

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)»

ОФОРМЛЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИ КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*Рекомендовано редакционно-издательской комиссией
по проектированию, производству и эксплуатации
авиационной техники
в качестве методических указаний*

Самара 2016

Составители: В. Б. Балякин, Б.М. Силаев, В.П. Тукмаков

УДК 621.833(075)

Рецензент: д-р техн. наук, профессор С.В. Фалалеев

Оформление рабочих чертежей при курсовом проектировании: метод. указания / сост. В. Б. Балякин, Б.М. Силаев, В.П. Тукмаков. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2016. – 44 с.: ил.

Методические указания служат основой для выполнения рабочих чертежей деталей машин при курсовом проектировании. Дается методика расчёта допусков размеров, формы и расположения поверхностей. Приведены рекомендации по выбору и расчёту шероховатости поверхностей типовых деталей, термической обработке, графическому оформлению технических требований.

Рекомендованы студентам инженерно-технических специальностей всех форм обучения.

Подготовлены на кафедре основ конструирования машин.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения	4
1 Форматы чертежа	6
2 Масштабы изображений	7
3 Предельные отклонения и допуски размеров	8
4 Отклонения формы и расположения	11
5 Графические знаки допусков	16
6 Расчёт допусков формы и расположения поверхностей	19
7 Предельные отклонения распределения поверхностей деталей подшипниковых узлов	28
8 Шероховатость поверхностей	35
9 Обозначение термической обработки	40
10 Обозначение сварных швов	41
11 Общие требования к выполнению чертежей типовых деталей машин	43

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Темами учебных проектов по курсу "Детали машин" обычно являются приводы или редукторы различных машин, испытательные стенды, состоящие из деталей машин, изучаемых в курсе.

Для полной информации о приводе в целом и отдельных его деталях, эксплуатационной характеристике, основных размерах, взаимной связи отдельных сборочных единиц и деталей, о присоединительных поверхностях и их размерах составляют:

- 1) чертёж общего вида,
- 2) габаритный (монтажный) чертёж,
- 3) детализацию.

При конструировании изделий в масштабе уменьшения размеры деталей и их соотношения воспринимаются конструктором в несколько искаженном виде, поэтому конструктивную разработку вида редуктора, узлов и отдельных деталей выполняют в натуральную величину. Монтажный чертёж привода выполняют в масштабе уменьшения (М 1:2,5); М 1:4; М 1:5).

Габаритный (монтажный) чертёж должен содержать:

- 1) изображение изделия;
- 2) полное или частичное изображение устройства, к которому крепится изделие;
- 3) габаритные размеры – длину, ширину и высоту;
- 4) присоединительные и монтажные размеры;
- 5) технические требования к точности монтажа.

На чертеже изделия записывают на полках линий – выносков номера позиций сборочных единиц и деталей изделия.

В спецификацию записывают сборочные единицы (редуктор, муфты, плита или рама и др.), стандартные изделия (электродвигатель, гайки и др.), а также детали и материалы, необходимые для монтажа (шайбы, прокладки и др.).

При выполнении чертежа детали ограничиваются минимальным количеством проекций, видов, разрезов, сечений. Чертёж детали должен содержать все данные, определяющие форму, размеры, предельные отклонения размеров, формы и расположения, шероховатость поверхностей, марку материала, предельные значения твёрдости, т.е. все данные, необходимые для изготовления и контроля детали. Чертёж каждой детали выполняют на листе формата, установленного ГОСТ 2.301-68, и помещают основную надпись (угловой штамп).

Деталь изображают на чертеже в положении, при котором наиболее удобно её читать, т. е. в положении, в котором деталь устанавливают на станке. В частности, ось детали, представляющую тело вращения (вал, зубчатое и червячное колесо, стакан и др.) располагают параллельно основной надписи. Деталь располагают на чертеже справа той стороной, на которой большее число обрабатываемых поверхностей.

1 ФОРМАТЫ ЧЕРТЕЖА

ГОСТ 2.301-68 устанавливает основные и дополнительные форматы листов чертежей и других документов.

За основные форматы принимают формат с размерами сторон 841x1189 мм и другие форматы, полученные путём последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата (таблица 1).

Таблица 1 – Размеры основных форматов

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон формата, мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон 148x210 мм.

Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам (таблица 2)

Таблица 2 – Размеры дополнительных форматов

Кратность	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189x1682				
3	1189x2523	841x1783	594x1261	420x891	297x630
4		841x2378	594x1682	420x1189	297x841
5			594x2102	420x1486	297x1051
6				420x1783	297x1261

Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий.

2 МАСШТАБЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Масштабы изображений и их обозначения на чертежах ГОСТ 2.302-68.

Масштабом называется отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующих рядов:

Натуральная величина:	1:1.
Масштабы уменьшения:	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000.
Масштабы увеличения:	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

3 ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ И ДОПУСКИ РАЗМЕРОВ

Для всех размеров, нанесенных на чертёж, указывают предельные отклонения.

Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим размерами детали.

Поле допуска – это допуск, закоординированный относительно нулевой линии.

Обозначение допуска:

1. ГОСТ 7713-62 – IT (допуск размера);
2. ГОСТ 28187-89 – T (допуск расположения и формы);
3. ГОСТ 25670-83 – t (неуказанные допуски).

