




Департамент образования Ивановской области  
областное государственное бюджетное  
профессиональное образовательное учреждение  
**«Шуйский технологический колледж»**  
155901 г. Шуя, Ивановская обл., Учебный городок, 1  
 (49351) 4-70-81     [www.prof4.ru](http://www.prof4.ru)     [liceyshuya@mail.ru](mailto:liceyshuya@mail.ru)

---

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
для обучающихся

**по выполнению практических и лабораторных работ**  
по учебной дисциплине

**ОП.09. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ**  
**КАЧЕСТВА**

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1.**

### **ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.**

**Цель работы:** формирование навыков определения характеристик посадок, выбора средств измерения и расчета параметров посадок.

**Задачи:**

- освоить систему допусков и посадок гладких цилиндрических соединений;
- научиться пользоваться учебной, нормативной, технической литературой и государственными стандартами.

**Оснащение:**

- комплект учебно-методической литературы;
- техническая литература и государственные стандарты;
- методические указания к выполнению практической работы;
- микрокалькулятор.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

По назначению различают размеры, определяющие величину и форму детали; координирующие размеры для деталей сложной формы и узлов; сборочные в монтажные размеры, характеризующие положение узлов относительно друг друга, а также положение изделия на месте монтажа; технологические размеры, необходимые для изготовления детали и ее контроля.

Различают также номинальный, действительные и предельный размеры. Номинальный размер ( $D$ ,  $d$ ,  $l$  и др.) - размер, относительно которого определяют предельные размеры и который служит началом отсчета отклонений. Для деталей составляющих соединение номинальный размер является общим. В производстве невозможно выполнить абсолютно точно требуемые размеры деталей, поэтому существует понятие - действительный размер детали, установленный измерением с допустимой погрешностью. Действительный размер детали вследствие ее износа отличается от размера, определенного при сборке. Таким образом, введено понятие о двух предельных размерах:  $D_{\max}$  и  $D_{\min}$  - для отверстия и  $d_{\max}$  и  $d_{\min}$  - для вала. Действительные размер годной детали должен находиться между предельными размерами или может быть равен им.

Верхним предельным отклонением  $Es$ ,  $es$  называется алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами ( $Es = D_{\max} - D$ ;  $es = d_{\max} - D$ ); нижним предельным отклонением  $Ei$ ,  $ei$  - разность между наименьшим предельным и номинальным размерами ( $D_{\min} - D$ ;  $es = d_{\min} - D$ ).

Допуском  $T$  размера называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями. Допуск - величина всегда положительная, определяет заданную точность изготовления.

Для упрощения допуски можно изображать графически в виде полей допусков. При этом ось изделия всегда располагается под схемой. Расположение поля допуска задается двумя координатами. Одна - величина допуска для заданного номинального размера, зависящая только от номера качества, другая - основное отклонение - ближайшее расстояние поля допуска до нулевой линии. Если поле допуска расположено выше нулевой линии, то основным является нижнее предельное отклонение:  $EI$  или  $ei$ ; если оно ниже нулевой линии - основным служит верхнее предельное отклонение.  $Es$  или  $es$ . Основное отклонение всегда имеет знак  $+$  или  $-$ . Основные отклонения отверстий, как правило, равны по числовому значению и противоположны по знаку основным отклонениям валов, обозначенной той же буквой.

В международной системе установлено 28 основных отклонений отверстий и валов. Они обозначаются буквами латинского алфавита: малыми - основные отклонения валов, большими - отверстий.

Установлено 19 квалитетов: 0,1; 0; 1; 2; ...; 17. Квалитеты устанавливают точность изготовления, чем больше номер качества, тем грубее требования к изготовлению. Допуски в посадках не должны отличаться более чем на 1 или 2 квалитета (большой допуск, как правило, назначается для отверстия).

При условном обозначении поля допуска сначала указывается основное отклонение, а затем квалитет. Например,  $H6$  - обозначает поле допуска отверстия с основным отклонением  $H$  6-го квалитета,  $g7$  обозначает основное отклонение  $g$  7-го квалитета. Вместе с полем допуска указывается и номинальный размер:  $40g6$ ,  $74H7$ , и т.п.

Две или несколько подвижно или неподвижно соединяемых деталей называются сопрягаемыми. Поверхности, по которым происходит соединение деталей, называются сопрягаемыми. Остальные поверхности называются свободными. В соответствии с этим различают размеры сопрягаемых и несопрягаемых (свободных) поверхностей. В соединении элементов двух деталей один из них является внутренним (охватывающим), другой - наружным (охватываемым). В системе допусков и посадок гладких соединений всякий наружный элемент условно называется валом, всякий внутренний - отверстием.

Основной вал - вал, верхнее отклонение которого равно нулю ( $es = 0$ ). Основное отверстие - отверстие нижнее отклонение которого равно нулю ( $EI = 0$ ). Допуски размеров соответствующих поверхностей называются допуском отверстия  $TD$  и допуском вала  $Td$ :

$$TD = D_{\max} - D_{\min}; TD = ES - EI; \quad (1)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min}; Td = es - ei. \quad (2)$$

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров и натягов. Посадка характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному перемещению.

В условное обозначение посадки входит номинальный размер, общий для соединяемых для соединяемых элементов (отверстия и вала), за которым следует обозначение полей допусков для каждого элемента. Поле допуска, относящееся к отверстию, пишется в числителе, а поле допуска относящееся, относящееся к валу - в знаменателе:  $40H7/g6, 75K7/H6 \dots$

Посадки подразделяются на три группы:

- посадки с натягом, при которых обеспечивается натяг в соединении;
- переходные посадки, при которых возможно получение как натягов, так и зазоров,
- посадки с зазором, при которых обеспечивается зазор в соединении.

Деление посадок по группам в стандартах на допуски и посадки производится в зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала.

К посадкам с зазором относятся посадки, в которых поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала в том числе «скользящие» посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала.

Наибольший и наименьший зазоры определяются выражениями:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei; \quad (3)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = (D + EI) - (d + es) = EI - es. \quad (4)$$

Допуск зазора  $TS$  (допуск посадки) определяется как разность между наибольшим  $S_{\max}$  и наименьшим  $S_{\min}$  допустимыми зазорами.

$$TS = S_{\max} - S_{\min} \quad (5)$$

К посадкам с натягом относятся посадки, в которых поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия. Наибольший и наименьший натяги определяются выражениями:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = (d + es) - (D + EI) = es - EI; \quad (6)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = (d + ei) - (D + ES) = ei - ES. \quad (7)$$

Допуск натяга  $TN$  (допуск посадки) определяется как разность между наибольшим  $N_{\max}$  и наименьшим  $N_{\min}$  допустимыми натягами:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} \quad (8)$$

К переходным посадкам относятся посадки, в которых поля допусков отверстия и вала перекрываются.

Допуск посадки - сумма допусков отверстия и вала составляющих соединение.

Системой допусков и посадок называется закономерно построенная совокупность стандартизированных допусков и предельных отклонений размеров детали, а также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные предельные отклонения.

Посадки выбирают исходя из условий работы машин и механизмов. Для всех диапазонов размеров установлены рекомендуемые посадки и для размеров 1-500 мм из них выделены предпочтительные. Посадки назначаются в системе вала и в системе отверстия.

Системой отверстия называется совокупность посадок, в которых предельные отклонения отверстия одинаковы, а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений валов. При этом нижнее предельное отклонение равно нулю, отверстие в этом случае называется основным и обозначается  $H$ .

Системой вала называется совокупность посадок, в которых предельные отклонения валов одинаковы, а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений отверстия. При этом верхнее предельное отклонение равно нулю, вал в этом случае называется основным и обозначается  $h$ .

*Измерением* называется совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения измеряемой величины. Результатом измерения является значение величины, полученное путем ее измерения.

*Средство измерений* (СИ) – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспринимающее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени. В зависимости от поставленной задачи или от отличительных признаков, имеющихся в средствах измерения, их подразделяют на меры, стандартные образцы, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки, измерительные системы.

Для измерительных приборов обязательно должны быть нормированы их метрологические характеристики. *Метрологические характеристики* СИ – это характеристики свойств средств измерений, оказывающие влияние на результаты измерений и на ее погрешность. Информация о назначении и метрологических характеристиках приведена в документации на средства измерений (в ГОСТе, ТУ, паспорте). Из метрологических характеристик средств измерения наибольшее значение имеют следующие: номинальное значение меры; пределы измерений прибора; диапазон показаний; цена деления шкалы; диапазон измерений средства измерений; измерительное усилие прибора; чувствительность средства измерений; основная погрешность средства измерений; дополнительная погрешность средства измерений.

При проведении линейных и угловых измерений на результаты измерений значительно влияют внешние условия: температура окружающей среды, атмосферное давление, влажность, вибрация и т.д. С целью практического исключения дополнительных погрешностей при линейно-угловых измерениях необходимо обеспечивать нормальные условия.

ГОСТ 8.050-73 регламентирует требования к нормальным условиям выполнения линейных измерений в пределах от 1 до 500 мм и измерений углов с длиной меньшей стороны до 500 мм:

Параметр	Значение
Температура окружающей среды, °С	20
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	101,3 (760)
Относительная влажность окружающего воздуха, %	58
Ускорение свободного падения, $m/s^2$	9,8

Допускаемые отклонения от нормального значения составляют для атмосферного давления  $\pm 4$

кПа ( $\pm 30$  мм рт. ст.) и для относительной влажности воздуха  $-18 \div +22$  %.

*Порядок выбора измерительных средств.* Средства измерения выбираются таким образом, чтобы их допускаемая погрешность в заранее установленных условиях применения (т.е. с учетом всех дополнительных погрешностей) не превышала допускаемой погрешности измерения, а трудоемкость и себестоимость измерений были возможно низкими.

В случае, если выбор средства измерения произведен по РД 50-98-86, оценка погрешности измерений выполняется в соответствии с этим документом. При самостоятельном выборе средств измерений необходимо произвести аналитическую или экспериментальную оценку погрешности измерений, которая не должна превышать допустимого значения.

*Порядок выбора измерительных средств следующий:* вначале устанавливается значение допускаемой погрешности измерения. Зависимость между пределом допускаемой погрешности измерений  $\delta$ , допусками на изготовление детали Т и номинальными размерами регламентирована ГОСТ 8.051-81<sup>1</sup>.

Установленные ГОСТ погрешности измерения являются наибольшими, которые можно допускать при измерениях, они включают как случайные, так и неучтенные систематические составляющие погрешности измерения.

По расчетной предельной погрешности измерения  $\delta_p$  определяются измерительные средства, с помощью которых может быть осуществлен процесс измерения. Значения погрешностей измерения линейных размеров наиболее распространенными средствами измерений приведены в РД 50-98-86<sup>2</sup>.

При выборе средств измерения следует учитывать неравенство  $|\delta_{\tau}| \leq \delta_p$ . Из тех средств измерения, табличные значения предельных погрешностей которых  $|\delta_{\tau}|$  удовлетворяют этому неравенству, выбирается то, при котором обеспечиваются наименьшие трудоемкость и стоимость измерений. Если данные о трудоемкости и стоимости измерений отсутствуют, то наиболее приемлемым следует считать средство с табличной погрешностью  $|\delta_{\tau}|$ , наиболее близкой к расчетной  $\delta_p$ .

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть.
2. Выбрать свой вариант по таблицам 3,4,5.
3. Для заданных посадок, выбранных в таблице 3, определить предельные отклонения, величины наибольших и наименьших зазоров и натягов, допуски.
4. Дать анализ всех стандартных посадок в системе вала и в системе отверстия по данным своего варианта, выбранного по таблицам 4 и 5.
5. Сделать выводы по работе и оформить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Наименование работы.
2. Цель и задачи работы.
3. Заполненную таблицу 1, содержащую расчет величины допуска, наибольшего и наименьшего предельных размеров, допуска посадок, взятых в таблице исходных данных 3.
4. Анализ всех стандартных посадок в системе вала и в системе отверстия по данным своего варианта, выбранного по таблицам 4 и 5.
5. Заполненную таблицу 2 для своего варианта.
6. Выводы по работе.

### Таблица 1- Результаты расчетов

[illegible]

Таблица 2 - Результаты расчетов

[illegible]

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Данные для выполнения практической работы следует принимать по таблицам 3, 4, 5.

Таблица 3 - Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Посадки	315H7/c8	50H7/s7	62H7/z6	400H8/d8	60H8/u8	200H7/e7	42H6/z5	105H7/f7	30H8/e8	12H7/z6	40H6/s5	80H8/S7
	80P7/h7	48N7/h6	32F7/h6	80R7/h6	80N6/h5	50H8/js7	10K6/h5	8S7/h6	48P7/h6	120E8/h7	105D8/h6	8Js7/h6

Таблица 4 - Исходные данные

Начальная буква фамилии студента	Вал	Отверстие	Номинальный диаметр	
			Вал	Отверстие
А-В	h5	H9	Из таблицы 5 по последней цифре номера зачетной книжки	
Г-Ж	h6	H10		
З-К	h7	H8		
Л-Н	h8	H5		
О-С	h9	H6		
Т-Я	h4	H7		

Таблица 5 - Исходные данные

Последняя цифра номера зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вал	Ø 65	Ø 75	Ø 45	Ø 40	Ø 55	Ø 90	Ø 130	Ø 175	Ø 190	Ø 290
Отверстие	Ø 215	Ø 160	Ø 115	Ø 270	Ø 25	Ø 20	Ø 35	Ø 60	Ø 140	Ø 15

### ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Дана посадка  $\varnothing 420 \frac{S6}{h5}$   
 $\varnothing 420 S6/h5$  - посадка с натягом

Таблица 1 – Результаты расчетов

Результаты расчетов											
Посадка	Dmax мм	Dmin мм	TD мм	dmax мм	dmin мм	Td мм	Зазоры S		Натяги N		Допуск посадки, мкм
							Smax, мкм	Smin, мкм	Nmax, мкм	Nmin, мкм	
$\varnothing 420 \frac{S6}{h5}$ $\varnothing 420 \begin{smallmatrix} -219 \\ -259 \end{smallmatrix}$	419,781	419,741	0,04	420	419,973	0,027			0,259	0,192	0,067

[illegible]

**Задача № 2.** Определить верхние и нижние предельные отклонения вала по заданным номинальным и предельным размерам.

Номинальный размер	4	10	16	5	8	12	25	32	125	20
Наибольший предельный размер	4,009	10	15,980	5,004	8,005	11,940	25,007	31,975	125	20,056
Наименьший предельный размер	4,001	9,984	15,930	4,996	7,972	11,820	24,993	31,950	124,92	20,035
Верхнее отклонение										
Нижнее отклонение										
Размер в чертеже										

**Задача №3.** Изобразить графически поля допусков отверстий и валов

Отверстие	$+0,040$	Вал $\varnothing 200$	$-0,3$
$\varnothing 125$	$+0,013$		
Вал $\varnothing 320$	$-0,070$	Отверстие $\varnothing 450$	$+0,020$
	$-0,125$		$-0,020$

**Задача № 4.** Определить годность валов, если известен размер к чертежу и действительные размеры.

$+0,3$	15						
$-0,2$							
$+0,5$	15	15,6	15,5	15,3	15,0	14,7	14,5
$+0,3$							
$-0,1$	15						
$-0,3$							

**Задача №5.** Определить годность отверстий, если известен размер к чертежу и действительные размеры.

$-0,4$	20						
$-0,5$							
$+0,1$	20	19,4	20,7	20,0	19,5	20,5	19,7
$+0,4$	20						
$+0,2$							

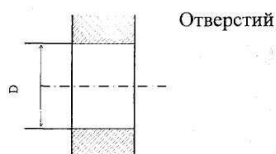
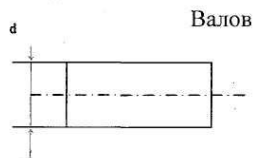
**Задача № 6.** Определить годность валов, по результатам их измерения.

Размер в чертеже	$110^{+0,040}_{-0,075}$	$24_{-0,14}$	$105_{-0,023}$	$75^{+0,11}_{-0,030}$	$85^{+0,260}_{+0,190}$
Действительный размер	109,958	23,98	105,002	74,87	85,2

**Задача № 7.** Определить годность отверстий, по результатам их измерения.

Размер в чертеже	$2^{+0,12}$	$40^{+0,060}$	$71_{-0,03}$	$8^{+0,004}_{-0,020}$	$105^{+0,09}_{+0,04}$	$85^{+0,07}$
Действительный размер	1,95	40,038	71,002	7,965	105,042	85

**Задача №8.** Нанести на чертеже размеры и предельные отклонения диаметров валов и отверстий.



d, мм	125	160	140	220	180	250 -
es, мкм	+40	0	+14	+230	-50	+45
ei, мкм	+13	-27	-14	+140	-90	+15

D, мм	10	50	12	80	16	125
ES, мкм	+ 100	+250	-22	+20	-3	+450
EI, мкм	0	+80	-48	-10	-30	+ 150

**Задача № 9.** Даны предельные размеры.

а) 14.0055 и 13.9945

б) 55,970 и 55,951

Определить предельные отклонения, записать номинальные размеры с предельными отклонениями и начертить схемы расположения полей допусков.

