машиностроения.

Краткие теоретические сведения

### Методы измерения углов

Методы измерений углов могут быть разбиты на три основные группы:

1. Методы измерения сравнением с жесткими одномерными образцовыми угловыми мерами (угловые меры, шаблоны, угольники).
2. Гониометрические методы измерений. Определение величины угла непосредственно в угловой мере.
3. Тригонометрические методы. Измерение линейных величин необходимых для определения угла.

Рассмотрим первые два метода измерений.

**Угловые меры** применяются при лекальных работах и для проверки измерительного инструмента и приборов.

Угловые меры представляют собой стальные плитки, доведенные измерительные поверхности которых образуют один или несколько определенных рабочих углов (рис.1)

На рис.1,а изображена плитка с одним рабочим углом, на рис.1,б-плитка с четырьмя рабочими углами.

С помощью плиток можно измерить углы в пределах от  $10^0$  до  $360^0$ , набор из 93 штук позволяет составить блоки через  $30'$ , набор из 36 штук-через  $1'$ .

Блоки крепятся при помощи специальных державок (рис. 1в и 1г). Набираются они по тем же правилам, что и при составлении блоков из концевых мер длины.

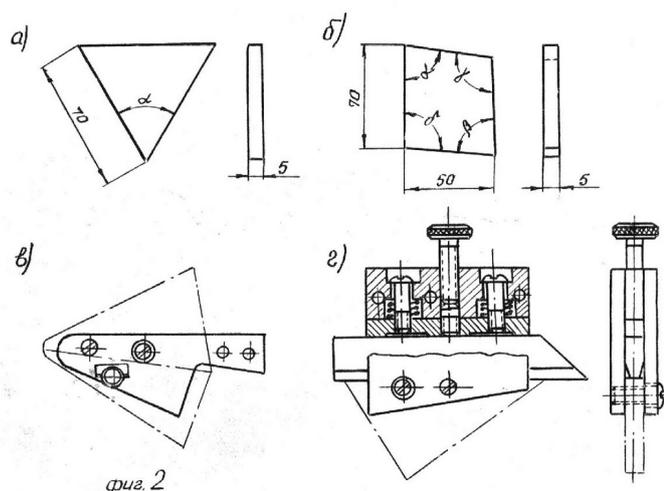


Рис.1. Угловые меры

При проверке контролируемый объект должен точно, без просветов, прилегать обеими образующими угла к измерительным плоскостям блока плиток.

На рис 1,в и 1,г измеряемый объект показан штриховкой.

2. При измерении гониометрическим методом сравнивают измеряемый угол со шкалой прибора. В данной работе будет использоваться только угломер с нониусом (рис.2).

Угломер с нониусом состоит из транспортира с делениями от  $0^\circ$  до  $120^\circ$  через один градус, подвижной линейки 2, вращающейся вместе с нониусом на оси 3, съемного угольника 1 и микрометрического винта 4.

Цена на нониусе может быть  $2'$ ,  $5'$  или  $15'$ . При точной установке на определенный угол гайка 5 закрепляется и с помощью микрометрического винта 4 линейка 2 вместе с нониусом приводится в требуемое положение. Стопор 6 служит для закрепления линейки 2 в необходимом положении.

Для измерения углов от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  на подвижную линейку 2 надевается съемный угольник I. Измерение углов от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  проводится без съемного угольника.