Предельные отклонения линейных размеров указываются на чертежах условными обозначениями полей допусков и посадок согласно стандартам на допуски и посадки:

- а) условные обозначения полей допусков, например $\varnothing 63H7$, применяют в случае использования калибров (для стандартных чисел, [таблица 3](#));
- б) числовые значения предельных отклонений – $\varnothing 65^{+0,03}$ применяют при нестандартных числах номинальных размеров;
- в) комбинированный способ – $\varnothing 18P8\left(\begin{smallmatrix} -0,018 \\ -0,045 \end{smallmatrix}\right)$ – применяют для стандартных чисел, но при nereкомендуемых полях допусков.

Предельные отклонения низкой точности (12 качества и грубее) задают в общей записи технических требований, например, неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14 или $+t_2$ валов h14 или $-t_2$, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$ или $\pm \frac{t_2}{2}$ среднего класса точности.

Таблица 3 – Стандартные числа

3,2*	10*	32*	100*	320*
3,4	10,5	34/35	105	340
3,6*	11*	36*	110*	360*
3,8	11,5	38	120	380
4,0*	12*	40*	125*	400*
4,2	13	42	130	420
4,5*	14*	45*/47	140*	450*
4,8	15	48	150	480
5,0*	16*	50*/55	160*	500*
5,3	17	53/55	170	530
5,6*	18*	56*	180*	560*
6,0	19	60/62	190	600
6,3*	20*	63*/65	200*	630*
6,7	21	67/70	210	670
7,1*	22*	71*/72	220*	710*
7,5	24	75	240	750
8,0	25	80	250	800
8,5	26	85	260	850
9,0	28	90	280	900
9,5	30	95	300	950

Примечания:

- 1) числа под косой чертой – для посадочных мест подшипников качения;
- 2) числа со звёздочкой (ряд Ra 20) предпочтительнее чисел без звёздочки (ряд Ra 40).

Значения допуска t принимать согласно [таблице 4](#).

Таблица 4 – Допуск t по ГОСТ 25670-83

Класс точности	Номинальное значение размеров, мм					
	до 3	3-6	6-30	30-120	120-315	315-1000
точный – t_1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6
средний – t_2	0,2	0,2	0,4	0,6	1,0	1,6
грубый – t_3	0,3	0,4	1,0	1,6	2,4	4,0
оч. грубый – t_4	0,3	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0

Ряд предпочтительных чисел для допусков:

1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80.

Обозначение посадок:

1 способ – $\varnothing 50 \frac{H7}{K6}$,

2 способ – $\varnothing 50H7/K6$,

3 способ – $\varnothing 50H7 - K6$.

В тексте применяют 2 и 3 способа, на чертежах 1 и 2 способа.

В учебных проектах предельные отклонения размеров, входящих в размерную цепь (цепные размеры) принимают в зависимости от способа компенсации замыкающего размера.

Если компенсатором служит деталь, которую шабруют или шлифуют по результатам измерений при сборке, то в целях уменьшения припуска на шабрение или шлифование поля допусков цепных размеров следует применять: отверстия H11, валов h11, остальных $\pm \frac{IT11}{2}$.

Если компенсатором служит набор прокладок, то поля допусков цепных размеров можно принимать более свободными: H12, h12, $\pm \frac{IT12}{2}$.

Если же компенсатором служит винт, то вследствие широких компенсирующих способностей винтовой пары поля допусков цепных размеров принимают H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$ или $+t_2, -t_2, \pm \frac{t_2}{2}$ среднего класса точности.

Предельные отклонения диаметров резьбы показывают на чертежах деталей в соответствии с посадками резьбовых соединений, которые приводят на чертежах сборочных единиц, например, для резьб в отверстиях: M16-7H, M32x1,5-4H; для резьб на валах: M16-6h, M32x1,5-4h.

4 ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ

При обработке деталей возникают погрешности не только линейных размеров, но и геометрической формы, а также погрешности в относительном расположении осей, поверхностей или конструктивных элементов деталей. Эти погрешности могут оказывать вредное влияние на работоспособность деталей машин, потому на чертежах деталей задают допуски формы и расположения базовых поверхностей.