Сделать вывод.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3.** **ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ.**

Цель работы: Научиться определять шероховатость поверхности для деталей разного назначения.

Материалы для выполнения работы:

ГОСТ 25142—82. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики;

ГОСТ 2.309—73. Шероховатость поверхности. Термины и определения;

ГОСТ 2789—73. Обозначение шероховатости поверхностей.

#### **Описание практической работы:**

#### **Общие теоретические сведения.**

Шероховатость поверхности регламентируется следующими стандартами:

ГОСТ 25142—82. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики;

ГОСТ 2.309—73. Шероховатость поверхности. Термины и определения;

ГОСТ 2789—73. Обозначение шероховатости поверхностей.

Шероховатость поверхности влияет на работу деталей машин.

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость — ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров.

Шероховатость может быть следом от резца или другого режущего инструмента, копией неровностей форм или штампов, может появляться вследствие вибраций, возникающих при резании, а также в результате действия других факторов.

ГОСТ 2789—73 устанавливает следующие параметры шероховатости:

1. Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$ .
2. Высота неровностей профиля по десяти точкам  $R_z$ .
3. Наибольшая высота неровностей профиля  $R_{max}$ .
4. Средний шаг неровностей профиля  $S_m$ .
5. Средний шаг местных выступов  $S$ .
6. Относительная опорная длина профиля  $t_p$ .

#### **Нормирование параметров шероховатости поверхности**

Выбор параметров шероховатости поверхности производится в соответствии с ее функциональным назначением.

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр  $R_a$ , который лучше отражает отклонения профиля, поскольку определяется по значительно большему числу точек, чем  $R_z$ .

Параметр  $R_z$  нормируется в тех случаях, когда прямой контроль  $R_a$  с помощью профилометров невозможен (режущие кромки инструментов и т. п.).

Числовые значения параметров  $R_a$  и  $R_z$  приведены в таблице 1 (см. приложение). Следует применять в первую очередь предпочтительные значения.

Технологический процесс изготовления детали и окончательная обработка поверхности детали определяет ее шероховатость. Параметры шероховатости поверхности при различных методах ее обработки даны в табл. 3 (см. приложение).

Шероховатость (параметр  $R_a$ ) связана с точностью изготовления изделия, т. е. с качеством табл. 18 (см. приложение). Чем, меньше качество (уже поле допуска), тем более высокие требования к параметрам шероховатости.

В настоящее время существует несколько способов назначения шероховатости поверхности:

1. По выбору числовых значений для наиболее характерных видов сопряжений.
2. Шероховатость устанавливается стандартами на детали и изделия, а также на поверхности, с которыми они сопрягаются.

Пример 1.

На чертеже вала проставлен размер 30р6, но отсутствует параметр шероховатости. Известно, что вал будет соединен с деталью по посадке с натягом. Выбрать параметр шероховатости и по его числовому значению назначить вид окончательной обработки вала.

Решение

Согласно таблице 2 (см. приложение) назначают параметр  $R_a$  или  $R_z$ , - выбираем  $R_a$ . Для вала 6-го качества номинального размера 30 мм (интервал размеров «Св. 18 до 50 мм») по таблице 18 (приложение) могут быть назначены три значения  $R_a$ : 1,6; 0,8 и 0,4 мкм. Выбираем  $R_a = 0,8$  мкм. Согласно табл. 3 (приложение) требования по точности и шероховатости выполняются при обтачивании и тонком шлифовании.

3. Когда отсутствуют рекомендации по назначению шероховатости поверхности, ограничения шероховатости могут быть связаны с допуском размера (IT), формы (TF) или расположения (TP). Большинство геометрических отклонений детали должно находиться в пределах поля допуска размера.

Поэтому величину параметра  $R_z$  рекомендуется назначать не более 0,33 от величины поля допуска на размер либо 0,5...0,4 от допуска расположения или формы. Если элемент детали имеет все три допуска, то следует брать допуск с наименьшей величиной:

$$R_z = 0,33 IT \quad \text{или} \quad R_z = 0,5 TF; \quad \text{или} \quad R_z = 0,5 TP$$

Переход от параметра  $R_z$  к параметру  $R_a$  производится по соотношениям:

$$R_a = 0,25 R_z \quad \text{при} \quad R_z > 8 \text{ мкм} \quad \text{или} \quad \text{при} \quad R_z = 8 \text{ мкм};$$

$$R_a \approx 0,2 R_z \quad \text{при} \quad R_z < 8 \text{ мкм}.$$

После определения параметра  $R_a$  округляют до ближайшего числа из ряда стандартных значений (см. приложение таблица 1).

Пример 2

На чертеже детали задан размер  $\varnothing 42k6 \left( \begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$ . Определить параметр шероховатости  $R_a$ .

Решение

Допуск размера IT = 16 мкм. Параметр  $R_z = 0,33 IT = 0,33 \times 16 = 5,3$  мкм. Параметр  $R_a = 0,2 R_z = 0,2 \times 5,3 = 1,06$  мкм. Для нанесения на чертеже детали принимаем  $R_a = 0,8$  мкм.

Пример 3

На чертеже детали заданы  $\varnothing 36k6 \begin{pmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}$ , допуск радиального биения  $TR = 9$  мкм и отклонение от цилиндричности  $TF = 4$  мкм. Определить параметр шероховатости  $Ra$ .

#### Решение

Допуск размера  $IT = 13$  мкм, допуск  $TR = 9$  мкм, поэтому параметр  $Rz = 0,5 TF = 0,5 \times 4 = 2$  мкм. Параметр  $Ra = 0,2 Rz = 0,2 \times 2 = 0,4$  мкм. Для нанесения на чертеже детали принимаем  $Ra = 0,4$  мкм.

#### ЗАДАНИЕ:

1. Задано соединение (по варианту см. таблицу 1):

- определить характер соединения;
- выбрать параметр шероховатости;
- по числовому значению параметра шероховатости назначить вид окончательной обработки отверстия и вала.

Таблица 1

Варианты заданий								
1, 19	2, 20	3, 21	4, 22	5, 23	6, 24	7, 25	8, 26	9, 27
$\varnothing 15 \frac{H6}{p5}$	$\varnothing 20 \frac{H7}{s6}$	$\varnothing 110 \frac{H6}{r5}$	$\varnothing 90 \frac{H7}{t6}$	$\varnothing 45 \frac{H6}{s5}$	$\varnothing 10 \frac{H8}{s7}$	$\varnothing 85 \frac{H7}{p6}$	$\varnothing 50 \frac{H8}{u8}$	$\varnothing 72 \frac{H7}{r6}$
Варианты заданий								
10, 28	11, 29	12, 30	13, 31	14, 32	15, 33	16, 34	17, 35	18, 36
$\varnothing 75 \frac{H7}{t6}$	$\varnothing 30 \frac{H8}{s7}$	$\varnothing 130 \frac{H9}{u8}$	$\varnothing 80 \frac{H7}{s6}$	$\varnothing 12 \frac{H7}{r6}$	$\varnothing 28 \frac{H7}{p6}$	$\varnothing 35 \frac{H6}{s5}$	$\varnothing 60 \frac{H6}{r5}$	$\varnothing 48 \frac{H6}{p5}$

2. На чертеже задан размер (см. по варианту таблицу 2). Определить параметр шероховатости  $Ra$  по расчетным формулам.

Таблица 2

Варианты заданий					
1,7,13,19,25	2,8,14,20,26	3,9,15,21,27	4,10,16,22,28	5,11,17,23,29	6,12,18,24,30
$\varnothing 25 \begin{pmatrix} -0,020 \\ -0,041 \end{pmatrix}$	$\varnothing 15 \begin{pmatrix} +0,012 \\ +0,001 \end{pmatrix}$	$\varnothing 30 \begin{pmatrix} +0,035 \\ +0,022 \end{pmatrix}$	$\varnothing 45 \begin{pmatrix} -0,050 \\ -0,089 \end{pmatrix}$	$\varnothing 64 \begin{pmatrix} +0,039 \\ +0,020 \end{pmatrix}$	$\varnothing 85 \begin{pmatrix} +0,073 \\ +0,051 \end{pmatrix}$

3. По варианту задан размер детали, допуск формы и расположения. Определить параметр шероховатости  $Ra$  по расчетным формулам (см. таблицу 3).

Таблица 3

Варианты	Соединение	Допуск формы, мкм			Допуск расположения, мкм		
		плоскост- ность	круглость	цилинд- ричность	соосность	перпенди- кулярность	торцовое биение
1,7,13,19,25	$\varnothing 32 \begin{pmatrix} +0,064 \\ +0,025 \end{pmatrix}$	12				20	
2,8,14,20,26	$\varnothing 36 \begin{pmatrix} +0,064 \\ +0,025 \end{pmatrix}$		6		25		
3,9,15,21,27	$\varnothing 70 \begin{pmatrix} +0,134 \\ +0,060 \end{pmatrix}$			40			100
4,10,16,22,28	$\varnothing 55 \begin{pmatrix} -0,009 \\ -0,039 \end{pmatrix}$	10				16	

5,11,17,23,29	$\varnothing 18 \begin{pmatrix} +0,030 \\ +0,012 \end{pmatrix}$		6		10		
6,12,18,24,30	$\varnothing 50 \begin{pmatrix} +0,109 \\ +0,070 \end{pmatrix}$			16			25

4. Подробно записать решение своего варианта по всем пунктам выполнения работы.

### Порядок выполнения работы:

Задание 1.

1. Выписав по своему варианту задание, по таблице 5 (см. приложение) по системе отверстия и основному отверстию для заданного поля допуска вала определить характер соединения.
2. Для выбранного соединения по таблице 2 (см. приложение) выбрать параметр шероховатости.
3. Для отверстия и вала заданного качества и номинального размера по таблице 4 (см. приложение) выбрать числовое значение  $R_a$ , по которому (см. таблицу 3- приложение) назначить вид окончательной обработки отверстия и вала.

Задание 2.

Решать по образцу примера 2, для нанесения на чертеже принимать предпочтительное значение  $R_a$  по таблице 15 приложения.

Задание 3.

Решать по образцу примера 3, окончательным ответом принимать предпочтительное значение  $R_a$  по таблице 1 приложения.

### Контрольные вопросы:

1. Какими стандартами регламентируется шероховатость поверхности?
2. Как влияет на работу деталей машин шероховатость поверхности?
3. От чего зависит выбор параметров шероховатости поверхности?
4. Какие параметры являются основными при выборе шероховатости поверхности?

### ПРИЛОЖЕНИЯ К ПЗ №3.

Шероховатость поверхности (ГОСТ 2789—73)

Таблица 1.

Среднее арифметическое профиля $R_a$ , мкм				
<u>100</u>	10.0	1.00	<u>0.100</u>	0.010
80	8.0	<u>0.80</u>	0.080	0.008
63	<u>6.3</u>	0.63	0.063	
50	5.0	0.50	<u>0.050</u>	
40	4.0	<u>0.40</u>	0.040	
32	<u>3.2</u>	0.32	0.032	
<u>25</u>	2.5	0.25	<u>0.025</u>	
20	2.0	<u>0.20</u>	0.020	
16.0	<u>1.60</u>	0.160	0.016	
<u>12.5</u>	1.25	0.125	<u>0.012</u>	

Высота неровностей профиля по десяти точкам $R_z$ , мкм					
	1000	<u>100</u>	10.0	1.00	<u>0.100</u>
	800	80	8.0	<u>0.80</u>	0.080
	630	63	<u>6.3</u>	0.63	0.063

	500	<u>50</u>	5.0	0.50	<u>0.050</u>
	<u>400</u>	40	4.0	<u>0.40</u>	0.040
	320	32	<u>3.2</u>	0.32	0.032
	250	<u>25.0</u>	2.5	0.25	<u>0.025</u>
	<u>200</u>	20.0	2.0	<u>0.20</u>	
1600	160	16.0	<u>1.60</u>	0.160	
1250	125	<u>12.5</u>	1.25	0.125	

Примечание. Подчеркнутые отклонения являются предпочтительными при нормировании параметра.

Выбор параметров шероховатости в зависимости от эксплуатационных свойств поверхности детали. Таблица 2.

Условия работы поверхности детали.	Параметры шероховатости
Испытывают трение скольжения и качения, подвержены изнашиванию, должны быть износостойкими.	Ra (Rz), tp.
Испытывают контактные напряжения, должны иметь высокую контактную жесткость и прочность.	Ra (Rz), tp.
Испытывают переменные нагрузки, должны иметь виброустойчивость и прочность при циклических нагрузках.	Rmax, Sm (S).
Образуют герметичные соединения деталей.	Ra (Rz), tp.
Образуют неподвижность соединенных деталей, например в соединениях с натягом.	Ra (Rz)

Шероховатость поверхности при различных методах обработки.

Таблица 3.

Параметры шероховатости Ra, мкм	Наименование поверхности изделия	Метод обработки
50 – 25	Вал	Черновое обтачивание.
12,5 - 6,3	Зубчатое колесо Шлицевой вал (Отверстие)	Зубонарезание модульной фрезой. Предварительное шлицефрезерование. Черновое растачивание.
12,5 - 3,2	(Отверстие) (Плоская) Вал	Сверление и растачивание. Черновое торцовое фрезерование. Получистовое обтачивание
6,3 - 3,2	Зубчатое колесо (Отверстие)	Зубонарезание червячной фрезой. Черновое зенкерование.
6,3 - 1,6	(Плоская) (Отверстие)	Шабрение, чистовое торцовое точение, чистовое строгание. Получистовое растачивание
3,2 - 1,6	Зубчатое колесо Шлицевой вал	Зубонарезание долбяками. Предварительное шлифование.
3,2 - 1,25	(Отверстие) (Плоская)	Чистовое зенкерование. Черновое протягивание.
2,5 - 1,25 2,5 – 1 2,5 – 0,8 2,5 – 0,63 1,6 – 0,8	(Отверстие) Вал. » (Плоская) Шлицевая втулка	Черновое развёртывание. Предварительное шлифование. Чистовое обтачивание . Шабрение от себя. Шлицепротягивание.

1,25 – 0,63 1,25 – 0,32 1,25 – 0,2 1 – 0,2	(Отверстие) » Вал (Плоская)	Чистовое развертывание. Чистовое протягивание. Чистовое шлифование. Тонкое фрезерование.
1 – 0,32	Шлицевой вал Зубчатое колесо	Обкатывание шлицев. Обкатывание зубьев.
0,8 – 0,2 0,8 – 0,1 0,63 – 0,32 0,32 – 0,08 0,25 – 0,05 0,25 – 0,04 0,16 – 0,02	(Отверстие) Вал (Отверстие) » Вал (Отверстие) »	Тонкое растачивание. Тонкое обтачивание. Тонкое развертывание. Тонкое шлифование. То же Тонкое хонингование. Притирка.

Минимальные требования к шероховатости поверхности (по параметру Ra, мкм) в зависимости от допусков размера.

Таблица 4.

Допуск размера	Номинальные размеры, мм				Допуск размера	Номинальные размеры, мм			
	до 18	18 до 50	50 до 120	Св. 120		до 18	18 до 50	50 до 120	Св. 120
IT5	0,4	0,8	1,6	1,6	IT8	1,6	3,2	3,2	3,2
	0,2	0,4	0,8	0,8		0,8	1,6	3,2	3,2
	0,1	0,2	0,4	0,4		0,4	0,8	1,6	1,6
IT6	0,8	1,6	1,6	3,2	IT9	3,2	3,2	6,3	6,3
	0,4	0,8	0,8	1,6		1,6	3,2	3,2	6,3
	0,2	0,4	0,4	0,8		0,8	1,6	1,6	3,2
IT7	1,6	3,2	3,2	3,2	IT10	3,2	6,3	6,3	6,3
	0,8	1,6	1,6	3,2		1,6	3,2	3,2	6,3
	0,4	0,8	0,8	1,6		0,8	1,6	1,6	3,2

Поля допусков валов и отверстий по системе ЕСДП.

Таблица 5.