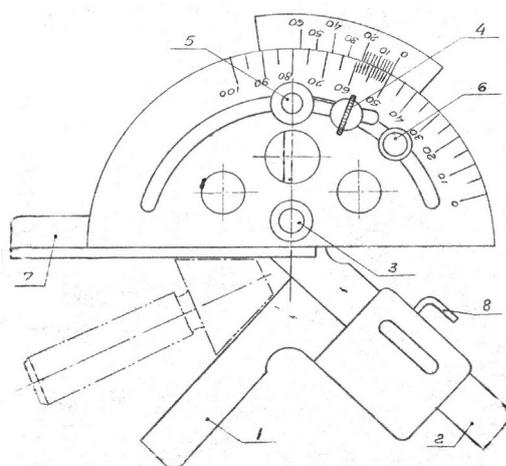


Рис.2. Угломер с нониусом

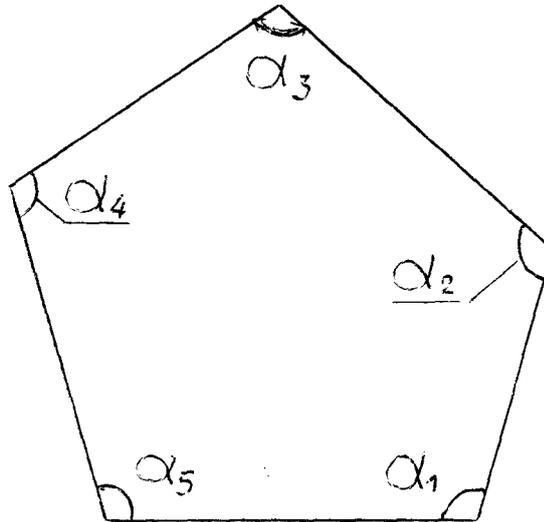
При измерении какого-либо угла угломер устанавливается на сторонах угла таким образом, чтобы между линейками прибора и измеряемой деталью не было просвета. Отсчет на угломере равен сумме отсчетов на основной шкале и нониусе. Первый отсчет равен целому числу градусов, соответствующему делению основной шкалы, расположенному перед нулевым делением нониуса. Отсчет на нониусе равен числу делений на нониусе от 0 до деления, совпадающего с каким-либо делением на основной шкале, умноженному на цену деления шкалы нониуса.

При отсчете следует помнить, что цифры на нониусе соответствуют не номерам рисок, а уже количеству минут.

Ход работы

- 3.1. Ознакомиться с устройством угломера.
- 3.2. Измерить углы у детали по указанию преподавателя.
- 3.3. Усвоить измерение углов с помощью угловых плиток.
- 3.4. Оформить отчет и ответить на вопросы преподавателя.

ЭСКИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛИ



Углы	Результаты измерений			
	1	2	3	Среднее
$\alpha_1$				
$\alpha_2$				
$\alpha_3$				
$\alpha_4$				
$\alpha_5$				

Критерии оценки:

1. Аккуратность заполнения таблицы – 20 баллов
2. Правильность заполнения столбца 1 – 1 балл за каждый размер
3. Правильность заполнения столбца 2 – 1 балл за каждый размер
4. Правильность заполнения столбца 3 – 1 балл за каждый размер
5. Правильность заполнения столбца 4 – 1 балл за каждый размер
6. Правильность заполнения столбца 2 – 1 балл за каждый размер

Оценка по 5-балльной шкале	«5»	«4»	«3»	«2»
Оценка по 100-балльной шкале	91-100	81-90	71-80	Менее 70
Вербальная оценка	отлично	хорошо	удовлетворительно	Неудовлетворительно

## Практическая работа №9

Тема: Контроль резьбы универсальным и специальным измерительным инструментом

Цель работы: ознакомление с основными методами и средствами измерения параметров резьбы.

Краткие теоретические сведения

Группирование резьб по эксплуатационному назначению

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении (в большинстве современных машин свыше 60% всех деталей имеют резьбы). По эксплуатационному назначению различают резьбы общего применения и специальные, предназначенные для соединения одного типа деталей определенного механизма.

К первой группе относятся резьбы:

а) **крепежные** (метрическая, дюймовая), применяемые для разъемного соединения деталей машин. Основное их назначение - обеспечение прочности соединений и сохранение плотности (нераскрытия) стыка в процессе длительной эксплуатации;

б) **кинематические** - трапецеидальная, прямоугольная и упорная. Трапецеидальная и прямоугольная резьбы применяются для ходовых винтов, винтов суппортов станков и столов измерительных приборов и т.п. Основное их назначение - обеспечение точного перемещения при наименьшем трении. Упорная резьба применяется для преобразования вращательного движения в прямолинейное в прессах и домкратах. Основное их назначение - обеспечение плавности вращения и высокой нагрузочной способности (для точных микрометрических пар применяют метрическую резьбу повышенной точности);

в) **трубные и арматурные** (трубные цилиндрическая и коническая, метрическая, коническая), применяемые для трубопроводов и арматуры. Основное их назначение - обеспечение герметичности соединений. Эксплуатационные требования к резьбам зависят от назначения резьбовых соединений. Общим для всех резьб являются требования долговечности и свинчиваемости без подгонки независимо изготовленных резьбовых деталей при сохранении эксплуатационных качеств соединений.