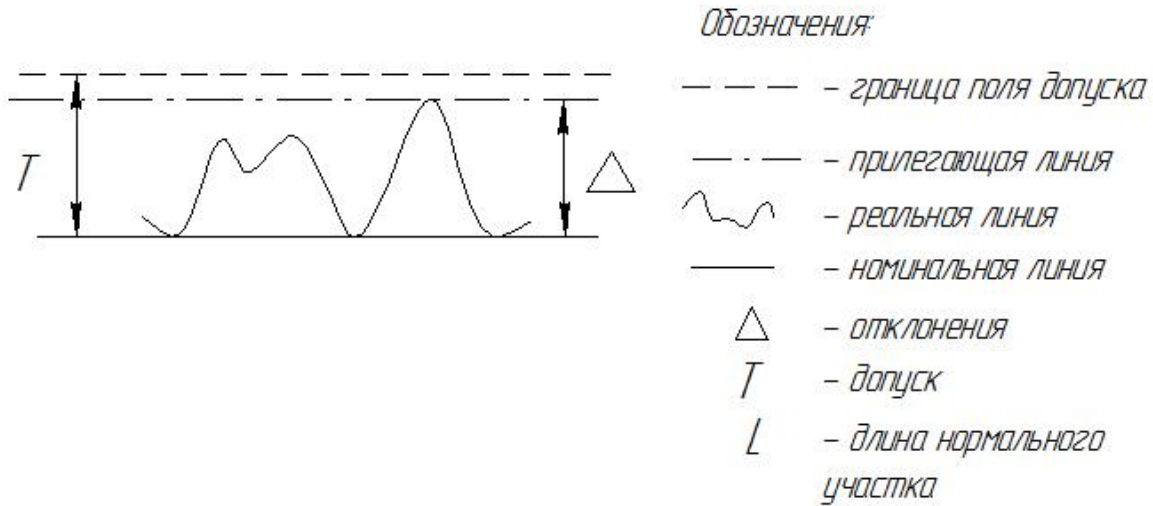


Рисунок 1 – Понятие о границах полей отклонений и допусков

4.1 Круглость

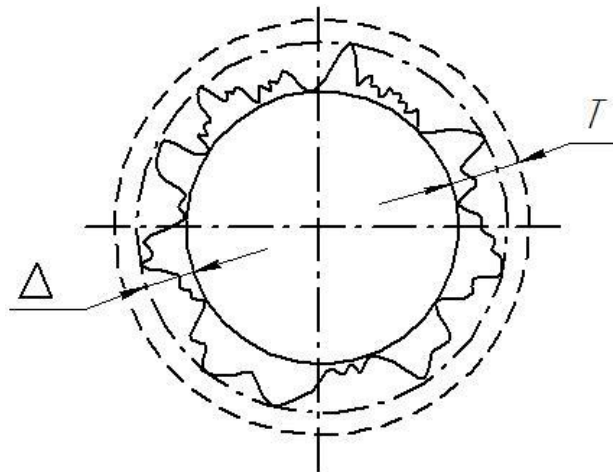


Рисунок 2 – Понятие о круглости

Δ – отклонение от круглости реальной поверхности от прилегающей (максимальное);

T – (допуск круглости) – наиболее допускаемое отклонение от круглости.

Поле допуска круглости – кольцо, толщина которого равна T.

4.2 Цилиндричность

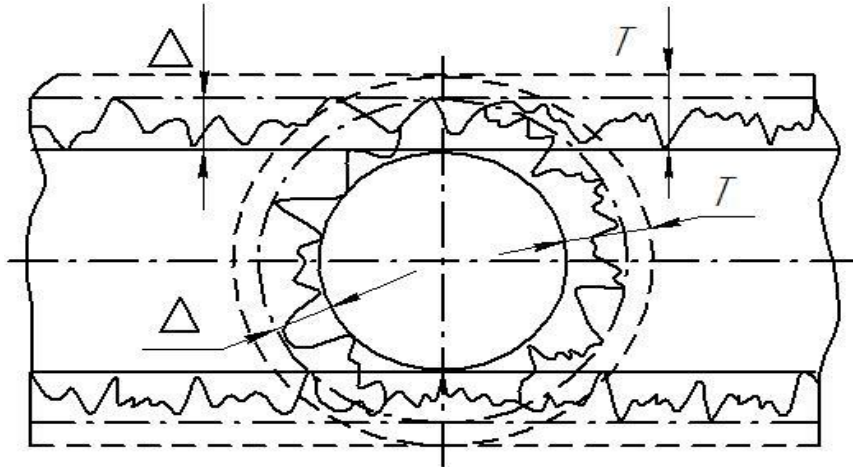


Рисунок 3 – Понятие о цилиндричности

- Δ – отклонение от цилиндричности, т.е. наибольшее расстояние от прилегающего до реального цилиндра;
- T – наибольшее допускаемое отклонение от цилиндричности. Он включает в себя и допуск круглости, поэтому в одном месте эти два допуска не представляются.

4.3 Соосность относительно оси базовой поверхности

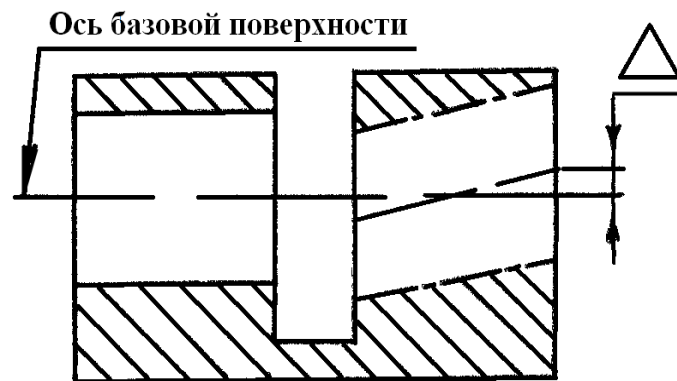


Рисунок 4 – Понятие о соосности относительно оси базовой поверхности

- Δ – отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности;
- $\frac{T}{2}$ – допуск соосности в радиусном выражении;
- T – допуск соосности в диаметральном выражении.

4.4 Соосность относительно оси общей поверхности

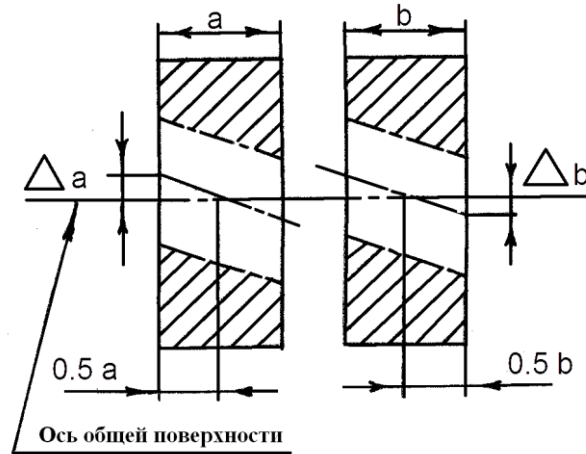


Рисунок 5 – Понятие о соосности относительно оси общей поверхности

$\Delta a, \Delta b$ – отклонение от соосности двух поверхностей.