Система отверстия							
Основное отверстие Таблица 5	Поля допусков валов для образования посадок						
	с зазорами			переходных		с натягами	
	Таблица 7		Таблица 6	Таблица 8		Таблица 9	
H6	g6	g7	c9	<b>j6</b>	j7	p5	<b>p6</b>
<b>H7</b>	f4	f5	c11	k4	k5	p7	r5
<b>H8</b>	<b>f6</b>	<b>f7</b>	b9	<b>k6</b>	k7	<b>r6</b>	r7
<b>H9</b>	f8	f9	b11	m4	m5	s5	<b>s6</b>
H10	e5	e6	b12	m6	m7	s7	s8
<b>H11</b>	e7	<b>e8</b>	a9	n5	<b>n6</b>	t5	t6
H12	e9	d6	a11	n7	-	t7	u5
H13	d7	d8	-	-	-	u6	u7
H14	<b>d9</b>	d10	-	-	-	u8	v6
H15	<b>d11</b>	-	-	-	-	v7	x7
Система вала							
Основной вал Таблица 10	Поля допусков отверстий для образования посадок						
	с зазорами			переходных		с натягами	
	Таблица 12		Таблица 11	Таблица 13		Таблица 14	
h5	G7	F5	C9	J6	<b>JS7</b>	P7	P8

h6	F6	F7	C11	J7	JS8	P9	R6
h7	<b>F8</b>	F9	B9	J8	K5	R7	R8
h8	E5	E6	B11	K6	<b>K7</b>	S6	S7
h9	E7	E8	B12	K8	M5	T6	T7
h10	E9	E10	A9	M6	M7	-	U8
h11	D6	D7	A11	M8	N6	-	-
h12	D8	D9	-	<b>N7</b>	N8	-	-
h13	D10	D11	-	N9	-	-	-
h14	-	-	-	-	-	-	-

#### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4.**

##### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДОПУСКОВ НА УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ.**

**Цель работы:** формирование навыков определения величины допусков на угловые размеры.

**Задачи:**

- научиться пользоваться учебной, справочной и технической литературой и государственными стандартами;
- научиться определять величины допусков на угловые размеры.

**Оснащение:**

- комплект учебно-методической литературы;
- техническая литература и государственные стандарты;
- методические указания к выполнению лабораторной работы;
- микрокалькулятор.

Работа рассчитана на два академических часа.

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

В практике используются несколько систем измерения углов. Международная система единиц СИ, которая должна применяться как предпочтительная (ГОСТ 9867 – 61), предусматривает в числе дополнительных единиц угловую единицу - радиан.

*Радианом* называется угол между двумя радиусами (сторонами угла), вырезающий на окружности дугу, длина которой равна радиусу

$$\varphi = b/R, \quad (1)$$

где  $b$  - длина дуги,

$R$  - радиус окружности.

Самой распространенной и более удобной для измерений является система единиц, основанная на градусной мере, в которой для отсчета угла используются градус, минута и секунда.

*Градусом* ( $^{\circ}$ ) называется единица плоского угла, равная  $1/360$  части окружности. Градус равен 60 угловым минутам ( $'$ ), а минута - 60 угловым секундам ( $''$ ).

*Соотношения между градусом и радианом:*

$$360^{\circ} = 2\pi = 6,28318530 \text{ рад}; 1^{\circ} = 2\pi/360 = 0,0174529 = 1/57,3 \text{ рад};$$

$$1 \text{ рад} = 360/2\pi = 57^{\circ}17'45'' = 3437'45'' = 206265''. \quad (2)$$

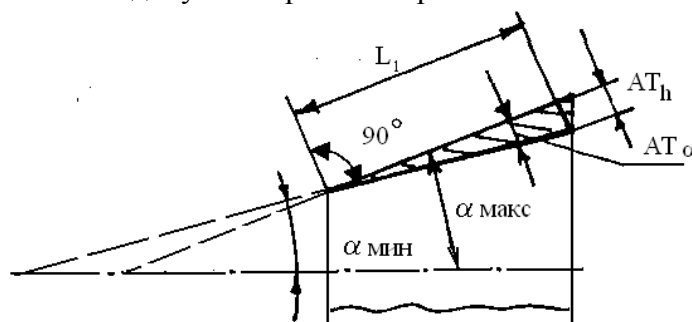
Для угловых размеров, так же как и линейных, существуют ряды нормальных углов. В отношении угловых размеров также используется понятие допуска, аналогичное допуску на линейный размер.

*Допуском угла* называется разность между наибольшим и наименьшим предельными допускаемыми углами. Допуск угла обозначается  $AT$ .

При нормировании точности угловых размеров не применяется понятие «отклонение». Предусматривается, что допуск может быть расположен по-разному относительно номинального значения угла. Допуск может быть расположен в плюсовую сторону от номинального угла ( $+AT$ ), или в минусовую ( $-AT$ ) или же симметрично относительно нулевой линии ( $\pm AT/2$ ). В первом случае нижнее, а во втором случае верхнее отклонения равны нулю, т.е. аналогично случаю отклонений как для основного отверстия и основного вала при нормировании точности линейных размеров.

При нормировании требований к точности угла значение допуска задается в зависимости от значения длины меньшей стороны, образующей угол, а не от значения номинального угла.

С учетом того, что значение угла можно выразить несколькими единицами (ГОСТ 8. 417 – 81), при нормировании требований к точности значения допуска выражается разными способами и



используется разное обозначение (рисунок 1):

Рисунок 1 – Способы выражения допуска на угловые размеры

$AT_\alpha$  - допуск, выраженный в радиальной мере, и соответствующее точное значение в градусной мере;

$AT'_\alpha$  - допуск, выраженный в градусной мере, но с округленным значением по сравнению с радиальным выражением;

$AT_h$  - допуск, выраженный в линейной мере длиной отрезка на перпендикуляре к концу меньшей стороны угла;

$AT_D$  - допуск, относящийся только к углу конуса и выраженный в линейной мере, но как разность диаметров на заданном расстоянии в сечении конуса плоскостями, перпендикулярными к оси конуса.

В отношении конусов допуск задается чаще всего в зависимости от длины образующей. Когда угол конуса небольшой (конусность не более 1:3), допуск задается в зависимости от длины конуса.

*Базовой плоскостью* называется плоскость, перпендикулярная к оси контура и служащая для определения осевого положения основной плоскости или осевого положения данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса.

*Базорасстоянием конического соединения  $Z_{ps}$*  называется осевое расстояние между базовыми плоскостями сопрягаемых наружного и внутреннего конусов.

Используя методы теории погрешностей можно получить выражение для вычисления допуска начального базорасстояния  $T_{ps}$ .

$$T_{ps} = 1/C \cdot (AT_{d1} + AT_{D2} + 2 Z_{ps} AT_{\alpha b} + 2 L_1 AT_{\alpha o}) + T_{L1}, \quad (3)$$

где  $C$  – конусность;

$AT_{d1}$  – допуск на размер большего диаметра наружного конуса (вала);

$AT_{D2}$  – допуск на размер меньшего диаметра внутреннего конуса (отверстие);

$AT_{\alpha b}$  – допуск на размер угла конуса вала;

$AT_{\alpha o}$  – допуск на размер угла конуса отверстия;

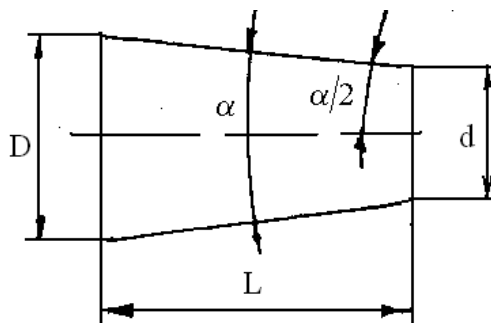
$T_{L1}$  – допуск на размер длины внутреннего конуса.

В ГОСТ 8908 – 81 установлены 17 рядов точности (с 1 по 17, понятие «степень точности» идентично понятию «кавалитет», «класс точности»).

*Обозначение точности* производится указанием условного обозначения допуска на угол и степени точности, например  $30^\circ AT5 (+^{+16})$ , на чертежах предельные отклонения угловых размеров указываются только числовыми значениями, например,  $60^\circ \pm 5'$ ,  $30^{+16}$ .

Размеры конусов могут задаваться различными способами.

Линейные размеры задаются диаметром большого основания  $D$ , диаметром малого основания  $d$  и длиной конуса  $L$ , под которой понимается расстояние между основаниями усеченного конуса (рисунок 2).



## Рисунок 2 – Геометрические параметры конического элемента детали

Угловые размеры конуса могут указываться несколькими вариантами.

Угол конуса  $\alpha$  - угол между образующими конуса в сечении конуса плоскостью, проходящей через ось конуса.

Часто вместо угла конуса указывают угол наклона  $\alpha/2$ , т.е., угол между образующей и осью конуса. Углы конуса и углы наклона задаются в градусной мере.

Для стандартизованных конических соединений указанные размеры угла конуса осуществляются чаще всего через понятие «конусность».

Конусность  $C$  - отношение размеров диаметров большого и малого основания к длине конуса, т.е.:  $C = (D - d)/L = 2 \operatorname{tg} (\alpha/2)$  (4)

Часто конусность указывают в виде отношения вида  $1:X$ , где  $X$  - расстояние между поперечными сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм (например, конусность выражена как  $1:20$ , т.е. два сечения с разностью диаметров 1 мм отстоят друг от друга на 20 мм).

В машиностроении широко применяются конусы под названием «конус Морзе» с номерами от 0 (ноль) до 6. Наибольшие диаметры у этих конусов находятся приблизительно от 9 мм (Морзе 0) до 60 мм (Морзе 6), а угол конуса, хотя и непостоянен у всех конусов, но близок к углу  $3^\circ$ .

Обозначение конусности на чертеже приведено на рисунке 3.

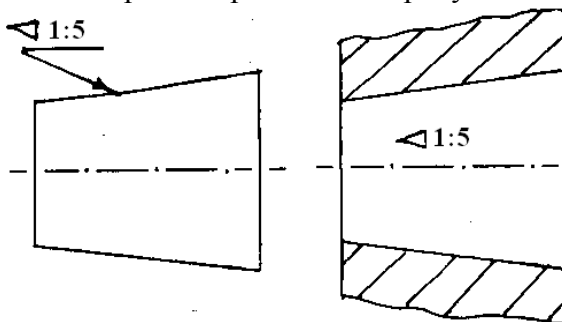


Рисунок 3 – Обозначение конусности на чертеже

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак, острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Знак конуса и конусность следует наносить в виде соотношения над осевой линией или на полке линии-выноски.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется допуском угла?
2. Дайте определение понятию конусность.
3. Дайте определение угла конуса.
4. От чего зависит допуск конуса?
5. Дайте определение понятию «базорасстояние».
6. Как может располагаться допуск относительно номинального значения угла?
7. Как задаётся значение допуска при нормировании требований к точности угла?

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть.
2. Выбрать свой вариант по таблице 1.
3. По заданным параметрам определить величины допусков: допуск на размер большого диаметра наружного конуса (вала)  $AT_{d1}$ , допуск на размер меньшего диаметра внутреннего конуса (отверстие)  $AT_{D2}$  и допуск на размер угла конуса вала  $AT_{\alpha o}$ .
4. Сделать эскиз соединения в соответствии с рисунком 4 и обозначить на нем допуск на размер угла конуса вала  $AT_{\alpha o}$ .
5. Сделать выводы по работе и оформить отчет.

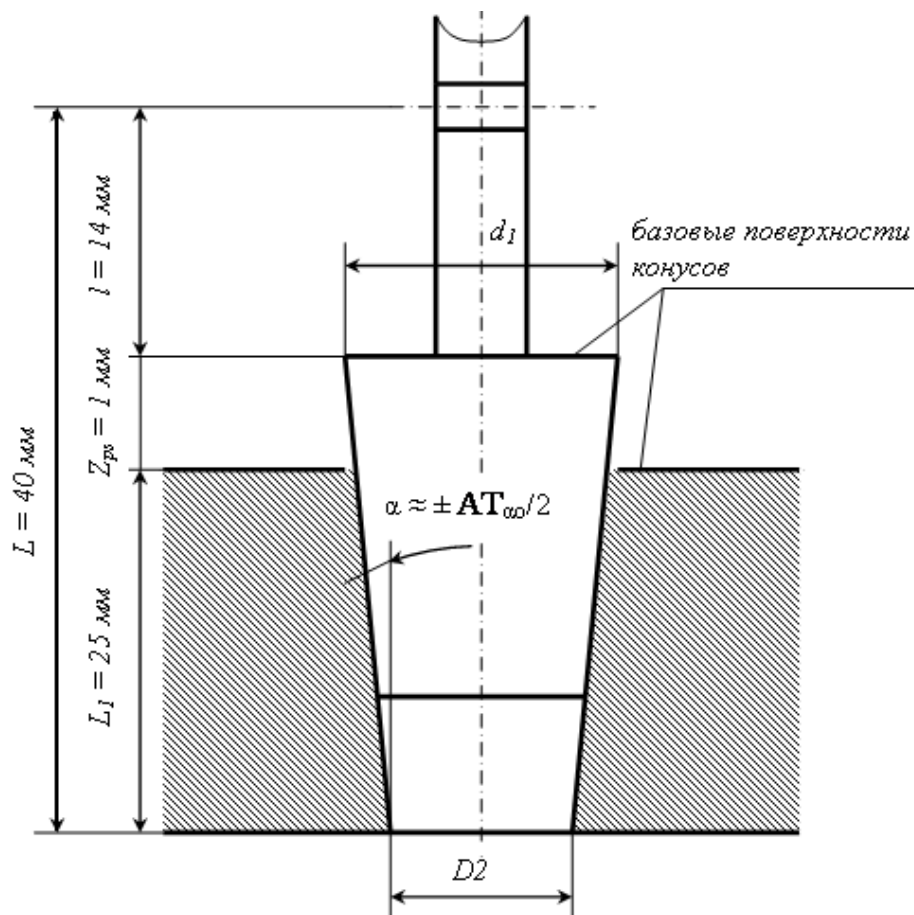


Рисунок 4 – Коническое соединение

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Наименование работы.

2. Цель и задачи работы.

3. Расчет величин допусков:

- допуск на размер большого диаметра наружного конуса (вала)  $AT_{d1}$ ,
- допуск на размер меньшего диаметра внутреннего конуса (отверстие)  $AT_{D2}$ ,
- допуск на размер угла конуса вала  $AT_{\alpha_0}$ .

1. Эскиз соединения с обозначенным на нем допуском  $AT_{\alpha_0}$ .

2. Выводы по работе.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

На рисунке 1 дано коническое соединение с параметрами:

- базорасстояние  $Z_{ps} = 1 \text{ мм}$ ;
- колебание размера  $L = 40 \text{ мм}$  допускается в пределах  $40 - 42 \text{ мм}$  ( $T_L = 2 \text{ мм}$ );
- по экономико-технологическим причинам размеры  $l = 14 \text{ мм}$  и  $L_1 = 25 \text{ мм}$  должны выполняться по 10-му квалитету,  $T_l = 0,035 \text{ мм}$ ,  $T_{L1} = 0,045 \text{ мм}$ ;
- остальные параметры следует принимать по таблице 1.

Определить допуск размеров  $AT_{d1}$ ;  $AT_{D2}$  и  $AT_{\alpha}$ .

Таблица 1 - Исходные данные

Параметры соединения	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
C	1:30 = 0,03	1:50 = 0,02	1:20 = 0,05	1:10 = 0,01	1:15 = 0,07	1:10 = 0,01
$\alpha$	1°54'35"	1°8'45"	2°51'51"	5°43'29"	3°49'6"	5°43'29"
$d_1$	10	20	30	40	50	60
Параметры	Вариант					

соединения	7	8	9	10	11	12
C	1:8 = 0,12	1:12 = 0,08	1:7 = 0,14	1:30 = 0,03	1:10 = 0,01	1:30 = 0,03
$\alpha$	7°9'9,6"	4°46'19"	8°10'16"	1°54'35"	5°43'29"	1°54'35"
d <sub>1</sub>	15	25	35	45	55	65

### ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Дано коническое соединение (рисунок 4) с параметрами:

конусность  $C = 1 : 20 = 0,05$  и соответственно угол конуса  $\alpha = 2^\circ 51' 51''$ ; базорасстояние:  $Z_{ps} = 1$  мм; колебание размера  $L = 40$  мм допускается в пределах  $40 - 42$  мм ( $T_L = 2$  мм); по экономико-технологическим причинам размеры  $l = 14$  мм и  $L_1 = 25$  мм должны выполняться по 10-му качеству  $T_1 = 0,035$  мм,  $T_{L1} = 0,045$  мм.