Основные параметры метрической резьбы

Наибольшее распространение в нашей стране получила метрическая резьба, которая имеет международную унификацию. Основные параметры метрической резьбы представлены в стандартах ГОСТ 9150-81 и ГОСТ 24705-81 и указаны на рис. 1.

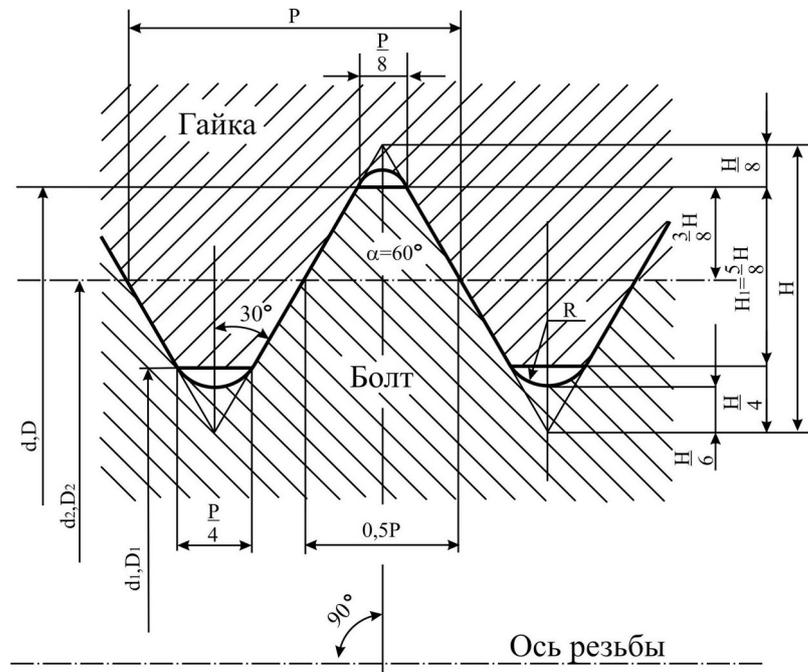


Рисунок 1 - Основные параметры метрической резьбы:

$d(D)$ ,  $d_2(D_2)$ ,  $d_1(D_1)$  - соответственно наружный, средний и внутренний диаметры болта (гайки);  $P$  - шаг резьбы;  $H$  - высота исходного треугольника;  $H$  - рабочая высота профиля;  $R$  - номинальный радиус закругления впадины болта

Форма впадины гайки не регламентируется и реальный профиль впадины не должен выходить за линию плоского среза на расстоянии  $H/8$  от вершины исходного треугольника. Отличительной особенностью метрической резьбы является то, что угол профиля при вершине 60 градусов

Условное обозначение метрической резьбы с крупным шагом (наиболее крупным при данном диаметре  $D$  ( $d$ )) по ГОСТ 24705-81) имеет вид

M12 - 6G - для гайки,

M12 - 6g - для болта,

где M - указывает, что резьба метрическая;

12 - номинальное значение наружных диаметров гайки  $D$  и болта  $d$ ;

6 - степень точности резьбы;

G, g - соответственно основные отклонения гайки и болта.

Сочетание цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, образует **поле допуска** резьбы, например: 6G, 6g, 7H, 8H и т.д.

Условное обозначение метрической резьбы с мелким шагом имеет вид:

M12 x 1,25 - 6G - для гайки,

M12 x 1,25 - 6g - для болта,

где  $P = 1,25$  мм - шаг резьбы.

Методы измерения и контроля резьбы

Одна и та же физическая величина может быть измерена различными способами. Различают прямые и косвенные, абсолютные и относительные виды измерения.

При **прямом** измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Например, измерение диаметра вала штангенциркулем или микрометром, температуры - термометром и т.д.

При **косвенном** измерении искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и другими величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Косвенное измерение применяется в первую очередь тогда, когда прямое измерение выполнить сложно или невозможно. Например, определение конусности по величине диаметров в двух сечениях и расстоянию между этими сечениями, диаметра вала большого размера по длине окружности, зазора в размерной цепи посредством измерения действительных значений составляющих размеров и т.д.