Допуск соосности относительно общей оси:

а) в радиусном выражении $\frac{T}{2}$;

б) в диаметральном выражении T .

Поле допуска – цилиндр, диаметр которого T .

4.5 Параллельность плоскостей

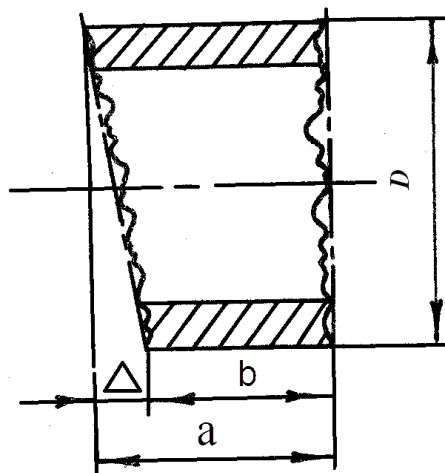


Рисунок 6 – Понятие о параллельности плоскостей

Δ – отклонение от соосности плоскостей $\Delta = a - b$.

$L = D$ – длина нормированного участка.

T – допуск параллельности – наибольшее допустимое отклонение.

Поле допуска – кольцо толщина которого T .

4.6 Перпендикулярность плоскости к оси

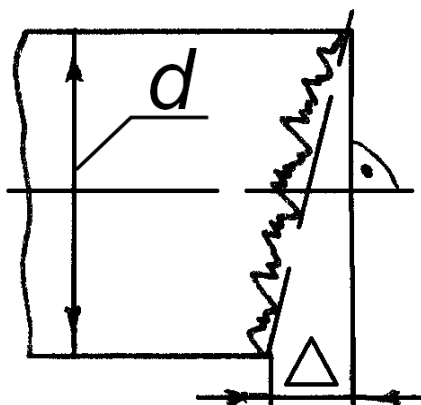


Рисунок 7 – Понятие о перпендикулярности плоскости к оси

Δ – отклонение от перпендикулярности плоскости к оси;

$L = D$ – длина нормированного участка;

T – допуск перпендикулярности.

Поле допуска – диск толщиной T .

4.7 Радиальное биение

Полное радиальное биение определяется в нескольких сечениях детали.

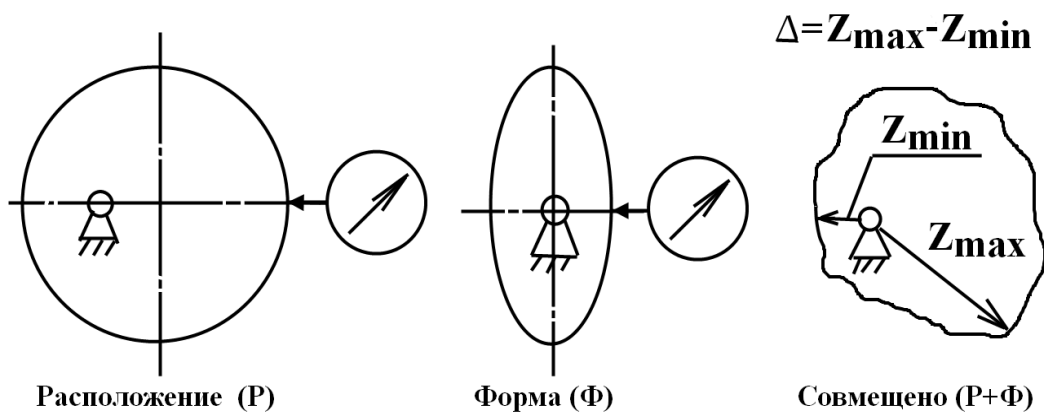


Рисунок 8 – Понятие о радиальном биении

4.8 Торцевое биение

Полное торцевое биение определяется на всей торцевой поверхности.