Определить допуск размеров  $AT_{d1}$  ( $d_1 = 20$  мм);  $AT_{D2}$  и  $AT_\alpha$  и номинальное значение размера меньшего диаметра внутреннего конуса (отверстия)  $D_2$ .

*Решение:* Используя формулу (4) для определения конусности, вычислим номинальное значение размера меньшего диаметра:

$$D_2 = d_1 - C \cdot L = 20 - 0,05 \cdot 26 = 18,7 \text{ мм},$$

где  $L = L_1 + Z_{ps} = 25 + 1 = 26$  мм.

Из уравнения размерной цепи, где  $L$  – замыкающее звено (рисунок 4), получим:

$$T_L = T_{L1} + T_{ps} + T_1.$$

Подставляя известные значения, найдем:  $T_{ps} = 2 - (0,035 + 0,045) = 1,92$  мм.

Перепишем уравнение (3) следующим образом:

$$AT_{d1} + AT_{D2} + 2Z_{ps}AT_{av} + 2L_1AT_{\alpha o} = (T_{ps} - T_{L1}) \cdot C.$$

Подставив известные числовые значения, преобразуем предыдущее уравнение:  $AT_{d1} + AT_{D2} + 2AT_{av} + 50AT_{\alpha o} = 0,09375$  мм.

Примем следующее распределение  $0,09375$  мм между слагаемыми левой части уравнения: допуски углов для вала выбираем по 9-ой степени точности  $AT_{d1} = 0,021$  мм, а для отверстия по 10-ой степени точности  $AT_{D2} = 0,033$ .

$AT_{\alpha o} = AT_{av}$ , т. к. угол  $\alpha$  и для вала и для отверстия один и тот же. Тогда  $AT_{\alpha o} = AT_{av} = (0,09375 - 0,021 - 0,033) / 52 = 0,00076$  рад.

Значение допуска на размер угла конуса вала  $AT_{\alpha o}$  необходимо перевести в те же единицы измерения, что и угол конуса  $\alpha$ , используя формулы (2):  $360/2\pi = 1$  рад.

$x = 0,00076$  рад;  $x = 360 \cdot 0,00076 / 2\pi = 0,044^\circ$ . Полученное значение в градусах необходимо перевести в минуты и в секунды:

$$44 / 1000 = x_1 / 60; \quad x_1 = 44 \cdot 60 / 1000 = 2',64$$

$$64 / 100 = x_2 / 60; \quad x_2 = 64 \cdot 60 / 100 = 38,4''$$

Значение допуска на размер угла конуса вала  $AT_{\alpha o} \approx 2'38,4''$ , что при  $L_1 = 25$  мм примерно соответствует 8-й степени точности.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5.** **РАСЧЕТ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ**

**Цель работы:** ознакомиться с методикой расчета шлицевых соединений.

#### **Задание**

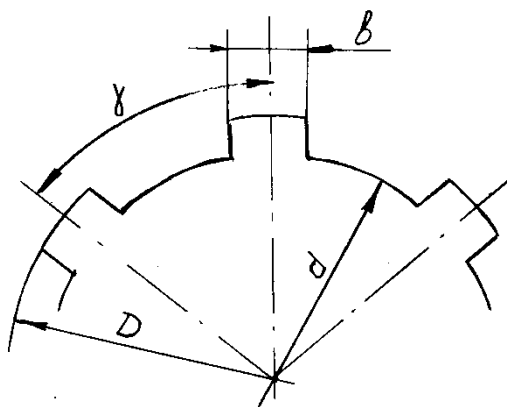
1. Рассчитать прямобоочное шлицевое соединение, построить схему расположения полей допусков для вала и втулки.
2. На чертеже сечения вала и втулки проставить необходимые размеры и шероховатость поверхностей.

#### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

В машиностроении применяют шлицевые соединения трех видов: прямобоочные, эвольвентные и треугольные. Наиболее совершенными являются эвольвентные шлицевые соединения, но в изготовлении они сложнее прямобоочных. Треугольные соединения применяют при малых нагрузках и взамен прессовых соединений. Поэтому пока преимущественно применяют прямобоочные шлице-

вые соединения.

К основным параметрам прямобочных шлицевых соединений относятся: наружный  $D$  и внутренний  $d$  диаметры шлицевых валов и втулок; число зубьев  $Z$ , угол расположения шлицев  $\gamma$  и ширина впадин и шлицев  $b$  (Рисунок 1).



**Рисунок 1** – Основные параметры.

ГОСТ 1139-80 распространяется на размеры и допуски шлицевых и прямобочных соединений. Стандарт устанавливает допуски для соединений с центрированием по внутреннему диаметру  $d$ , наружному диаметру  $D$  и по боковым сторонам зубьев  $B$ . По всем трем размерам ( $d$ ,  $D$ ,  $B$ ) предусмотрены посадки.

В зависимости от назначения и условий работы к шлицевым соединениям предъявляют различные требования в отношении точности и характера сопряжения по центрирующим и нецентрирующим поверхностям, поэтому установлено:

- для центрирующих поверхностей валов 20 полей допусков квалитетов

5-10 с основными отклонениями  $d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $g$  и  $h$  для образования посадок с зазорами, а также  $js$ ,  $k$ ,  $m$  и  $p$  для образования переходных посадок;

- для центрирующих поверхностей втулок поля допусков  $H6$ ,  $H7$ ,  $H8$  - для размеров  $D$ ,  $d$ , а также  $D8$ ,  $F9$ ,  $D10$ ,  $F10$ ,  $Js10$  - для размера  $B$ .

В условном обозначении шлицевого соединения указывают последовательно: вид центрирования, число зубьев  $z$ , внутренний диаметр  $d$ , наружный диаметр  $D$ , ширину шлица –  $B$ . Примеры условного обозначения шлицевых соединений:

центрирование по  $d$ :  $d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8}$

центрирование по  $D$ :  $D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{D10}{h9}$

центрирование по  $B$ :  $B - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{h8}$

Для нецентрирующего диаметра посадку в условном обозначении не указывают.

Стандартом предусмотрены для нецентрирующих диаметров постоянные поля допусков, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Нецентрирующий диаметр	вал	втулки
$d$	$d1$	$H11$
$D$	$a11$	$H12$

Не центрируемый диаметр  $d$  вала должен быть не менее диаметра  $d1$  (Таблица 2).

Полученных данных достаточно для того, чтобы на чертежах деталей шлицевого соединения проставить размеры.

Шероховатость поверхностей следует проставить в соответствии с рекомендуемыми числовыми значениями параметров (Таблица 3).

Таблица 3

Соединения	Значение параметра Ra, мкм					
	Впадина отверстия	Зуб вала	Центриров. поверхн.		Нецентрир. поверхн.	
			отверстия	вал	отверстия	вал
Неподвижные	1,6-3,2	1,6-3,2	0,8-1,6	0,4-0,8	3,2-6,3	1,6-6,3
Подвижные	0,8-1,6	0,4-0,8	0,8-1,6	0,4-0,8	3,2	1,6-3,2

**Расчет шлицевого соединения**

Из таблицы 4 выбрать по своему варианту задание и записать условное обозначение шлицевого соединения. Применяя таблицу 5, выполнить расчет соединения.

1 Расчет втулки.

1.1. Определить параметры наружного диаметра.

$D =$

$IT = TD =$

$ESD =$

$EID =$

$D_{max} =$

$D_{min} =$

1.2 .Определить параметры внутреннего диаметра.

$d =$

$IT = Td =$

$ESd =$

$EId =$

$d_{max} =$

$d_{min} =$

1.3. Определить параметры ширины паза.

$B =$

$IT = TB =$

$ESB =$

$EIB =$

$B_{max} =$

$B_{min} =$

2 Расчет вала.

2.1 Определить параметры наружного диаметра.

$D =$

$IT = TD =$

$esD =$

$eiD =$

$D_{max} =$

$D_{min} =$

2.2. Определить параметры внутреннего диаметра.

$d =$

$IT = Td =$

$esd =$

$eid =$

$d_{max} =$

$d_{min} =$

2.3. Определить параметры ширины шлица.

$b =$

$T_b = IT =$

$es_b =$

$ei_b =$

$b_{max} =$

$b_{min} =$

3 Расчет посадок.

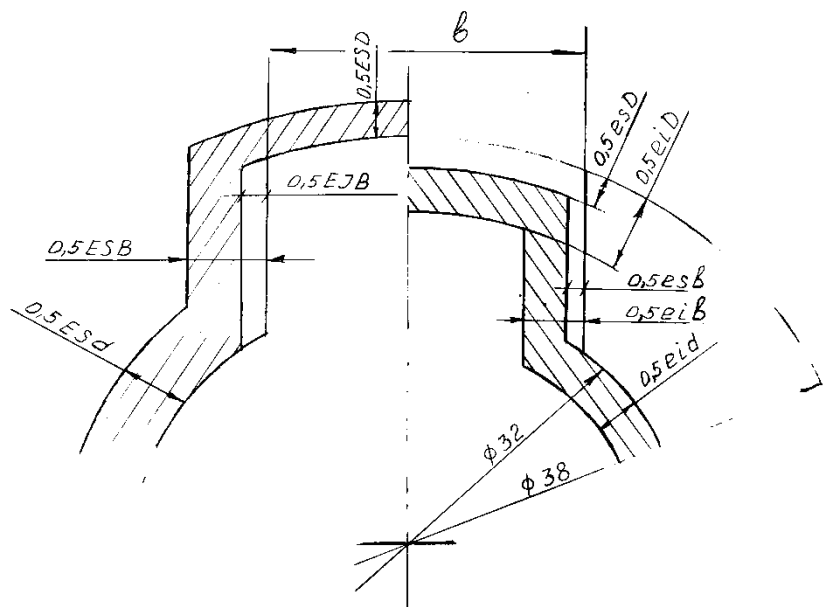
3.1 Расчет посадки по внутреннему диаметру.

3.2 Расчет посадки по наружному диаметру.

3.3 Расчет посадки по боковым сторонам шлицев.

4 Построить схему расположения полей допусков.

Пример построения схемы расположения полей допусков для шлицевого соединения:



$$d - 8 \times 32 \frac{H7}{h6} \times 38 \times 6 \frac{D9}{f7}$$

Таблица 2-Размеры прямоугольных шлицевых соединений, мм

$z \times d \times D \times b$	$d1$	$z \times d \times D \times b$	$d1$
<b>Легкая серия</b>			
6×23×26×6	22,1	8×56×62×10	53,6
6×28×32×7	26,7	8×62×68×12	59,8
8×32×36×6	30,4	10×72×78×12	69,6
8×36×40×7	34,5	10×82×88×12	79,3
8×42×46×8	40,4	10×92×98×14	89,4
8×46×50×9	44,6	10×102×108×16	99,9
8×52×58×10	49,7	10×112×120×18	108,8
<b>Средняя серия</b>			
6×11×14×3	9,9	8×42×48×8	39,5
6×13×16×3,5	12,0	8×46×54×9	42,7
6×16×20×4	14,5	8×52×60×10	48,7
6×18×22×5	16,7	8×56×65×10	52,2
6×21×25×5	19,5	8×62×72×12	57,8

6×23×28×6	21,3	10×72×82×12	67,4
6×26×32×6	23,4	10×82×92×12	77,1
6×28×34×7	25,9	10×92×102×14	87,3
8×32×38×6	29,4	10×102×112×16	97,7
8×36×42×7	33,5	10×112×125×18	106,3
<b>Тяжелая серия</b>			
10×16×20×2,5	14,1	10×46×56×7	40,9
10×18×23×3	15,6	16×52×60×5	47
10×21×26×3	18,5	16×56×65×5	50,6
10×23×29×4	20,3	16×62×72×6	56,1
10×26×32×4	23	16×72×82×7	65,9
10×28×35×4	24,4	20×82×92×6	75,6
10×32×40×5	28	20×92×102×7	85,5
10×42×52×6	36,9	20×102×115×8	94

Таблица 4 – Данные для расчета

Вариант	Соединение	Вариант	Соединение
<b>1</b>	D-6×23×26H7/f7×6F8/f7	<b>20</b>	d-16×52H7/h6×60×5D9/h8
<b>2</b>	D-20×112×125H7/k6×9F8/f8	<b>21</b>	D-6×11×14H7/g6×3D9/f7
<b>3</b>	D-8×52×60H7/f7×10F8/f7	<b>22</b>	d-8×36H7/g6×40×7F8/d8
<b>4</b>	d-16×56H7/f7×65×5F9/f9	<b>23</b>	d-8×32H7/h6×38×6D9/f7
<b>5</b>	d-8×36H7/g6×42×7D9/h9	<b>24</b>	b-6×26×30×6F9/f8
<b>6</b>	D-10×36×45H7/f7×5F8/f7	<b>25</b>	b-16×56×65×5Js9/d9
<b>7</b>	d-6×26H7/f7×30×6D9/k7	<b>26</b>	b-20×92×102×7D9/k7
<b>8</b>	d-6×23H7/f7×26×6F8/js7	<b>27</b>	D-10×36×45H6/f6×5F9/f8
<b>9</b>	D-10×28×35H7/n6×4F8/e8	<b>28</b>	d-6×23H6/f6×26×6F7/js6
<b>10</b>	d-16×72H7/js6×82×7D9/e8	<b>29</b>	D-8×52×60H7/e7×10D8/d9
<b>11</b>	d-20×102H8/e8×115×8D9/e8	<b>30</b>	d-8×62H8/g7×72×6D9/e8
<b>12</b>	D-8×52×60H8/e8×10D9/d9	<b>31</b>	d-6×26H7/f6×30×6D8/k7
<b>13</b>	b-8×46×54×9F9/e8	<b>32</b>	D-10×28×35H6/n6×4F8/f8
<b>14</b>	D-6×26×32H7/f7×6F8/e8	<b>33</b>	D-6×23×26H6/f6×6F8/f8
<b>15</b>	d-8×62H7/g6×72×6D9/e8	<b>34</b>	d-8×36H6/g6×42×7D9/h8
<b>16</b>	D-8×42×46H7/f7×8F8/f7	<b>35</b>	D-8×52×60H6/f6×10F8/f7
<b>17</b>	b-8×32×38×6D9/f8	<b>36</b>	b-8×32×38×6D9/d8
<b>18</b>	d-6×16H7/e8×20×4D9/k7	<b>37</b>	d-6×16H6/e7×20×4D9/k7
<b>19</b>	D-10×28×35H7/js6×4F8/f8	<b>38</b>	d-6×16H7/e7×20×4D8/k7