Измерение, на основе которого устанавливается, в каком из заранее установленных интервалов лежит размер проверяемой физической величины, называется **контролем**. При этом не обязательно находить численное значение величины. Результатом контроля является заключение о том, к какой размерной группе относится численное значение проверяемой величины.

Для контроля резьбы применяют два метода - **комплексный и дифференцированный**.

Если допуск на средний диаметр резьбы является суммарным и предназначен для компенсации отклонения среднего диаметра  $f_{d2}$ , отклонений угла  $f_{\alpha}$  и отклонений шага  $f_p$ , то применяют **комплексный метод** контроля. Метод заключается в определении положения действительного контура относительно предельных контуров при помощи рабочих проходных (ПР) и непроходных (НЕ) предельных калибров, либо с помощью проекторов и шаблонов с предельными контурами. Этот метод получил наибольшее распространение в промышленной практике.

Если допуск на каждый элемент назначают отдельно, то применяют **дифференцированный метод**. При этом методе отдельно проверяют собственно средний диаметр, наружный и внутренние диаметры, шаг и половину угла профиля резьбы. Заключение о годности резьбы делают по каждому элементу отдельно. Метод сложен и трудоемок, поэтому используется для контроля точных резьб: ходовых винтов, резьбовых калибров-пробок и калибров-колец, резьбообразующих инструментов и т.п.

В данной лабораторной работе рассмотрим дифференцированный контроль двух основных параметров резьбы ПР и НЕ сторон калибров-пробок – наружного- диаметра с помощью гладкого микрометра и собственно среднего диаметра методом трех проволочек. Это один из наиболее точных и широко распространенных методов измерения среднего диаметра резьбы. Метод трех проволочек - косвенный метод измерений.

Измерение наружного диаметра резьбы микрометром

Микрометрические инструменты имеют два отсчетных устройства. Первое отсчетное устройство состоит из шкалы с ценой деления 0,5 мм, нанесенной на стебле 1 (рис. 2), и указателя которым является торец барабана 2.

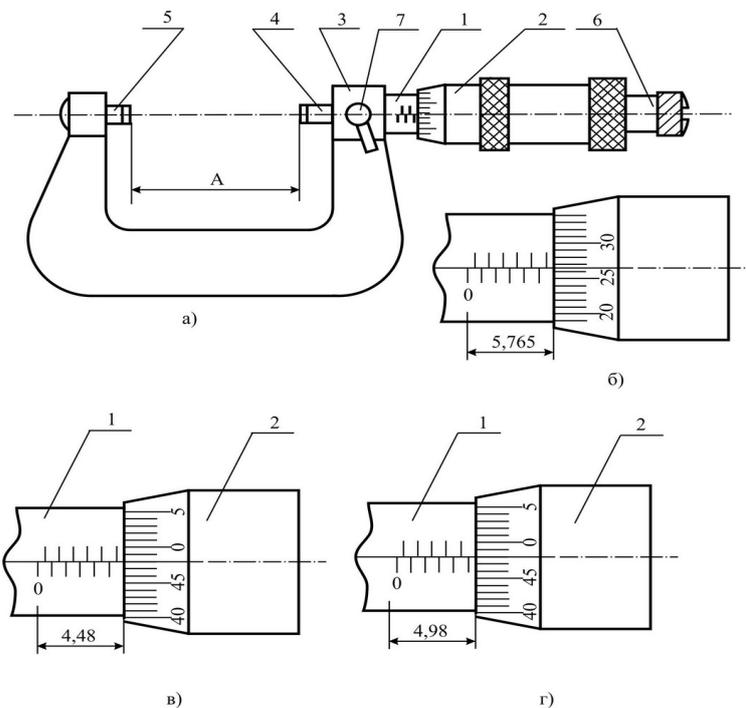


Рисунок 2 – Микрометр гладкий

Второе отсчетное устройство состоит из шкалы с ценой деления 0,01 мм, нанесенной на конусной поверхности барабана 2, и указателя в виде продольного штриха, нанесенного на стебле 1.

Шаг микровинта  $P=0,5$  мм, следовательно, одному обороту микровинта и жестко скрепленного с ним барабана соответствует линейное перемещение торца барабана на одно деление, равное 0,5 мм.