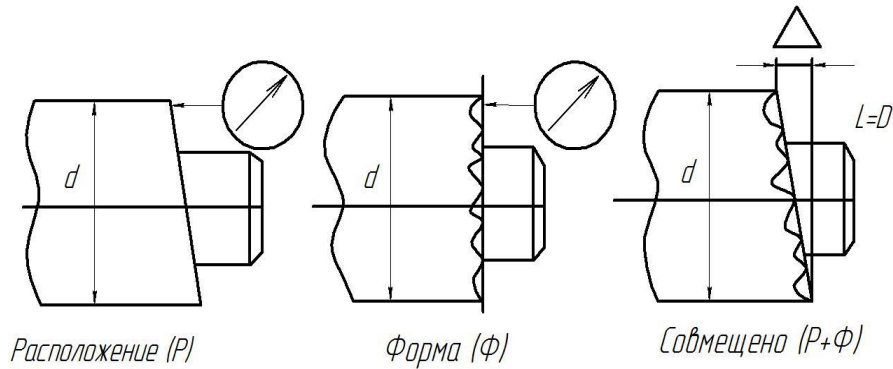


Рисунок 9 – Понятие о торцевом биении

4.9 Позиционное отклонение

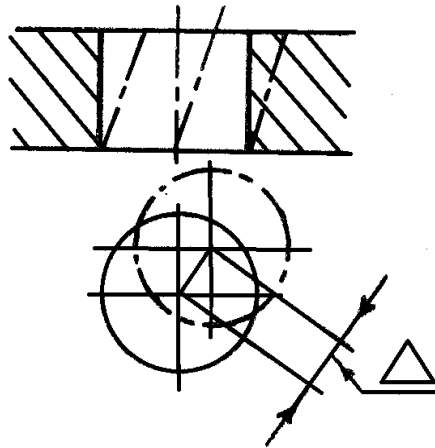


Рисунок 10 – Понятие о позиционном отклонении

Δ – позиционное отклонение

4.10 Симметричность

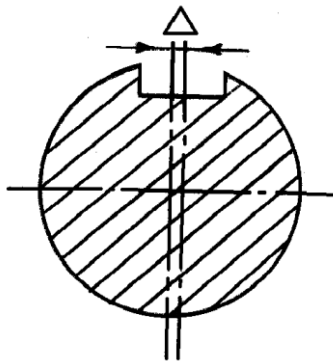


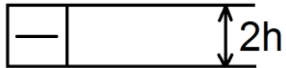

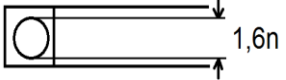
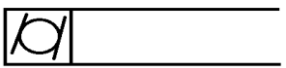
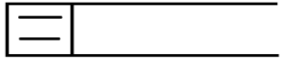



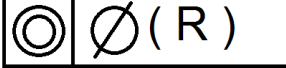
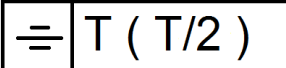
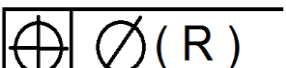
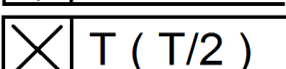

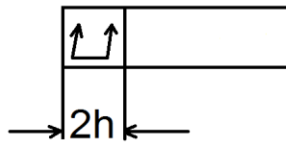
Рисунок 11 – Понятие о симметричности

Δ – отклонение от симметричности.

5 ГРАФИЧЕСКИЕ ЗНАКИ ДОПУСКОВ

Допуски формы и расположения поверхностей указываются на чертежах условными обозначениями. Вид допуска формы или расположения поверхностей должен быть обозначен на чертеже знаком (графическим символом) согласно [таблице 5](#).

Таблица 5 – Графические знаки допусков формы и расположения

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуски расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	
	Допуск торцевого биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
Допуск полного торцевого биения		

Знак и числовое значение допуска или обозначение базы вписывают в рамку допуска, разделённую на два или три поля, в следующем порядке (слева направо): в первом поле приводят знак допуска, во втором – вписывают числовую величину допуска в миллиметрах, в третьем при необходимости вписывают буквенное обозначение базы. Базовые оси и поверхности обозначают на чертежах деталей в соответствии со стандартом ГОСТ 2.308-79 равно сторонним зачернённым треугольником, соединённым с рамкой, в которой заглавной буквой латинского алфавита записывают обозначение базы ([рисунок 12](#)).

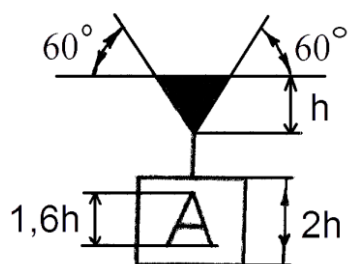


Рисунок 12 – Базовые оси и поверхности

Высота зачерненного треугольника равна h , а высота рамки $2h$ (здесь h – высота размерных чисел на чертеже). В зависимости от размера и сложности чертежа принимают h равной 2,5; 3,5 или 5 мм.

Стандартом ГОСТ 2.308-79 установлены следующие правила нанесения на чертежах деталей условных обозначений баз, допусков формы и расположения осей и поверхностей ([рисунок 13](#)):

- а) если базой является поверхность, а не ось, то зачернённый треугольник должен располагаться на достаточном расстоянии от конца размерной линии ([рисунок 13, а](#));
- б) если базой является ось или плоскость симметрии, то зачернённый треугольник располагают в конце размерной линии ([рисунок 13, б](#));
- в) если нет необходимости назначать базу, то вместо зачернённого треугольника принимают стрелку ([рисунок 13, в](#));
- г) если допуск относится к поверхности, а не к оси элемента, то стрелку располагают на достаточном расстоянии от конца размерной линии ([рисунок 13, а, г](#) – допуск цилиндричности);
- д) если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то конец соединительной линии должен совпадать с продолжением размерной линии ([рисунок 13, г](#) – допуск соосности).