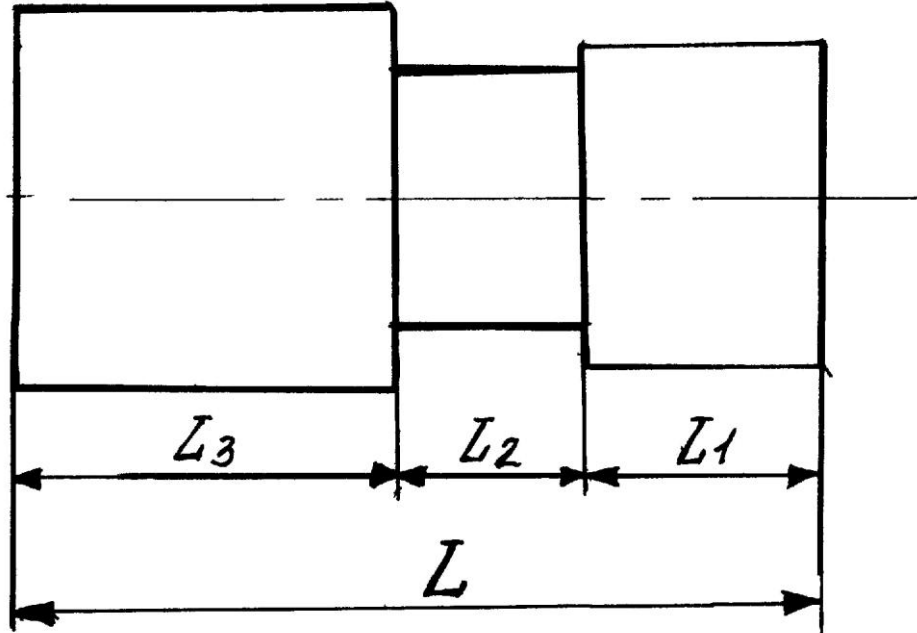
Таблица 5 – Предельные отклонения в микрометрах

d, мм	ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ																									
	H6	f6	g6	js6	k6	m6	n6	H7	e7	f7	js7	k7	m7	n7	D8	F8	H8	d8	e8	f8	D9	F9	Js9	D10	a11	H12
До3	+6 0	-6 -12	-2 -8	+3,5 -3,5	+6 0	+8 +2	+10 +4	+10 0	-14 -24	-6 -16	+5 -5	+10 0		+14 +4	+34 +20	+20 +6	+14 0	-20 -34	-14 -28	-6 -20	+45 +20	+31 +6	+12 -12	+60 +20	-270 -330	+100 0
3-6	+8 0	-10 -18	-4 -12	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+12 0	-20 -32	-10 -22	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	+48 +30	+28 +10	+18 0	-30 -48	-20 -38	-10 -28	+60 +30	+40 +10	+15 -15	+78 +30	-270 -345	+120 0
6-10	+9 0	-13 -22	-5 -14	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+15 0	-25 -40	-13 -28	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	+62 +40	+35 +13	+22 0	-40 -62	-25 -47	-13 -35	+76 +40	+49 +13	+18 -18	+98 +40	-280 -340	+150 0
10-18	+11 0	-16 -27	-6 -17	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+18 0	-32 -50	-16 -34	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	+77 +50	+43 +16	+27 0	-50 -77	-32 -59	-16 -43	+93 +50	+59 +16	+21 -21	+120 +50	-290 -400	+180 0
18-30	+13 0	-20 -33	-7 -20	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+21 0	-40 -61	-20 -41	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	+98 +65	+53 +20	+33 0	-65 -98	-40 -73	-20 -53	+117 +65	+72 +20	+26 -26	+149 +65	-300 -430	+210 0
30-40	+16 0	-25 -41	-9 -25	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+25 0	-50 -75	-25 -50	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	+119 +80	+64 +25	+39 0	-80 -119	-50 -89	-25 -64	+142 +80	+87 +25	+31 -31	+180 +80	-310 -470	+250 0
40-50																									-320 -480	
50-65	+19 0	-30 -49	-10 -29	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+30 0	-60 -90	-30 -6-	+15 -15	+32 +2	+41 +11	+50 +20	+146 +100	+76 +30	+46 0	-100 -146	-60 -106	-30 -76	+147 +100	+104 +30	+37 -37	+220 +100	-340 -530	+300 0
65-80																									-360 -550	
80-100	+22 0	-36 -58	-12 -34	+11 -11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+35 0	-72 -107	-36 -71	+17 -17	+38 +3	+48 +13	+58 +23	+174 +120	+90 +36	+54 0	-120 -174	-72 -126	-36 -90	+207 +120	+123 +36	+43 -43	+260 +120	-380 -600	+350 0
100-120																									-410 -630	
120-140	+25 0	-43 -68	-14 -39	+12 -12	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+40 0	-85 -125	-43 -83	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	+208 +145	+106 +43	+63 0	-145 -208	-85 -148	-43 -106	+245 +145	+143 +43	+50 -50	+305 +145	-460 -710	+400 0
140-160																									-520 -770	
160-180																									-580 -830	
180-200	+29 0	-50 -79	-15 -44	+14 -14	+33 +4	+46 +17	+60 +31	+46 0	-100 -146	-50 -96	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	+242 +170	+122 +50	+72 0	-170 -242	-100 -172	-50 -122	+285 +170	+165 +50	+57 -57	+355 +170	-660 -950	+460 0

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

**Цель:** Закрепить знания, полученные в процессе изучения темы, развить практические навыки в подсчёте отклонений, предельных размеров и допуска замыкающего звена.

**Задание:** Начертить схему размерной цепи и рассчитать номинальный размер, предельные размеры, отклонения и допуск замыкающего звена по известным номинальным размерам и отклонениям составляющих звеньев.



### *Методические указания:*

Прежде, чем приступить к решению задачи, необходимо определить виды составляющих звеньев размерной цепи и параметры звеньев размерной цепи.

№ варианта	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	№ варианта	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
1	100 <sup>+0,5</sup>	30 <sup>-0,3</sup>	40 <sup>-0,2</sup>	30	6	200 <sup>-0,5</sup>	20 <sup>+0,2</sup>	90 <sup>+0,3</sup>	90
2	120 <sup>-0,3</sup>	34	56 <sup>-0,1</sup>	30 <sup>+0,2</sup>	7	37 <sup>+0,1</sup>	17 <sup>+0,1</sup>	12 <sup>-0,4</sup>	8
3	120 <sup>+0,1</sup>	34 <sup>+0,05</sup>	56 <sup>+0,2</sup>	30	8	45 <sup>-0,4</sup>	15 <sup>-0,3</sup>	10	20 <sup>+0,2</sup>
4	45 <sup>+0,3</sup>	15	15 <sup>-0,1</sup>	15 <sup>+0,2</sup>	9	56 <sup>+0,5</sup>	6 <sup>-0,9</sup>	30 <sup>-0,3</sup>	20
5	65 <sup>-0,4</sup>	20 <sup>+0,2</sup>	25	20 <sup>+0,2</sup>	10	89 <sup>+0,75</sup>	19	45 <sup>+0,6</sup>	35 <sup>-0,7</sup>

**Расчёт произвести по формулам:**

- Номинальный размер замыкающего звена:  $A_0 = \sum_{i=1}^n A_i$
- Наибольший предельный размер замыкающего звена:  

$$A_0 (\max) = \sum_{i=1}^n A_i \text{ ув. (max)} - \sum_{i=1}^n A_i \text{ ум. (min)}$$
- Наименьший предельный размер замыкающего звена:  

$$A_0 (\min) = \sum_{i=1}^n A_i \text{ ув. (min)} - \sum_{i=1}^n A_i \text{ ум. (max)}$$
- Верхнее отклонение замыкающего звена:

$$ES(A_0) = \sum_{i=1}^n ES(A_{ув.i}) - \sum_{i=1}^n EI(A_{ум.i})$$

5. Нижнее отклонение замыкающего звена:

$$EI(A_0) = \sum_{i=1}^n EI(A_{ув.i}) - \sum_{i=1}^n ES(A_{ум.i})$$

6. Допуск замыкающего звена:

$$T(A_0) = \sum_{i=1}^n T(A_i)$$

Закончив вычисления замыкающего звена, напишите ответ:  $A_0 = A_{\text{н.з.}}$

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7.**

## **ПРИВЕДЕНИЕ НЕСИСТЕМНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ИЗМЕРЕНИЙ В СООТВЕТСТВИЕ С ДЕЙСТВУЮЩИМИ СТАНДАРТАМИ И МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМОЙ ЕДИНИЦ СИ.**

Цель работы: Научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.

Материалы для выполнения работы: ГОСТ 8.417-2002 — единицы физических величин.

### **Описание практической работы:**

### **Общие теоретические сведения.**

#### **Основы метрологии.**

Метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Физическая величина (ФВ) - характеристика одного из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общая в качественном отношении по многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальна для каждого объекта.

Значение физической величины - оценка ее размера в виде некоторого числа по принятой для нее шкале.

Единица физической величины - ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено значение равное единице и применяемая для количественного выражения однородных ФВ.

Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные (СИ), системные и внесистемные единицы.

#### **Международная система единиц физических величин.**

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется *системой единиц физических величин*. Единица основной ФВ является *основной единицей* данной системы. В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и канделла (табл.1).

Производная единица - это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Некоторые производные единицы системы СИ, имеющие собственное название, приведены в табл. 2.

# Основные единицы физических величин системы СИ.

Таблица 1

Величина			Единица		
Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение	
	Размерность	Рекомендуемое		русское	международное
Длина	L	l	метр	м	m
Масса	M	m	килограмм	кг	kg
Время	T	t	секунда	с	s
Сила электрического тока	I	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	Θ	T	кельвин	K	K
Количество вещества	N	n, ν	моль	моль	mol
Сила света	J	J	канделла	кд	cd

## Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название.

Таблица 2.

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через ед.СИ
Частота	$T^{-1}$	герц	Гц	$c^{-1}$
Сила, вес	$LMT^{-2}$	ньютон	Н	$m * kg * c^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	$m^{-1} * kg * c^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2MT^{-2}$	джоуль	Дж	$m^2 * kg * c^{-2}$
Мощность	$L^2MT^{-3}$	ватт	Вт	$m^2 * kg * c^{-3}$
Количество электричества	$TI$	кулон	Кл	$c * A$
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	В	$m^2 * kg * c^{-3} * A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	ф	$m^{-2} * kg^{-1} * c^4 * A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	Ом	$m^2 * kg * c^{-3} * A^{-2}$
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	Тл	$kg * c^{-2} * A^{-1}$

Для установления производной единицы следует:

- выбрать ФВ, единицы которых принимаются в качестве основных;
- установить размер этих единиц;
- выбрать определяющее уравнение, связывающее величины, измеряемые основными единицами, с величиной, для которой устанавливается производная единица. При этом символы всех величин, входящих в определяющее уравнение, должны рассматриваться не как сами величины, а как их именованные числовые значения;

Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. *Внесистемная единица* - это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на 4 вида:

- допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы - тонна; плоского угла - градус, минута, секунда; объема - литр и др. Некоторые внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл.3.

Таблица 3

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	$10^3$ кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объем	литр	л	$10^{-3}$ м <sup>3</sup>
Площадь	гектар	га	$10^4$ м <sup>2</sup>

- допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год - единицы длины в астрономии; диоптрия - единица оптической силы в оптике; электрон-вольт - единица энергии в физике и т.д.

- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля - в морской навигации; карат - единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

- изъятые из употребления, например; миллиметр ртутного столба - единица давления; лошадиная сила - единица мощности и некоторые другие.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. *Кратная единица* - это единица ФВ, в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины - километр равна 10 м, т.е. кратная метру. *Дольная единица* - единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10 м, т.е. является дольной. Приставки для образования кратных и дольных единиц СИ приведены в табл.4.

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований.

Таблица 4.

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
$10^{18}$	экса	Э	$10^{-1}$	деци	d
$10^{15}$	пета	П	$10^{-2}$	санتي	с
$10^{12}$	тера	Т	$10^{-3}$	милли	м
$10^9$	гига	Г	$10^{-6}$	микро	мк
$10^6$	мега	М	$10^{-9}$	нано	н
$10^3$	кило	к	$10^{-12}$	пико	п
$10^2$	гекто	г	$10^{-15}$	фемто	ф
$10^1$	дека	да	$10^{-18}$	атто	а

Существует соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными (см. таблицу 5)

Соотношения между единицами измерения.

Таблица 5

№ п.п	Величины	Единицы измерения в СИ	Соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.
1.	Длина	м	1 мкм = $10^{-6}$ м
2.	Масса	кг	1 т = 1000 кг

			1ц = 100 кг
3.	Температура	К	$0 = (t^{\circ}\text{C} + 273,15) \text{ К}$
4.	Вес (сила тяжести)	Н	1кг = 9,81Н 1дин = $10^{-5} \text{ Н}$
5.	Давление	Па	1бар = $10^5 \text{ Па}$ 1мбар = 100 Па $1\text{дин} / \text{см}^2 = 1\text{мкбар} = 0,1 \text{ Па}$ $1\text{кгс} / \text{см}^2 = 1 \text{ ат} = 9,81 \times 10^4 \text{ Па} = 735 \text{ мм.рт.ст.}$ $1 \text{ кгс} / \text{м}^2 = 9,81 \text{ Па}$ 1 мм.вод.ст. = 9,81 Па 1 мм.рт.ст. = 133,3 Па
6.	Мощность	Вт	$1 \text{ кгс} \times \text{м} / \text{с} = 9,81 \text{ Вт}$ $1 \text{ эрг} / \text{с} = 10^{-7} \text{ Вт}$ 1ккал/ч = 1,163Вт
7.	Объем	$\text{м}^3$	$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 1 \text{ дм}^3$
8.	Плотность	$\text{кг} / \text{м}^3$	$1 \text{ т} / \text{м}^3 = 1 \text{ кг} / \text{дм}^3 = 1 \text{ г} / \text{см}^3 = 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ $1 \text{ кгс} \times \text{с}^2 / \text{м}^4 = 9,81 \text{ кг} / \text{м}^3$
9.	Работа, энергия, количество теплоты	Дж	$1 \text{ кгс} \times \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$ $1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Дж}$ $1 \text{ кВт} \times \text{ч} = 3,6 \times 10^6 \text{ Дж} = 4,19 \text{ кДж}$

### ЗАДАНИЕ:

Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (повариантное задание по таблице 6).

### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с единицами физических величин и их размерностью по ГОСТ 8.417-2002 или по методическому указанию.

Оформить заголовочную часть практической работы и выполнить задание .

2. Перечертить задание по своему варианту (см. таблицу 5) в форме таблицы. Используя таблицы 1-4 данного пособия, выразить в соответствующих единицах заданные величины.

### Контрольные вопросы:

1. Дайте определение метрологии.
2. Продолжите: физическая величина...  
значение физической величины...  
единица физической величины...
3. Перечислите основные единицы Международной системы СИ.
4. Приведите примеры производных единиц СИ.
5. Выразить 1м в км, Мм, мм, дм.
6. Выразить 1 мм. рт. ст. в Па.

### ВЫРАЗИТЬ В СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ.

Таблица 6

Варианты заданий.					
1, 7, 13, 19		2, 8, 14, 20		3, 9, 15, 21	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
10м	мкм	100м	мм	100см	м
100кг	т	100кг	ц	100кг	г
$37^{\circ}\text{C}$	$\Theta =$	$32^{\circ}\text{C}$	$\Theta =$	$25^{\circ}\text{C}$	$\Theta =$
250К	$^{\circ}\text{C}$	450К	$^{\circ}\text{C}$	210 К	$^{\circ}\text{C}$

10Па	бар	10Па	Мбар	10Па	дин/см <sup>2</sup>
100Па	мм.рт.ст.	100Па	кгс/см <sup>2</sup>	100Па	мм.вод.ст.
1000 мм.рт.ст.	мбар	1000 мм.рт.ст.	Па	1000 мм.рт.ст.	кгс/ см <sup>2</sup>
10 Н	кг	10 Н	дин	10 Н	г
10Вт	ккал/ч	10Вт	эрг/с	10Вт	кгс*м/с
10Дж	ккал	10Дж	кВт*ч	10Дж	эрг
0,1л	см <sup>3</sup>	0,1л	дм <sup>3</sup>	0,1л	м <sup>3</sup>
0,1 м/с	м/ч	0,1 м/с	км/с	0,1 м/с	км/ч
10 А	ГА	10 А	кА	10 А	МА
100Вт	МВт	100Вт	сВт	100Вт	дВт
1 кг / м <sup>3</sup>	кг/дм <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	г/м <sup>3</sup>
Варианты заданий.					
4, 10,16, 22		5, 11, 17, 23		6,12,18, 24	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
1Мм	м	10мкм	м	100мм	м
10т	кг	100ц	т	100г	кг
48 °С	Θ =	53 °С	Θ =	70 °С	Θ =
375К	°С	273К	°С	300К	°С
10Па	ат	10Па	мм.рт.ст.	10Па	мбар
100Па	кгс/м <sup>2</sup>	100Па	мкбар	100Па	дин/м <sup>2</sup>
1000 мм.рт.ст.	дин/см <sup>2</sup>	1000 мм.рт.ст.	ат	1000 мм.рт.ст.	кгс/м <sup>2</sup>
10 Н	дг	10 Н	сг	10 Н	дин
1Вт	ккал/ч	1Вт	кгс*м/с	1Вт	эрг/с
1Дж	ккал	1Дж	кВт*ч	1Дж	эрг
0,01л	см <sup>3</sup>	0,01л	дм <sup>3</sup>	0,01л	м <sup>3</sup>
0,1 м/с	м/мин	0,1 м/с	км/мин	0,01 м/с	км/ч
0,1 А	гА	0,1 А	сА	0,1 А	МА
1Вт	МВт	1Вт	сВт	1Вт	дВт
1 кг / м <sup>3</sup>	кг/дм <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	мг/ м <sup>3</sup>

Ответы к заданию. ВЫРАЗИТЬ В СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ.