Круговая шкала барабана имеет число делений  $n=50$ , следовательно, поворот барабана с микровинтом на одно деление относительно продольного штриха стебля 1 будет соответствовать  $C = P/n = 0,5/50 = 0,01$  мм.

Для определения размера А (рис. 2а) проверяемой детали производят отсчет по двум отсчетным устройствам и суммируют их. Пример отсчета показан на рис.2б. Отсчет по микрометру будет равен  $A = 5,5 + 0,265 = 5,765$  мм

(третий десятичный знак взят на глаз).

При измерении микрометром необходимо следить внимательно за правильностью отсчета. На рис.2в, рис.2г приведены характерные случаи положения барабана, при которых часто делают ошибки.

На рис.2в расстояние между измерительными контактами равно 5,48 мм. Здесь, несмотря на то, что штрих, указывающий 5,5 мм выходит из под среза барабана, определяемый размер меньше 5,5 мм на 0,02 мм (ноль не дошел не два деления до продольной черты на стебле). Это объясняется тем, что сам штрих барабана имеет толщину порядка 0,2 мм. На рис. 2г штрих полумиллиметровой шкалы, находящийся между штрихами 4 и 5 миллиметровой шкалы, полностью вышел из под среза барабана. Следовательно, измеренное расстояние в данном случае будет 4,5 мм по основной шкале плюс 0,48 мм по круговой шкале, т.е. 4,98 мм.

Перед каждым измерением микрометр необходимо проверить, так как в результате износа

контактов или забоин на них может случиться, что при их соединении нулевой штрих барабана не будет совпадать с нулевым штрихом основной шкалы, находящейся на стебле. В этом случае имеющуюся погрешность необходимо учесть в окончательном результате с обратным знаком, т.е. если имеет отклонение в минус, то величину погрешности нужно прибавить к показанию микрометра, а если в плюс, то отнять. У микрометров с пределом измерения больше 25 мм проверка правильности установки производится по прилагаемому эталону.

После проверки микрометра измеряемую деталь путем вращения микровинта 4 **при помощи трещотки** 6 зажимают между измерительными поверхностями микровинта 4 и 5 и производят отсчет. При измерении детали необходимо следить за тем, чтобы винт 7 был бы отстопорен.

Деталь считается годной по наружному диаметру, если выполняется условие:

$$d_{min} \leq d_{изм} \leq d_{max},$$

где  $d_{изм}$  – действительное (измеренное) значение наружного диаметра;

$d_{min}, d_{max}$  – соответственно наименьшее и наибольшее предельно допустимые значения наружного диаметра.

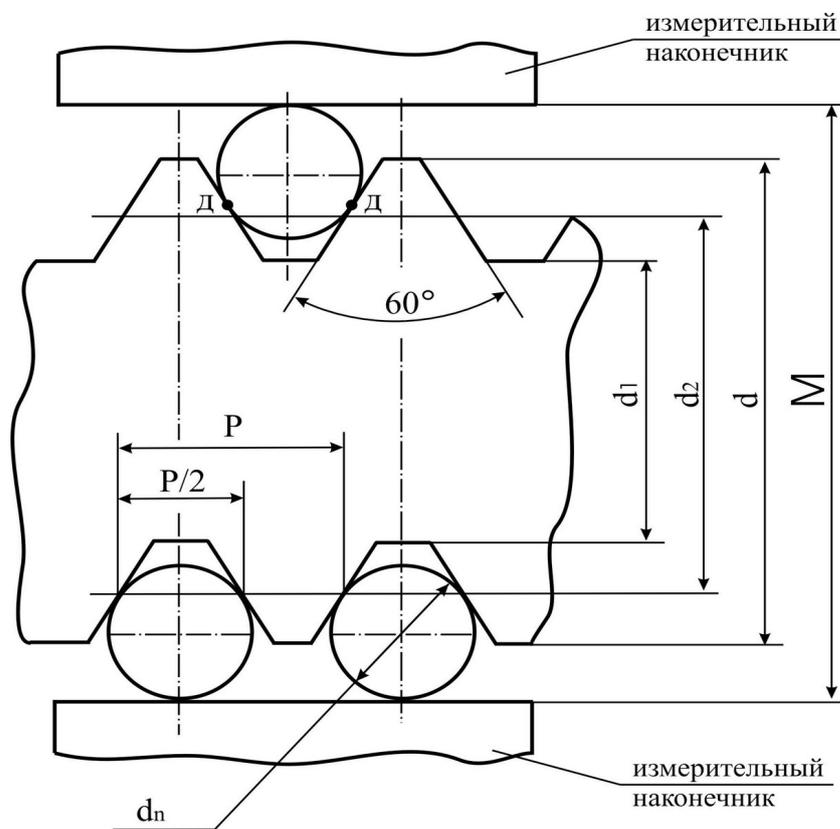
## Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволок

Измерение этим методом базируется на определении среднего диаметра резьбы, как диаметра воображаемого цилиндра, поверхность которого пересекает витки резьбы так, что толщина витка в сечении, проходящем через ось резьбы, равна ширине впадины (рис.1).

Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволок заключается в том, что во впадины резьбы закладывается три проволоки равного диаметра  $d_n$  (рис. 3) и при помощи гладкого микрометра измеряется размер  $M$ .

Размер среднего диаметра  $d_2$  связан с размером  $M$  следующей зависимостью:

$$d_2 = M - d_n \left( 1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right) + \frac{P \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{2}. \quad (1)$$



**Рисунок 3 - Схема измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволок**

Для метрической резьбы:

$$d_2 = M - 3d_n + 0,866 P. \quad (2)$$

Для того чтобы устранить влияние погрешностей угла профиля резьбы на результат измерения, диаметр калиброванных проволочек подбирается таким образом, чтобы контакт их с профилем резьбы осуществлялся на уровне, где ширина впадины равна ширине выступа. Диаметр таких проволочек, т.е. проволочек так называемого наивыгоднейшего диаметра, подсчитывают по формуле:

$$d_n = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \quad (3)$$

Для метрической резьбы:

$$d_n = \frac{P}{1,732}, \quad (4)$$

где  $P$  - шаг проверяемой резьбы.

Номинальный размер шага резьбы может быть определен при помощи резьбомера. Резьбомером называется набор резьбовых шаблонов с различным шагом, намаркированным на шаблоне.

Прикладывая шаблоны поочередно к виткам резьбы определяют приближенно равенство номинальных размеров шага резьбы и шаблона.

Начиная с шага резьбы  $P = 1$  мм можно с некоторым приближением определить шаг проверяемой резьбы, используя обычную масштабную линейку, по зависимости:

$$P \approx \frac{L}{m - 1}, \quad (5)$$

где  $L$  - расстояние между наиболее удаленными витками, измеренное вдоль оси резьбы;  
 $m$  - общее количество витков, расположенных на отрезке  $L$

Результат вычислений по зависимости (5) округляется до ближайшего стандартного значения шага резьбы.

Размеры проволочек, подсчитанные по формуле (4) для метрической резьбы, даны в таблице 1.

Таблица 1

Шаг резьбы, мм	0,75	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
Диаметр проволочек, мм	0,433	0,461	0,572	0,724	0,866	1,008	1,157	1,441	1,732

Средняя калибровочная часть проволочки выполняется с отклонениями, не превышающими 1 мкм. Комплект проволочек изображен на рис.4. При измерении проволочки могут свободно подвешиваться (рис.4а) на кронштейне измерительного прибора или могут закрепляться в так называемых башмаках (рис.4б). Башмаки своим центральным отверстием надеваются на измерительные наконечники 4 и 5 гладкого микрометра (рис. 2а) и закрепляются на нем.