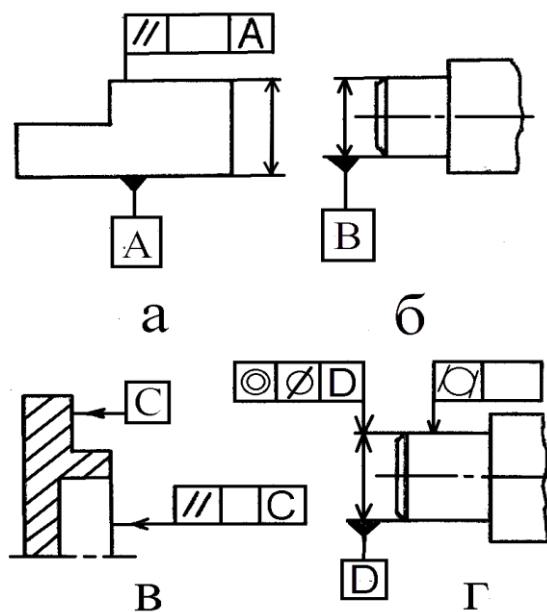


Рисунок 13 – Расположение графических знаков допусков

Перед числовым значением допуска необходимо вписывать:

- ∅ – если круговое или цилиндрическое поле допуска указывается в диаметральном выражении;
- R – если поле допуска указывается в радиусном выражении;
- T – если поля допуска симметричности пересечения осей ограничены двумя параллельными прямыми или плоскостями в диаметральном выражении;
- T/2 – в радиусном выражении.

6 РАСЧЁТ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ВАЛЫ

В **таблице 6** в соответствии с позициями, приведёнными на **рисунке 14**, даны указания по определению допусков формы и расположения поверхностей.

Таблица 6 – Ориентировочный расчёт допусков формы и расположения поверхностей

№ поз.	Допуски
1, 2, 3	$T_{\neq} \approx 0,31 IT$; IT – допуск размера посадочной поверхности
4	T_{\odot} на диаметре d_n – по таблице 7
5	T_{\odot} на диаметре d – по таблице 8
6	$T_{\odot} \approx 120/n$; T_{\odot} , мм; n , мин ⁻¹ > 1000
7	T_{\perp} на диаметре d_0 – по таблице 7
8	T_{\perp} на диаметре d_B – по таблице 9 $L/d < 0,8$
9	$T_{\nearrow} \approx 120/n$; T_{\nearrow} , мм; n , мин ⁻¹ > 1000
10	$T_{//} \approx 0,6 IT9$ на ширине шпоночного паза
11	$T_{\equiv} \approx 4 IT9$ на ширине шпоночного паза

Таблица 7

Группа подшипников	Квалитет
I	7
II	6
III	5

Таблица 8

Тип колес	Квалитет ст. точности		
	6	7,8	9
Зубчатые	5	6	7
Червячные	6	7	8

Таблица 9

Тип колес	Квалитет ст. точности		
	6	7,8	9
Зубчатые	3	4	5
Червячные	4	5	6

Условные группы подшипников:

- I – шариковые радиальные и радиально-упорные, роликовые с бомбированными роликами;
- II – радиальные с короткими цилиндрическими роликами;
- III – конические роликовые.

Допуск цилиндричности посадочных поверхностей для подшипников качения (**поз. 1**) задают, чтобы ограничить отклонения геометрической формы этих поверхностей и тем самым ограничить отклонения геометрической формы дорожек качения колец подшипников.