Таблица

Варианты заданий.					
1,7, 13, 19		2,8, 14, 20		3, 9, 15, 21	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
10м	10 <sup>7</sup> мкм	100м	10 <sup>5</sup> мм	100см	1м
100кг	0,1т	100кг	1,0 ц	100кг	10 <sup>5</sup> г
37 °С	Θ = 310,15К	32 °С	Θ = 305,15К	25 °С	Θ = 298,15К
250К	t = - 23,15 °С	450К	t = 176,85 °С	210 К	t = - 63,15 °С
10Па	10 <sup>-4</sup> бар	10Па	10 <sup>-10</sup> Мбар	10Па	10 <sup>2</sup> дин/см <sup>2</sup>
100Па	0,75 мм.рт.ст.	100Па	1,02х10 <sup>-3</sup> кгс/см <sup>2</sup>	100Па	10,2 мм.вод.ст.
1000 мм.рт.ст.	0,13х10 <sup>4</sup> мбар	1000 мм.рт.ст.	1,333х10 <sup>5</sup> Па	1000 мм.рт.ст.	1,36 кгс/ см <sup>2</sup>
10 Н	1,02кг	10 Н	10 <sup>6</sup> дин	10 Н	1,02х10 <sup>3</sup> г
10Вт	8,6 ккал/ч	10Вт	10 <sup>8</sup> эрг/с	10Вт	1,02 кгс*м/с
10Дж	2,4х10 <sup>3</sup> ккал	10Дж	2.8х10 <sup>6</sup> кВт*ч	10Дж	10 <sup>8</sup> эрг
0,1л	100 см <sup>3</sup>	0,1л	0,1 дм <sup>3</sup>	0,1л	0.1х10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup>

0,1 м/с	360 м/ч	0,1 м/с	0,0001км/с	0,1 м/с	$3,6 \times 10^6$ км/ч
10 А	$10^{-8}$ ГА	10 А	0,01кА	10 А	$10^{-5}$ МА
100Вт	$10^{-4}$ МВт	100Вт	$10^4$ сВт	100Вт	$10^3$ дВт
1 кг / м <sup>3</sup>	$10^{-4}$ кг/дм <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	$10^{-4}$ г/см <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	$10^3$ г/м <sup>3</sup>
Варианты заданий.					
4, 10,16, 22		5, 11, 17, 23		6,12,18, 24	
Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
1Мм	$10^6$ м	10мкм	$10^{-5}$ м	100мм	0,1м
10т	$10^4$ кг	100ц	10 т	100г	0,1 кг
48 °С	Θ = 321,15K	53 °С	Θ = 326,15K	70 °С	Θ = 343,15K
375К	t = 101,85 °С	273К	t = - 0,15 °С	300К	t = 26,85 °С
10Па	$1,02 \times 10^{-3}$ ат	10Па	$7,5 \times 10^{-2}$ мм.рт.ст.	10Па	0,1 мбар
100Па	$10,2$ кгс/м <sup>2</sup>	100Па	$10^3$ мкбар	100Па	$10^7$ дин/м <sup>2</sup>
1000 мм.рт.ст.	$1,335 \times 10^6$ дин/см <sup>2</sup>	1000 мм.рт.ст.	1,36 ат	1000 мм.рт.ст.	$1,36 \times 10^4$ кгс/м <sup>2</sup>
10 Н	$1,02 \times 10^2$ дГ	10 Н	10,2сг	10 Н	$10^6$ дин
1Вт	0,86 ккал/ч	1Вт	0,1кгс*м/с	1Вт	$10^7$ эрг/с
1Дж	$0,24 \times 10^3$ ккал	1Дж	$2,8 \times 10^5$ кВт*ч	1Дж	$10^7$ эрг
0,01л	$10$ см <sup>3</sup>	0,01л	$0,01$ дм <sup>3</sup>	0,01л	$0,1 \times 10^{-4}$ м <sup>3</sup>
0,1 м/с	6 м/мин	0,1 м/с	$0,6 \times 10^{-4}$ км/мин	0,01 м/с	0,036 км/ч
0,1 А	0.001 гА	0,1 А	10 сА	0,1 А	$10^{-7}$ МА
1Вт	$10^3$ МВт	1Вт	100 сВт	1Вт	10 дВт
1 кг / м <sup>3</sup>	$10^{-3}$ кг/дм <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	$10^{-3}$ г/см <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	$10^6$ мг/ м <sup>3</sup>

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1.

### ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

**Цель работы:** Научиться определять допуски формы и расположения поверхностей деталей.

#### **Теоретический материал:**

*Точность изготовления детали* определяется как ее размерами, так и соблюдением формы и расположения отдельных поверхностей этой детали.

Форма поверхности и взаимное расположение поверхностей у изготовленных деталей практически всегда имеют отличия от того, что было предусмотрено при разработке конструкции изделия.

#### **1 Отклонения формы**

*Отклонение формы* – это отклонение формы реального элемента детали от номинальной формы.

*Номинальная форма* – идеальная номинальная форма элемента, которая задана чертежом.

Отклонение формы оценивается наибольшим отклонением от точек реального элемента до прилегающего элемента.

Основные отклонения формы указаны на схеме

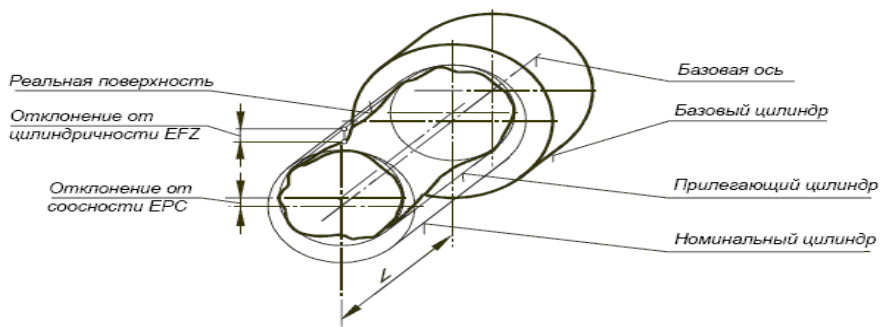


Рисунок 1

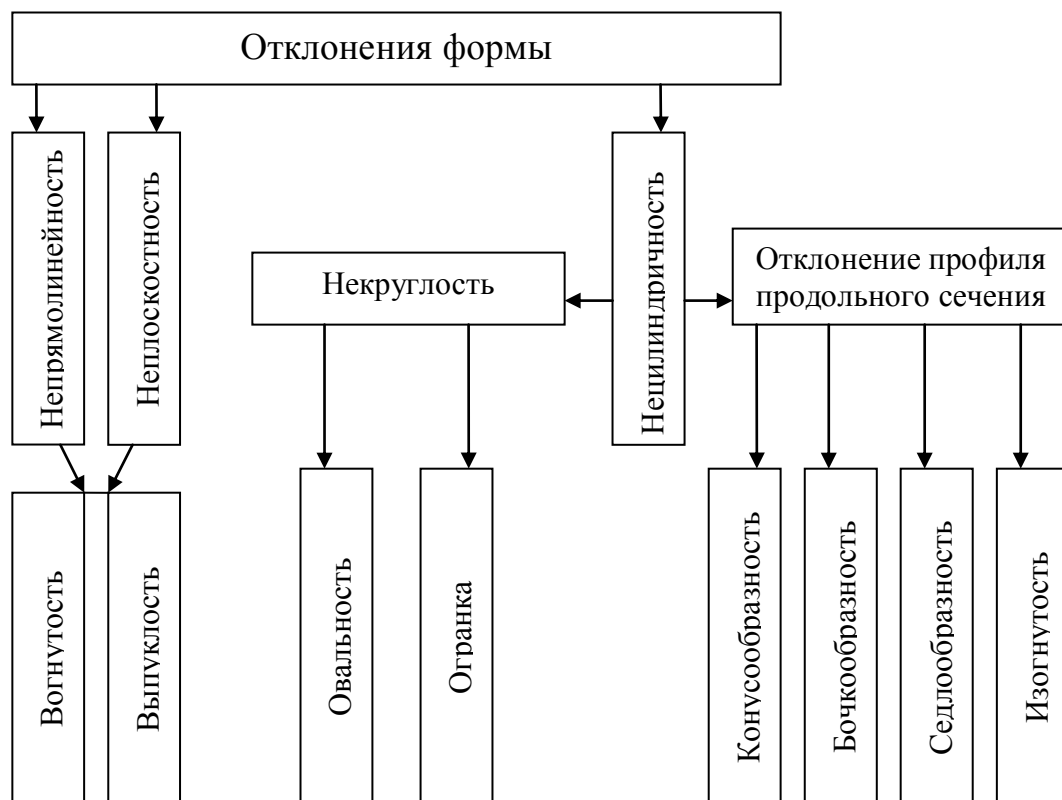
Допуски формы и расположения поверхностей регламентируются следующими стандартами.

ГОСТ 24642-81 . Допуски формы и расположения поверхностей.

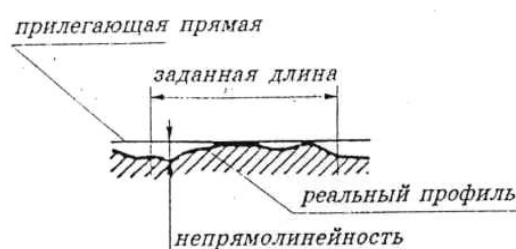
ГОСТ 24643-81 . Основные термины и определения.

ГОСТ 25069-81 . Числовые значения отклонений формы и взаимного положения.

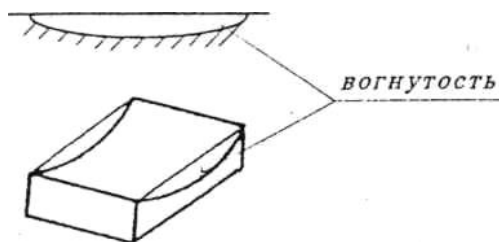
ГОСТ 2.308-79 . Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.



**1.1 Неплоскостность** (отклонение от плоскостности) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости.



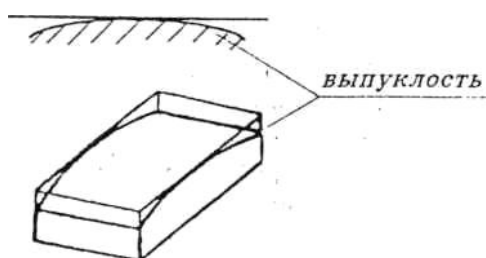
**1.2 Непрямолинейность** (отклонение от прямолинейности) - наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой



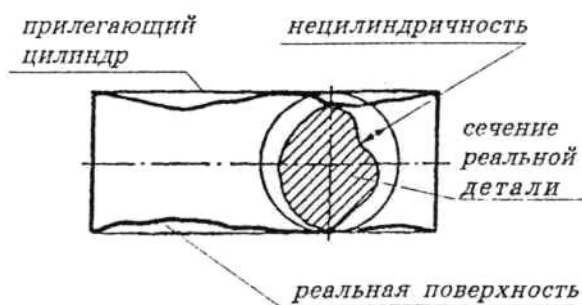
### 1.3 Вогнутость и выпуклость

Элементарными (простейшими) видами неплоскостности и непрямолинейности являются вогнутость и выпуклость.

**Вогнутость** – отклонение, при котором удаление точек реальной поверхности (профиля) от прилегающей плоскости (прямой) увеличивается от краев к середине



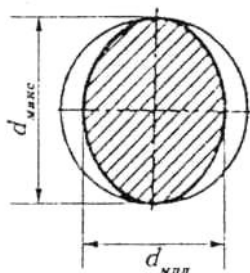
**Выпуклость** – отклонение, при котором удаление точек реальной поверхности (профиля) от прилегающей плоскости (прямой) уменьшается от краев к середине.



**1.4 Нецилиндричность** (отклонение от цилиндричности) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра. Нецилиндричность включает некруглость и отклонение от профиля продольного сечения.



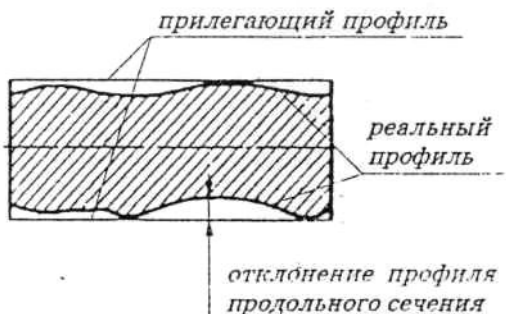
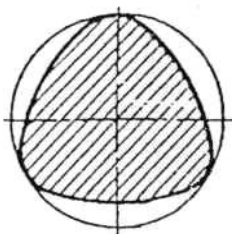
**1.5 Некруглость** (отклонение от округлости) – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности. Некруглость характеризует совокупность всех отклонений формы поперечного сечения цилиндрической плоскости.



### 1.6 Овальность и огранка

Элементарными видами некруглости являются овальность и огранка.

**Овальность** – отклонение, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

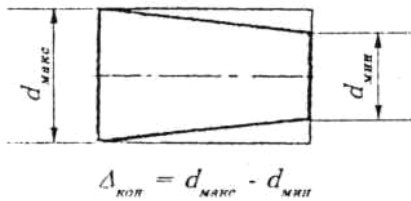


**Огранка** – отклонение, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру.

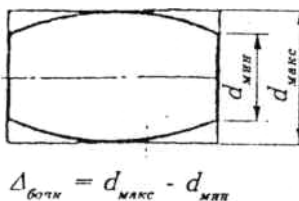
### 1.7 Отклонение профиля продольного сечения

Отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности – наибольшее расстояние от точек реального профиля до соответствующей стороны прилегающего профиля.

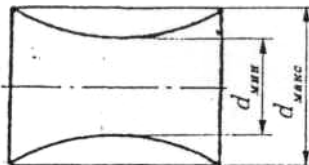
Элементарными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность, седлообразность, изогнутость.



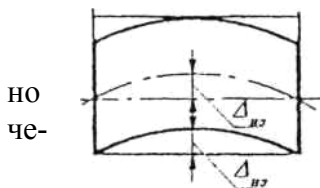
1.8 Конусообразность – отклонение, при котором образующие продольного сечения прямолинейны, но не параллельны.



1.9 Бочкообразность – прямолинейность образующих, при которой диаметры увеличиваются от краев к середине сечения.



1.10 Седлообразность – непрямолинейность образующих, при которой диаметры уменьшаются от краев к середине сечения.

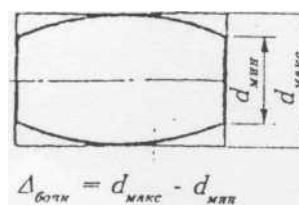


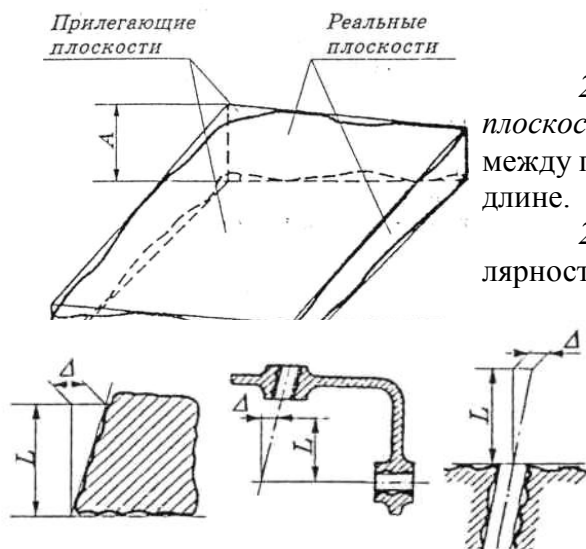
1.11 Изогнутость – непрямолинейность геометрического места центров поперечных сечений цилиндрической поверхности. Количественно изогнутость оценивается так же, как отклонение профиля продольного сечения.

### Отклонения расположения поверхностей

Отклонения расположения – это отклонение реального расположения элемента от его номинального расположения.

Основные отклонения расположения указаны на схеме





**2.1.1 Непараллельность** (отклонение от параллельности) *плоскостей* – разность наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями на заданной площади или длине.

**2.2 Неперпендикулярность** (отклонение от перпендикулярности) *плоскостей, осей или оси и плоскости* – отклонение угла между плоскостями, осями или осью и плоскостью от прямого угла ( $90^0$ ), выраженное в линейных единицах на заданной длине.

**2.3 Несоосность**

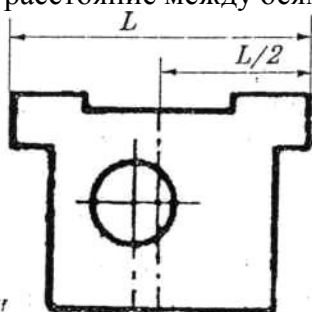
**2.3.1 Несоосность** (отклонение от осности) *относительно базовой поверхности* – наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности и осью базовой поверхности на всей длине рассматриваемой поверхности или расстояние между этими осями в заданном сечении.

**непересечение осей**

базовая поверхность

несоосность

*осей* (отклонение от пересечения) – расстояние между осями, номинально мися.