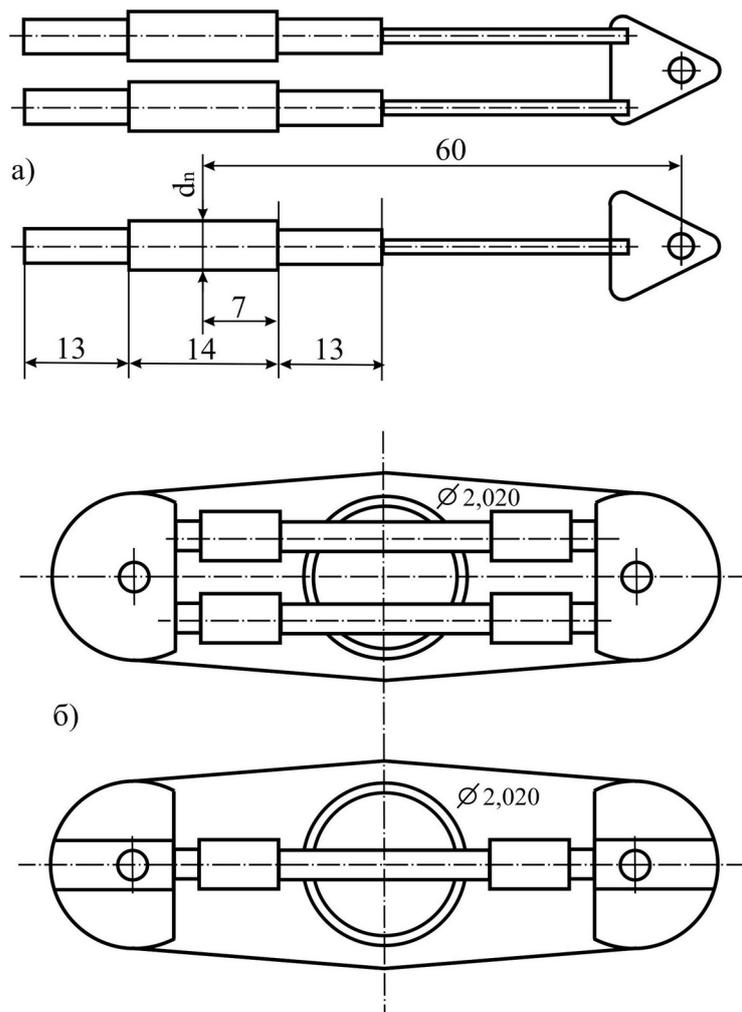


Рисунок 4 - Комплект калиброванных проволочек для измерения  $D_2$

Диаметр проволочек проставляется на треугольных бирках, а при закреплении в башмаках - маркируется на самих башмаках, которые имеют гнезда, соответствующие размерам проволочек.

При измерении проволочки закладываются таким образом, чтобы одна проволочка лежала во впадине с одной стороны резьбы, а две проволочки лежали в соседних впадинах на диаметрально противоположной стороне резьбы (рис. 3).

При измерении необходимо тщательно избегать перекоса измеряемой детали. Следует следить за тем, чтобы во впадине резьбы находились серединные части проволочки, имеющие доведенную блестящую поверхность, а также за тем, чтобы проволочки не перекашивались.

При выполнении лабораторной работы достаточно измерить размер  $M$  в одном лишь среднем сечении резьбовой детали, а затем по формуле (2) подсчитать величину среднего диаметра  $d_{2uzm}$  и на основании сравнения его с допустимыми размерами сделать заключение о годности.

Резьбовая деталь по наружному диаметру считается годной, если выполняется условие:

$$d_{min} \leq d_{uzm} \leq d_{max} \quad (6)$$

и для среднего диаметра резьбы

$$d_{2min} \leq d_{2uzm} \leq d_{2max} \quad (7)$$

где  $d_{2uzm}$  - действительное (измеренное) значение среднего диаметра резьбы;

$d_{2max}$  - максимально допустимое значение среднего диаметра резьбы;

$d_{2min}$  - минимально допустимое значение среднего диаметра резьбы.

### **Ход работы**

Произвести поэлементный контроль резьбовой пробки, определив значение наружного и среднего диаметров резьбы.

### **Порядок выполнения работы**

1 Ознакомиться с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы.

2 Для заданного условного обозначения резьбы по ГОСТ 24705 – 81 найти номинальные значения наружного  $d$  и среднего диаметра  $d_2$  резьбы и занести их в таблицу бланка отчета.

3 По таблице ГОСТа 16093 - 81 определить предельные отклонения наружного и среднего диаметров резьбы:

верхнее

нижнее

Найденные значения записать в таблицу бланка отчета.

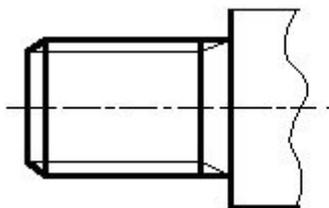
Измерить наружный диаметр резьбы гладким микрометром. Результаты измерения занести в бланк отчета. Дать заключение о годности резьбовой пробки по наружному диаметру.