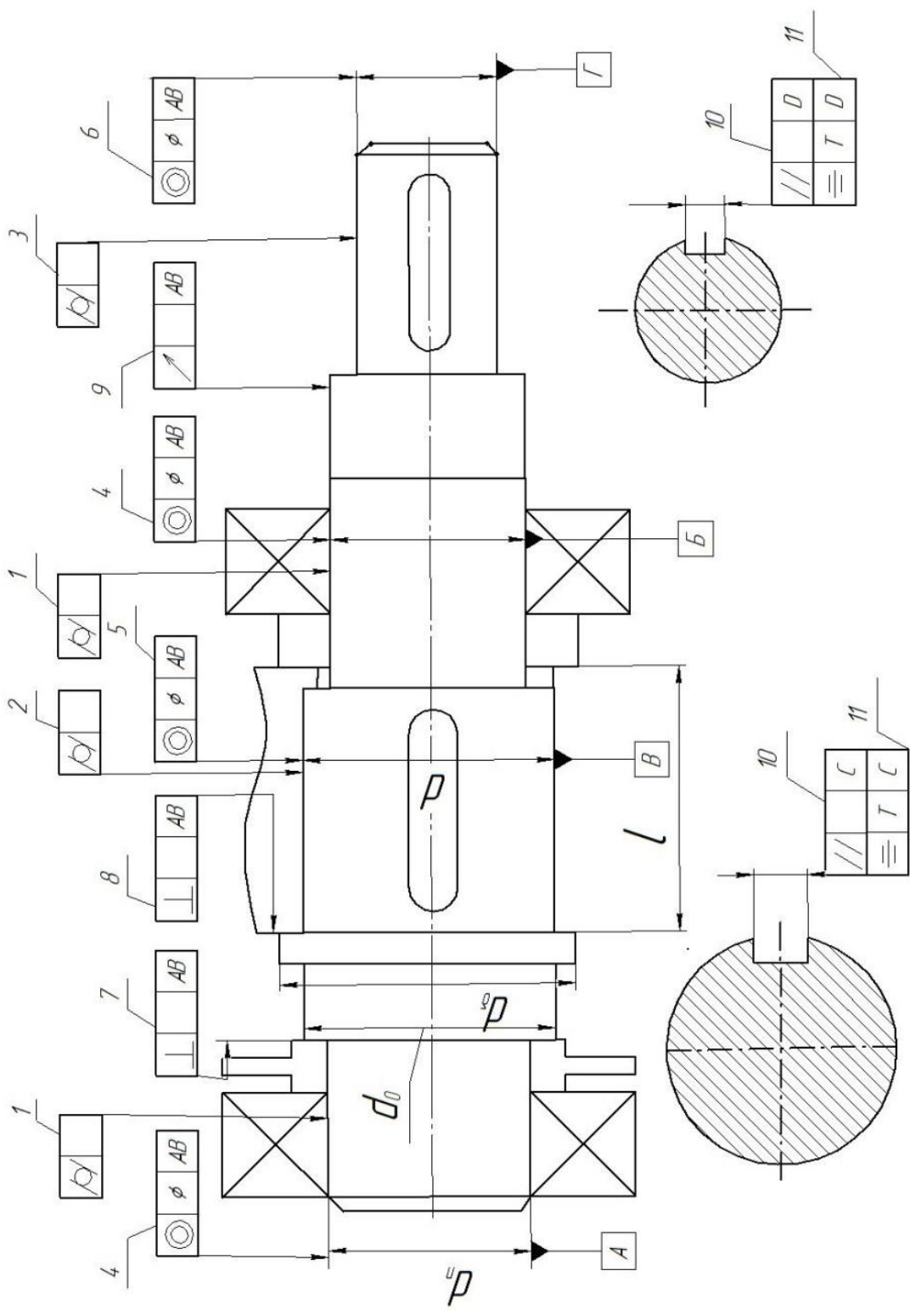


Рисунок 14 – Правила нанесения допусков формы и отклонений поверхностей

Зубчатые и червячные колёса, а также муфты, шкивы, звездочки сажают на валы по посадкам с натягом. Чтобы ограничить концентрацию давлений, не посадочные поверхности валов задают допуск цилиндричности (поз. 2, 3).

Допуск соосности посадочных поверхностей для подшипников качения относительно их общей оси (поз. 4) задают, чтобы ограничить перекосящие кольца подшипников качения.

Допуск соосности посадочной поверхности для зубчатого, червячного колеса (поз. 5) задают, чтобы обеспечить нормы кинематической точности и нормы контакта зубчатых и червячных передач.

Допуск соосности посадочной поверхности для полумуфты, шкива, звездочки (поз. 6) назначают, чтобы снизить дисбаланс вала и деталей, установленных на этой поверхности.

Остаточный дисбаланс, в зависимости от состояния оборудования и режимов обработки, находится в пределах 50...60 г·мм/кг. Поэтому допуск соосности по поз. 6 задают при частоте вращения вала $n > 1000 \text{ мин}^{-1}$, а при меньшей частоте его не задают.

Допуск перпендикулярности базового торца вала (поз. 7) назначают, чтобы уменьшить перекосящие кольца подшипников и искажение геометрической формы дорожки качения внутреннего кольца подшипника.

Допуск перпендикулярности базового торца вала (поз. 8) задают для узких колец, у которых отношение длины посадочного отверстия к его диаметру d менее 0,8. Допуск задают, чтобы обеспечить выполнение норм контакта зубьев в передаче.

Допуск радиального биения по поверхности вала (поз. 9), расположенного под резиновой уплотняющей манжетой, задают, чтобы ограничить амплитуду колебаний рабочей кромки резины, вызывающих усталостное, разрушение резины. Этот допуск задают при частоте вращения вала $n > 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Допуски параллельности и симметричности расположения шпоночных пазов (поз. 10, 11) задают, чтобы обеспечить хороший контакт рабочих поверхностей шпонок и пазов вала.

Ориентировочное значение допусков форм и расположения поверхностей можно определить по таблицам 6 – 9.

Зубчатые колёса

На внешние диаметры зубчатого венца колёса и витков червяка задают предельные отклонения согласно **таблицы 10** (рисунок 15, поз. 1).

Таблица 10 – Расчёт допусков формы и расположения поверхностей

№ поз.	Допуски
1	По таблице 11
2	$T_{\rho} \approx 0,3 IT$; IT – допуск размера
3	$T_{\odot} \approx 120/n$; T_{\odot} , мм; n , $\text{мин}^{-1} > 1000$
4	T_{\perp} на диаметре $d_{\text{ст}}$ – по таблице 12 $L/d \geq 0,8$
5	$T_{//}$ на диаметре $d_{\text{ст}}$ по таблице 13 $L/d < 0,8$
6	$T_{//} \approx 0,6 IT9$ на ширине шпоночного паза $T_{\equiv} \approx 4 IT9$

Таблица 11

Мо- дуль, мм	Поле допус- ка
до 2,5	h12
2,5-6,3	h13
6,3	h14

Таблица 12

Группа под- шипников	Квали- тет
I	7
II	6
III	5

Таблица 13

Группа под- шипников	Квали- тет
1	7
2	6
3	5

Допуск цилиндричности посадочной поверхности (**поз. 2**) назначают, чтобы ограничить концентрацию контактных давлений на посадочной поверхности. Допуск соосности наружной поверхности (**поз. 3**) задают, чтобы ограничить возможный дисбаланс колеса. Его следует задавать при частоте вращения $n > 1000 \text{ мин}^{-1}$. Допуск перпендикулярности (**поз. 4**) торца ступицы задают, чтобы создать точную базу для подшипника качения и уменьшить перекося его внутреннего кольца. Допуск параллельности торцов ступицы узких колёс (**поз. 5**) задают по тем же соображениям, что и допуск перпендикулярности торца ступицы (**поз. 4**). Если торцы ступиц не участвуют в базировании подшипников, то допуски по **поз. 4 и 5** не назначают. Для цилиндрических отверстий размер $d_1 + t_2$ принимают по таблице стандарта (см. Дунаев Д.Ф. "Конструирование узлов и деталей машин". – М.: Высшая школа, 2011).