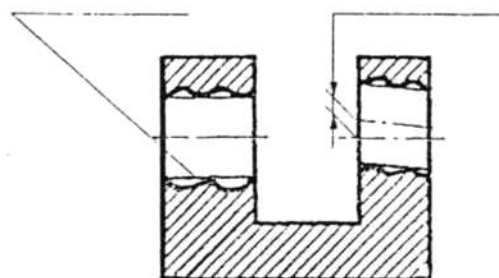
базовая плоскость симметрии

несимметричность

сим-

(от-

симметричности) – наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (осью симметрии) рассматриваемой поверхности и плоскостью симметрии (осью симметрии) базовой поверхности.

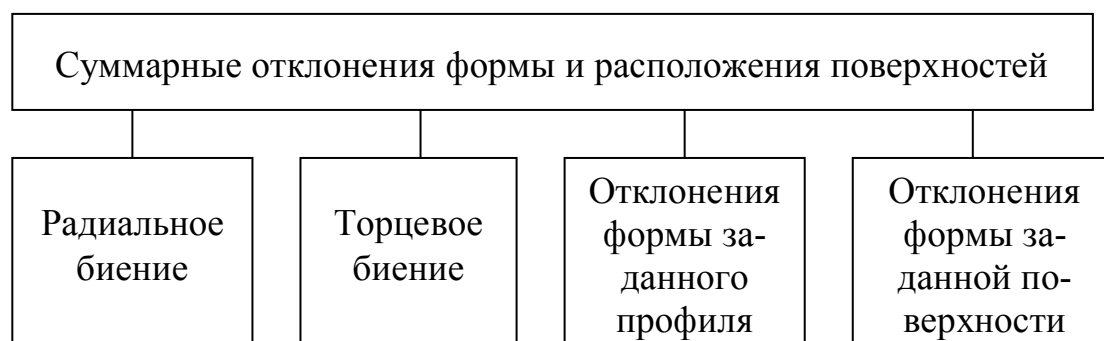


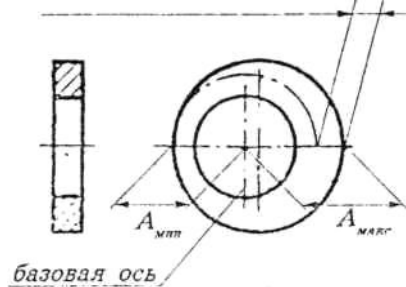
**2.4 Непересечение** кратчайшее пересекающе-

**2.5 Неметричность** клонение от

### 3 Суммарные отклонения формы расположения и расположения поверхностей

В ряде случаев неточность изготовления деталей связана с суммированием отклонений формы и расположения поверхностей.

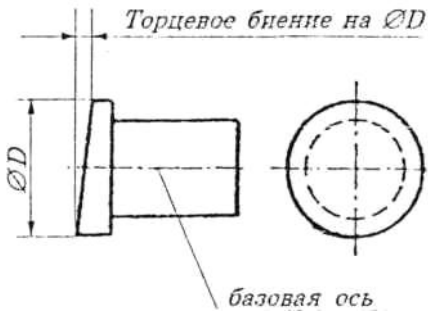




$$\text{Радиальное биение} = A_{\text{max}} - A_{\text{min}}$$

**3.1 Радиальное биение** – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси вращения в сечении, перпендикулярном к этой оси.

Радиальное биение является результатом смещения центра (эксцентриситета) рассматриваемого сечения относительно оси вращения (эксцентриситет вызывает вдвое большее по величине радиальное биение) и некруглости.



**3.2 Торцевое биение** – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной торцевой поверхности, расположенных на окружности заданного диаметра, до плоскости, перпендикулярной к базовой оси вращения.

Торцевое биение является результатом неперпендикулярности торцевой поверхности к базовой оси и отклонений формы торца по линии измерения.

#### 4 Допуски формы и расположения поверхностей

Отклонение формы детали и расположения поверхностей оцениваются допусками.

**4.1 Допуск формы** – наибольшее допустимое значение отклонения формы.

поле допуска формы

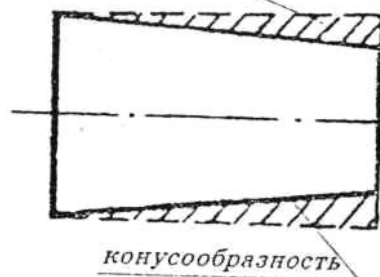
Отклонение формы не должно превышать допуск размера.

Поле допуска формы – область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки рассматриваемого элемента.

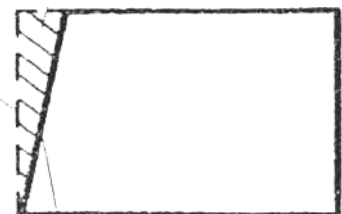
**4.2 Допуск расположения поверхностей**

поле допуска расположения поверхности Б

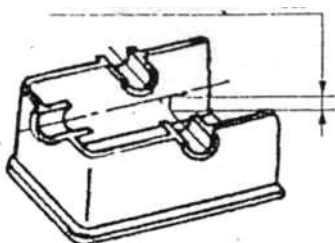
поверхность Б



перпендикулярность



не-



**Допуск расположения** – предел, ограничивающий допустимое значение отклонения расположения поверхностей.

Поле допуска расположения – область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка.

#### 4.3 Обозначение допусков формы и расположения

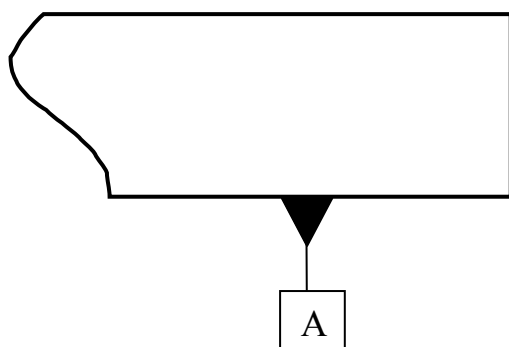
Допуски формы и расположения поверхностей обозначаются на чертежах знаками, приведенными в таблице


Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля предельного сечения	
	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
Допуск наклона	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарный допуск формы и расположения	Допуск радиального биения	
	Допуск торцевого биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцевого биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	

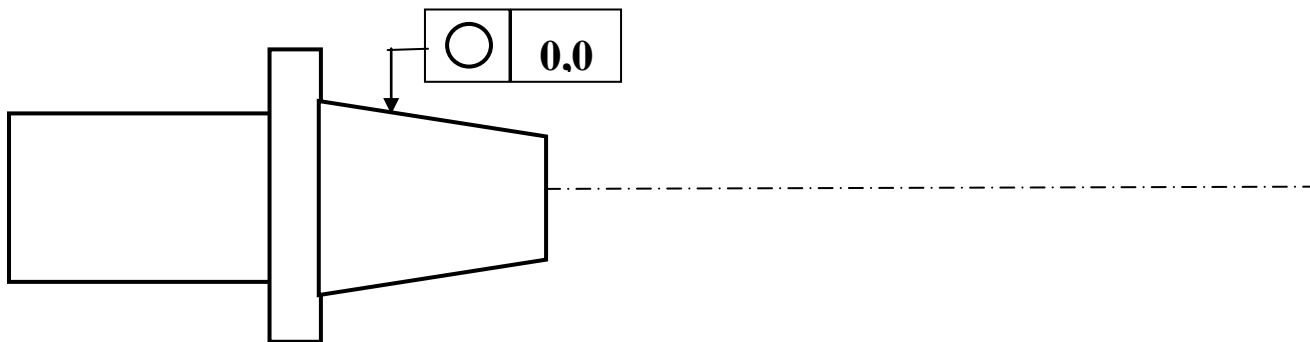
#### 5 Базы

Для оценки точности расположения поверхности назначают базы.

База – это элемент детали, определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение расположения.

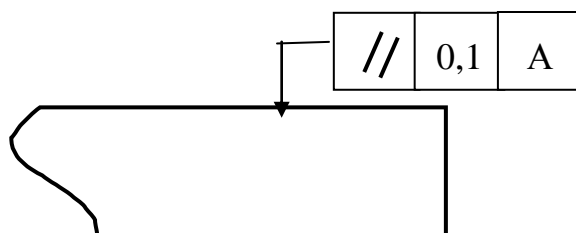


Базовая поверхность на чертеже обозначается символом «» - равносторонним заштрихованным угольником, основание которого лежит на базовой поверхности, а буквенное обозначение базы (А) проставляют в рамке в виде квадрата.



Данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают на чертежах в прямоугольной рамке, разделенной на две или три части.

В первой графе рамки ставят знак допуска, во второй – числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей – буквенное обозначение базы – поверхности, с которой связан допуск расположения.



Если числовые значения допуска формы и расположения поверхностей, указанные в рамке, относятся ко всей длине поверхности, то применяют обозначение, показанное на рисунке



Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины (или площади), то заданную длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отдают от него наклонной линией, которая не должна касаться рамки.

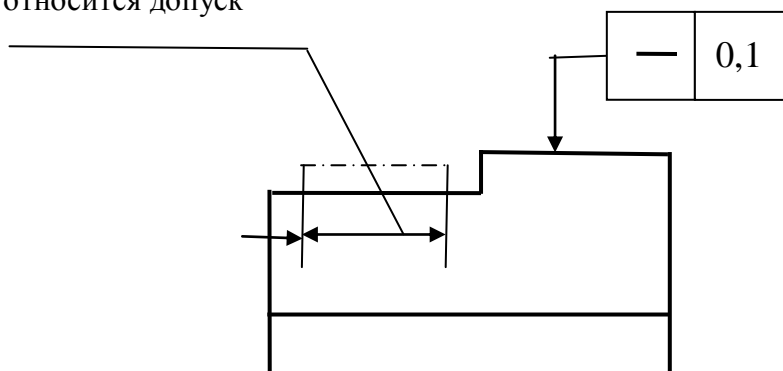
*Пример*

Длина – 100 мм,  
площадь –  $20 \times 100 \text{ мм}^2$



Когда допуск относится к участку, расположенному в определенном месте элемента, этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами.

участок, которому  
относится допуск



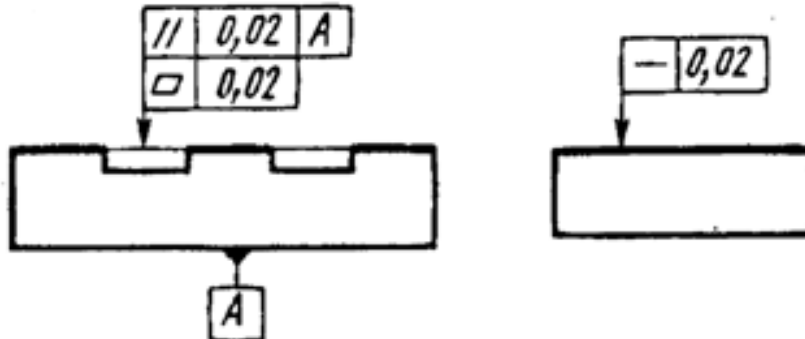
## Практическая часть

### Задача 1

#### Исходные данные

##### Вариант 1

На наружной поверхности детали заданы допуски формы, обозначенные условным знаком по ГОСТ 24642-81. Окончательную обработку этой поверхности предполагается выполнить шлифованием на плоскошлифовальном станке модели 3А722 с прямоугольным столом.

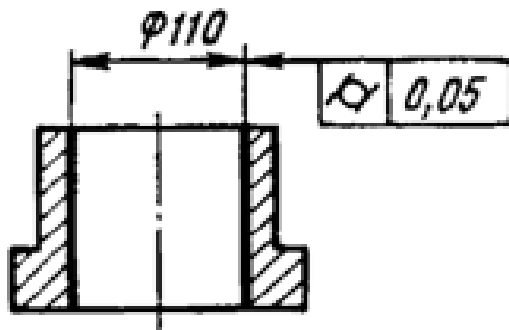


#### Требуется

- установить наименование и содержание условного обозначения указанного отклонения
- установить возможность выдержать требование точности формы этой поверхности при предлагаемой обработке

##### Вариант 2

На внутренней поверхности детали заданы допуски формы, обозначенные условным знаком по ГОСТ 24642-81. Окончательную обработку этой поверхности предполагается выполнить шлифованием на круглошлифовальном станке модели 3У10А



#### Требуется

- установить наименование и содержание условного обозначения указанного отклонения
- установить возможность выдержать требование точности формы этой поверхности при предлагаемой обработке

### Задача 2

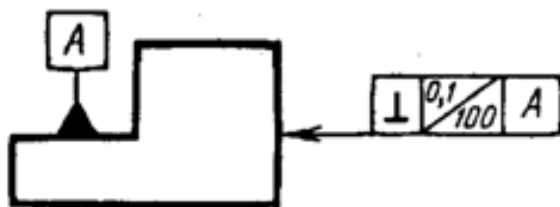
#### Исходные данные

На эскизе обозначено техническое требование к точности взаимного расположения поверхности детали

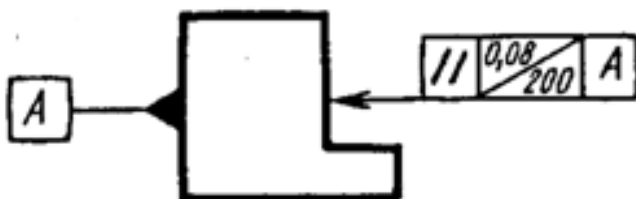
#### Требуется

Изложить наименование и содержание технического требования;

##### Вариант 1



## Вариант 2

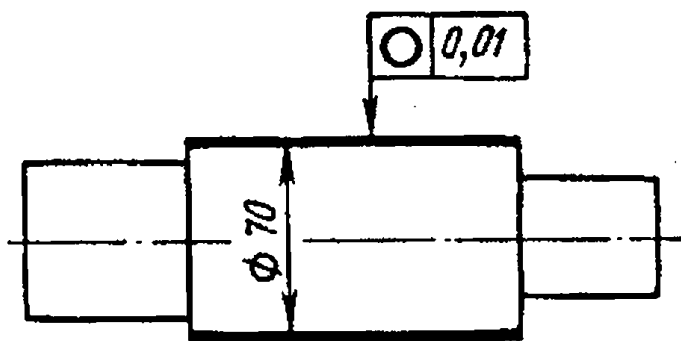


## Пример задачи 1

На наружной поверхности вала задан допуск формы, обозначенный условным знаком по ГОСТ 24642-81. Окончательную обработку этой поверхности предполагается выполнить шлифованием на круглошлифовальном станке модели 3Е-12

### Требуется:

- установить наименование и содержание условного обозначения указанного отклонения;
- установить возможность выдержать требование точности формы этой поверхности при предлагаемой обработке



### Решение

По представленному эскизу точность формы цилиндрической поверхности выражается допуском круглости и составляет 10 мкм Согласно ГОСТ 24643-81 этот допуск соответствует 6-й степени точности формы. Под термином «Допуск круглости» понимают наибольшее допустимое значение отклонения от круглости.

На круглошлифовальном станке модели 3Е-12 можно производить обработку заготовок с наибольшим диаметром до 120мм и длиной 450мм. Следовательно, он пригоден для обработки данной заготовки. Отклонение от круглости при обработке на этом станке составляет 2,6 мкм.

Основные технологические параметры станка	Модель станка						
	3У10А 3У10В* 3У10С**	3А110В	3У12А 3У12В*	3Е-12	3У131 3У131В*	3У142 3У142В*	3У153 3У155*
Наибольшие размеры обрабаты-							

ваемой детали, мм: диаметр	100	140	200	<b>120</b>	280	400	560
длина	160	200	500	<b>450</b>	700	1000	1400 2800*
Отклонения, мкм:							
от цилиндрично- сти	1,2 2*	3	1,2 3*	1,2	-	-	-
<b>от круглости</b>	0,4 0,6* 0,3**	1	0,6 1,0*	<b>0,6</b>	-	-	-
от плоскостности торцевой поверх- ности	3 4* 2**	5	5*	-	-	-	-

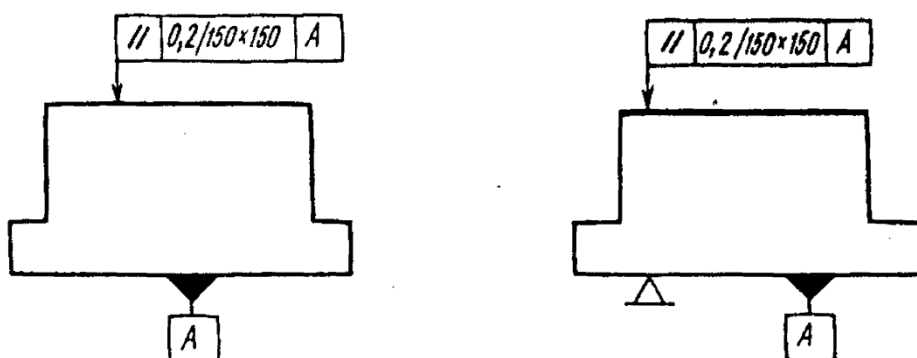
На основании изложенного делаем заключение о возможности выполнять обработку с заданной точностью

## Пример задачи 2

На эскизе обозначено технические требования к точности взаимного расположения поверхности детали

### Требуется

Изложить наименование и содержание технического требования;



### Решение

Условным знаком на рабочем чертеже показан допуск параллельности верхней плоскости относительно нижней плоскости, обозначенной А

Под допуском параллельности понимают наибольшее допустимое значение отклонения от параллельности.