Измерить с помощью гладкого микрометра с закрепленными на нем проволочками размер  $M$  (рис. 3) у резьбовой пробки. Подсчитать действительный средний диаметр резьбовой пробки. Результаты занести в бланк отчета.

Дать заключение о годности резьбовой пробки по среднему диаметру.

Табл. 1

Вариант 1						
	Наименование	Шаг резьбы	Наружный диаметр	Средний диаметр	Внутренний диаметр	Высота профиля резьбы
	M16-6g					
	M20x2-6h					
	G1/2-A					
	G5/8-B					
Вариант 2						
	Наименование	Шаг резьбы	Наружный диаметр	Средний диаметр	Внутренний диаметр	Высота профиля резьбы
	M10-6g					
	M24x1.5-6h					
	G5/8-A					
	G1-B					
Вариант 3						
	Наименование	Шаг резьбы	Наружный диаметр	Средний диаметр	Внутренний диаметр	Высота профиля резьбы
	M12-6g					
	M30x2-6h					
	G1/8-A					
	G1 1/2-B					
Вариант 4						
	Наименование	Шаг резьбы	Наружный диаметр	Средний диаметр	Внутренний диаметр	Высота профиля резьбы
	M14-6g					
	M27x2-6h					
	G1/4-A					
	G1 3/8					
Вариант 5						
	Наименование	Шаг резьбы	Наружный диаметр	Средний диаметр	Внутренний диаметр	Высота профиля резьбы
	M8-6g					
	M16x1.5-6h					
	G7/8-A					
	G 2-B					





**Предельные отклонения диаметров наружной и внутренней трубной цилиндрической резьбы (по ГОСТ 6357-81)**

Обозначение размера резьбы	Шаг P, мм	Число шагов z на длине 25,4 мм	наружный d=D	средний d <sub>2</sub> =D2	внутренний d <sub>1</sub> =D <sub>1</sub>	Рабочая высота профиля H <sub>1</sub>	Наружная резьба						Внутренняя резьба					
							Диаметры резьбы											
							d		d <sub>2</sub>		d <sub>1</sub> D		D <sub>2</sub>		D <sub>1</sub>			
							Предельные отклонения, мкм											
							es	ei	es	ei		es	EI	ES		EI	ES	EI
		Класс А		Класс В				Класс А		Класс В								
G1/16 G 1/8	0,907	28	7,723	7,142	6,561	0,580777	0	-214	0	-107	-214	0	0	+107	+214	0	+282	0
			9,728	9,147	8,566		0	-214	0	-107	-214	0	0	+107	+214	0	+282	0
G 1/4 G 3/8	1,337	19	13,157	12,301	11,445	0,856117	0	-250	0	-125	-250	0	0	+125	+250	0	+445	0
			16,662	15,806	14,950		0	-250	0	-125	-250	0	0	+125	+250	0	+445	0
G 1/2 G 5/8 G 3/4 G 7/8	1,814	14	20,955	19,793	18,631	1,161553	0	-284	0	-142	-284	0	0	+142	+284	0	+541	0
			22,911	21,749	20,587		0	-284	0	-142	-284	0	0	+142	+284	0	+541	0
			26,441	25,279	24,117		0	-284	0	-142	-284	0	0	+142	+284	0	+541	0
			30,201	29,039	27,877		0	-284	0	-142	-284	0	0	+142	+284	0	+541	0
G 1 G 1 1/8 G 1 1/4 G 1 3/8			33,249	31,770	30,291		0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
			37,897	36,418	34,939		0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
			41,910	40,431	38,952		0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
			44,323	42,844	41,365		0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
G 1 1/2 G 1 3/4 G 2 G 2 1/4 G 2 1/2	2,309	11	47,803	46,324	44,845	1,478515	0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
			53,746	52,267	50,788		0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
			59,614	58,135	56,656		0	-360	0	-180	-360	0	0	+180	+360	0	+640	0
			65,710	64,231	62,752		0	-434	0	-217	-434	0	0	+217	+434	0	+640	0
							0	-434	0	-217	-434	0	0	+217	+434	0	+640	0