В данном случае допуск равен 0,2 мм на площади 150× 150 мм

## Выполнить проверочный тест, заполнив таблицу

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Проверка усвоения

Каждый вопрос имеет один или несколько правильных ответов.

Выберите правильные.

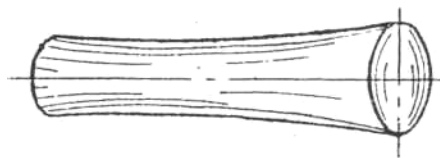
### 1 К отклонениям формы относятся:

- а) Непрямолинейность;
- б) неперпендикулярность;

в) Несоосность.

**2 На рисунке изображено:**

- а) наличие овальности;
- б) наличие бочкообразности;
- в) наличие седлообразности.



**3 Что относится к отклонениям расположения поверхностей?**

- а) Нецилиндричность;
- б) Непараллельность;
- в) отклонение наклона.

**4 Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей это:**

- а) торцевое биение;
- б) радиальное биение;
- в) отклонение формы заданного профиля.

**5 База представляет собой**

- а) ось, по отношению к которой определяется отклонение расположения;
- б) ось системы координат;
- в) любая поверхность детали.

**6 Каким знаком обозначается на чертеже базовая поверхность?**

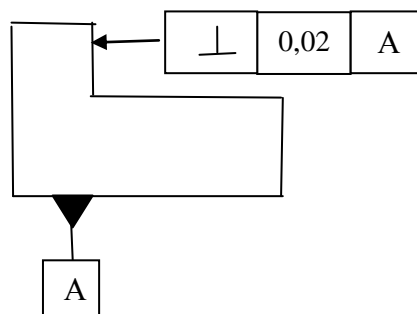
- а)
- б)
- в)

**7 Как обозначается на чертеже допуск цилиндричности?**

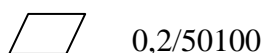
- а)
- б)
- в)

**8 Расшифруйте условное обозначение на чертеже**

- а) допуск плоскости относительно поверхности А равен 0,02 мм;
- б) допуск перпендикулярности поверхности А равен 0,02 мм;
- в) допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности А.



**9 Что означает этот знак?**



- а) Плоскостность 0,2 мм на площади  $50 \times 100 \text{ мм}^2$ ;
- б) круглость 0,2 мм при диаметре 50 мм и длине 100 мм;
- в) допуск формы заданной поверхности.

**10 Числовое значение допуска, указанное в рамке, относится**



- а) ко всей длине поверхности;
- б) к участку поверхности, обозначенному штрихпунктирной линией;
- в) к участку, расположенному от начала до середины поверхности.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.**

### **ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

Цель работы: Изучить концевые меры длины и научиться измерять линейные размеры.

Материалы для выполнения работы:

- штангенциркули;
- штангенглубиномеры;
- штангенрейсмасы;
- микрометры;
- набор деталей.

#### **Описание практической работы:**

#### **Общие теоретические сведения.**

Наибольшее распространение получили прямые и абсолютные измерения. При прямых измерениях искомое значение находят непосредственно из опытных данных. Размер изделия определяют по показаниям измерительного прибора, например по показаниям штангенциркуля и т. п. Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант, называется абсолютным.

Иногда трудно или даже невозможно осуществить прямые измерения, например диаметра трубопровода. Тогда прибегают к косвенным измерениям, при которых искомое значение находят на основании зависимости между этой величиной и величинами, поддающимися прямым измерениям. При измерении диаметра трубопровода с помощью рулетки измеряют не диаметр  $D$ , а длину  $L$  по наружной окружности трубы:  $D = L/\pi$ , где  $\pi = 3,14$ .

Выбранное средство измерений, его конструкция, определяет и метод измерений. Метод измерений - совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Под принципом измерений понимают физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений.

В производственных условиях наиболее широко применяется метод непосредственной оценки и значительно реже — метод сравнения с мерой. При методе непосредственной оценки значение измеряемой величины получают непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия, например штангенциркуля, микрометра, микрометрического нутромера и т. п. При методе сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Мера - средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Различают плоскопараллельные концевые меры и штриховые меры. Первые меры в цеховых условиях называют, плитками, так как они выполняются в виде прямоугольного параллелепипеда с двумя зеркально плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями. За длину концевой меры длины принята длина перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности концевой меры на противоположную измерительную поверхность. Концевые меры поставляют в наборах шести классов точности: 00; 01; 0; 1; 2 и 3. К штриховым мерам относят металлические рулетки и линейки, а также шкалы линейных размеров.

Разновидностями метода сравнения с мерой являются: дифференциальный метод и метод совпадений. Оба эти метода используют при проведении измерений высокой точности с помощью достаточно сложных и дорогостоящих измерительных приборов, характеризующихся малыми основными погрешностями.

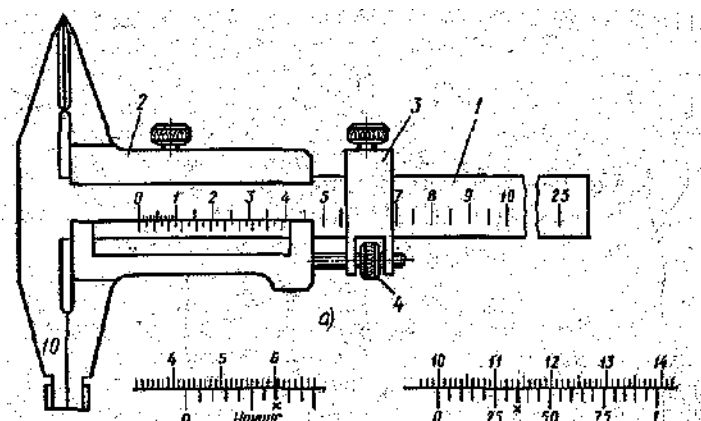
При дифференциальном методе на измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. Так, диаметр отверстия измеряют индикаторным нутромером, предварительно настроенным на размер с помощью концевых мер длины или калиброванных колец. Наружные размеры измеряют рычажными скобами.

При методе совпадений определяют разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой, используя совпадение отметок шкал (при линейных измерениях) или периодических сигналов (при проверке приборов времени).

**Штангенприборы** (штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы) относят к наименее точным, простым и дешевым измерительным приборам. Основными деталями штангенприборов являются металлическая линейка 1 (рис. 2, а; шкала с интервалом деления 1 мм) и свободно перемещающаяся по штанге рамка 2, на скосе которой (напротив миллиметровой шкалы) нанесена вспомогательная шкала — нониус. Нониус служит для отсчета дробных долей миллиметра. Штангенприборы выпускают с отсчетом по нониусу 0,1 (рис. 2, б) и 0,05 мм (рис. 2, в). При измерении размера отсчитывают сначала целое число миллиметров по шкале штанги (ближайшее к нулевой отметке нониусной шкалы) и к нему прибавляют дробное число миллиметра, отсчитываемое по шкале нониуса, полученное умножением цены деления нониуса на порядковый номер штриха нониусной шкалы, совпавшего со штрихом шкалы штанги.

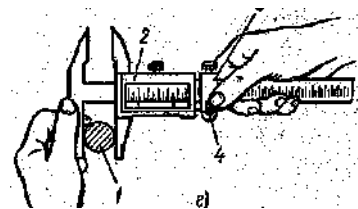
Некоторые типы штангенприборов снабжены микрометрической подачей, состоящей из рамки 3 (см, рис. 2, а), в вырезе которой помещена гайка 4, накрученная на микрометрический винт, закрепленный в нижней части рамки 2. Микрометрическая подача повышает точность измерения размеров.

При измерении наружных размеров измеряемое изделие 1 охватывают губками штангенциркуля (рис. 2, г), прижимая неподвижную губку прибора к одной из поверхностей изделия, например вала, а вторую губку с рамкой и нониусом приближают к противоположной (второй) поверхности изделия, обеспечивая нормальную силу измерения. Застопорив рамку 2 винтом, снимают показания по шкалам прибора. При наличии микроподачи стопорят рамку 3, а вращением гайки 4 подводят рамку 2 до соприкосновения с поверхностью изделия. При отсчете показаний и определения результатов измерения внутренних размеров (рис. 2, д) необходимо к показаниям по шкалам штангенциркуля прибавлять толщину губок, маркированную на них, если измерение проводилось штангенциркулем ШЦ-П или ШЦ-Ш. На рис. 2а намаркирована толщина губок, равная 10 мм.

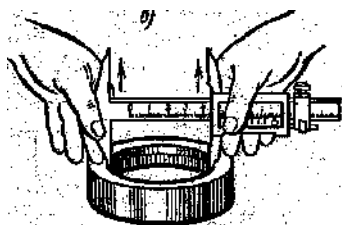


б)

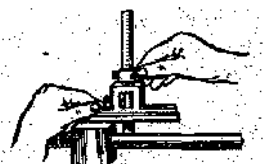
в)



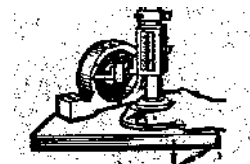
г)



д)



е)



ж)

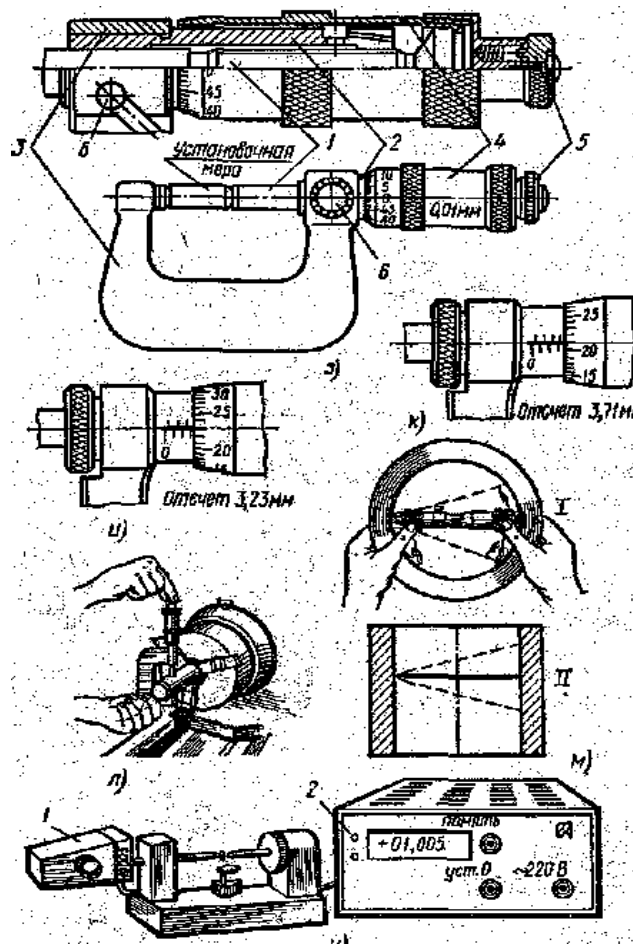


Рис.2. Штангенприборы микрометрические приборы:

а - штангенциркуль типа ШЦ-II; б и в - Шкалы штангенприборов с отсчетом по нониусу соответственно 0,1 и 0,05 мм; г и д - примеры измерения штангенциркулем наружного и внутреннего размеров; е - пример измерения высоты уступа штангенглубиномером; ж - пример разметки детали штангенрейсмасом; з - гладкий микрометр; и и к - отсчетные шкалы микрометрических приборов; л - пример измерения микрометром диаметра вала; м - пример измерения диаметра отверстия нутромером; н - настольный микрометр мод. 19005

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубин пазов, отверстий, а также высот выступов (рис. 2, е).

Штангенрейсмасы используют для измерения высот, уступов и проведения разметочных работ (рис. 2, ж).

Микрометрические приборы, к которым относят микрометры различных типов и назначений, микрометрические глубиномеры и микрометрические нутромеры, более точные, чем штангенприборы. Принцип действий этих приборов основан на преобразовании: вращательного движения точного микрометрического винта 1 (рис. 2, з), установленного во внутреннюю резьбу стебля 2, запрессованного в скобу 3 микрометра, в поступательное перемещение микровинта вдоль оси вместе с барабаном 4 и механизмом трещотки 5. При шаге микровинта, равном 0,5 мм, поворот его на  $360^\circ$  вызывает перемещение вдоль оси на 0,5 мм. На наружной цилиндрической поверхности стебля имеется продольная отсчетная линия (для отсчета делений, нанесённых на торцовом скосе барабана), над и под которой нанесены миллиметровые шкалы, смещенные на 0,5 мм. На скосе барабана нанесено 50 делений. Поворот барабана с микровинтом на одно деление относительно отсчетной линии на стебле соответствует их перемещению в осевом направлении на 0,01 мм, равному цене деления прибора.

При отсчете показаний (при застопоренном микровинте с помощью устройства б) отсчитывают целое число миллиметров по нижней шкале стебля (например 3 мм согласно рис. 2, и) и прибавляют число сотых долей миллиметра, например 23-й штрих шкалы барабана, совпавший с отсчетной линией на стебле, что соответствует 0,23 мм. Итоговый отсчет размера по шкалам микрометра составит  $3 + 0,23 = 3,23$  мм. Если при отсчете показаний край барабана перешел за деление шкалы, нанесенной выше отсчетной линии, то к результату, отсчитанному по описанной выше методике, необходимо прибавить 0,5 мм. Например, итоговый отсчет по рис. 2, к составляет  $3,21 + 0,5 = 3,71$  мм.

Перед измерением проверяют нулевую установку или нижний предел измерений. Если эта установка «сбита», то ее следует восстановить. Для установки нижнего предела измерений микрометров с пределами измерения св. 25 мм предусмотрены установочные меры (см. рис. 2, з). Для приведения в соприкосновение измерительных поверхностей микрометра с измеряемым валом пользуются только механизмом трещотки 5, (рис. 2, л). Нормальная сила измерения обеспечивается при трех-пяти щелчках трещотки. Размеры детали измеряют при остановленном станке.

Микрометрический нутромер предназначен для измерения внутренних размеров и состоит из микрометрической головки, удлинителей и наконечника.

Для измерения диаметра отверстия (рис. 2, м) микрометрический нутромер, вводят в контролируемое отверстие, прижимая его левую измерительную поверхность левой рукой, а правой рукой, вращая барабан, вывинчивают микровинт до соприкосновения его с противолежащей поверхностью отверстия. Нутромер при этом необходимо слегка покачивать до ощущения легкого трения поверхностей нутромера и изделия. Находят наибольшее показание нутромера в положении I. Так как нутромер не имеет центрирующего мостика, то следует найти наименьший размер отверстия в плоскости осевого сечения в положении II. Следует добиваться совпадения показаний нутромера в положениях I и II. Только после этого определяют размер отверстия по шкалам микрометрической головки нутромера.

Настольный микрометр мод. 19005 с цифровым электронным отсчетом (рис. 2, н) предназначен для измерения размеров прецизионных деталей. Микрометр имеет растровый преобразователь и электронный блок 2 с выходом для передачи информации в системы управления.

Повышение точности средств измерения привело к усложнению их конструкции, применению зубчатых и рычажно-зубчатых передач и использованию дифференциального метода измерения.

#### ЗАДАНИЕ:

Произвести замер выданных деталей штангенприборами и микрометром и указать точность измерений.

#### Порядок выполнения работы:

1. Получить по две детали у преподавателя.
2. Одну деталь измерить штангенприборами, другую микрометром.
3. Перечертить таблицу 1 и заполнить ее.

Таблица 1

№ п/п	Наименов. детали	Измерительный инструмент	Точн. измер.	Замеряемые параметры						
1.										
2.										

#### Контрольные вопросы:

1. Что значит:- измерение линейных размеров?
2. Что измеряют следующими приборами:
  - штангенциркулями;
  - штангенглубиномерами;
  - штангенрейсмасами;
  - микрометрами;
  - индикаторами;
  - рычажными скобами;
  - индикаторными нутромерами;
  - калибрами.
3. Какие достоинства и недостатки каждого прибора?