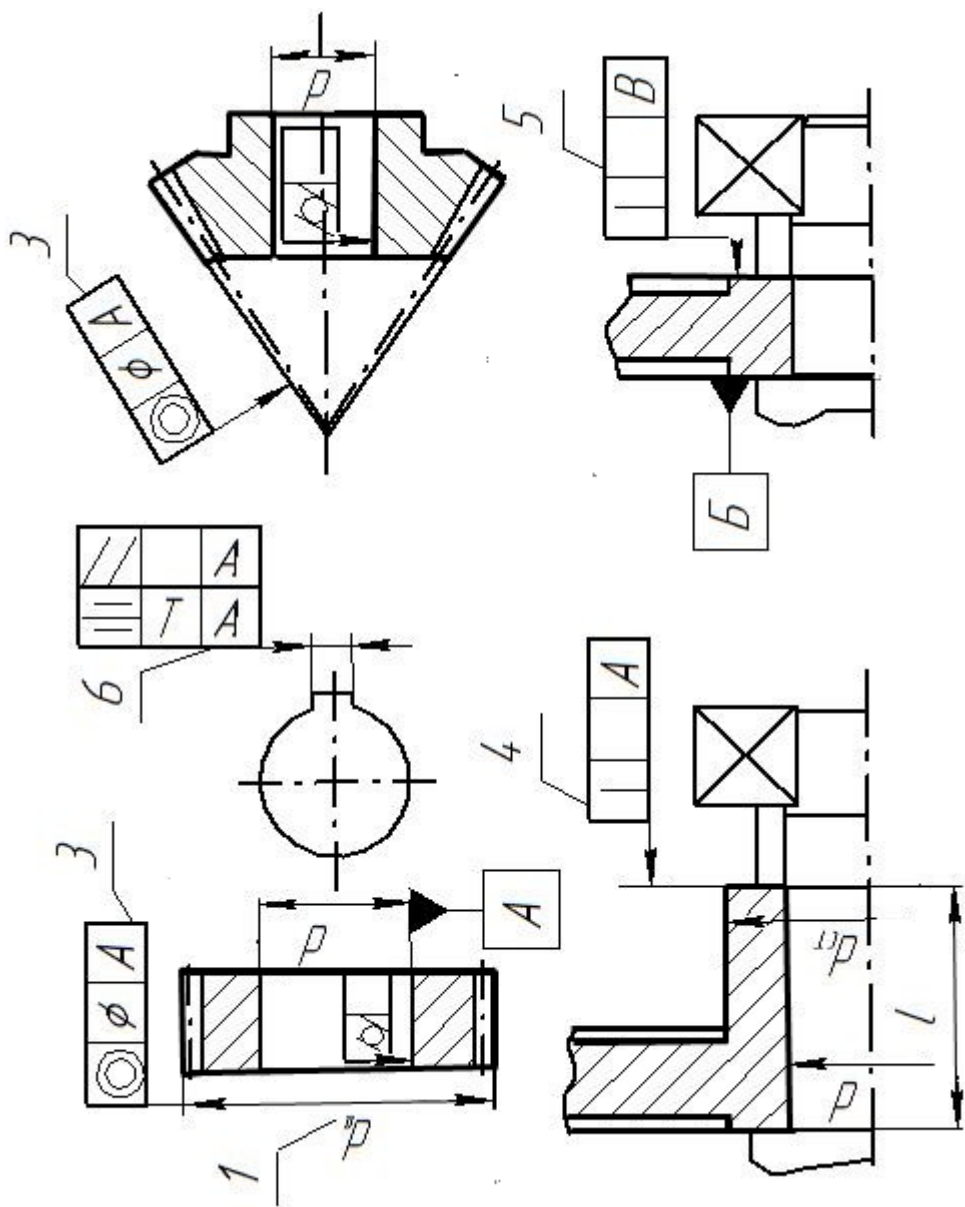


Рисунок 15 – Примеры простановки допусков формы

Крышки

Допуски расположения поверхностей принимают по таблицам 14 и 15 в соответствии с позициями указанными на рисунке 16.

Таблица 14 – Допуски расположения поверхностей

№ поз.	Допуски
1	$T_{//}$ на диаметре D_{ϕ} по таблице 15
2	$T_{//}$ на диаметре $D - IT12$
3	T_{\odot} на диаметре $D_M - IT8$
4	$T_{\oplus} \approx 0,4(d_{отв} - d_B)$

Таблица 15

Группа подшипников	Квалитет для крышек	
	привертные	закладные
I	8	7
II	7	6
III	6	5

Допуск параллельности торцов (поз. 1) задают в том случае, когда по торцу крышки базируется подшипник качения. Допуск назначают, чтобы ограничить перекосящиеся кольца подшипников качения.

Допуск параллельности торцов (поз. 2) задают чтобы ограничить перекосящуюся уплотнительную манжету, так как при большом её перекосящении она не действует.

Допуск соосности (поз. 3) задают, чтобы ограничить радиальное смещение уплотнительной манжеты и таким образом уменьшить неоднородность давления на рабочую кромку манжеты.

Позиционный допуск (поз. 4) задают, чтобы ограничить отклонения в расположении центров крепежных отверстий.

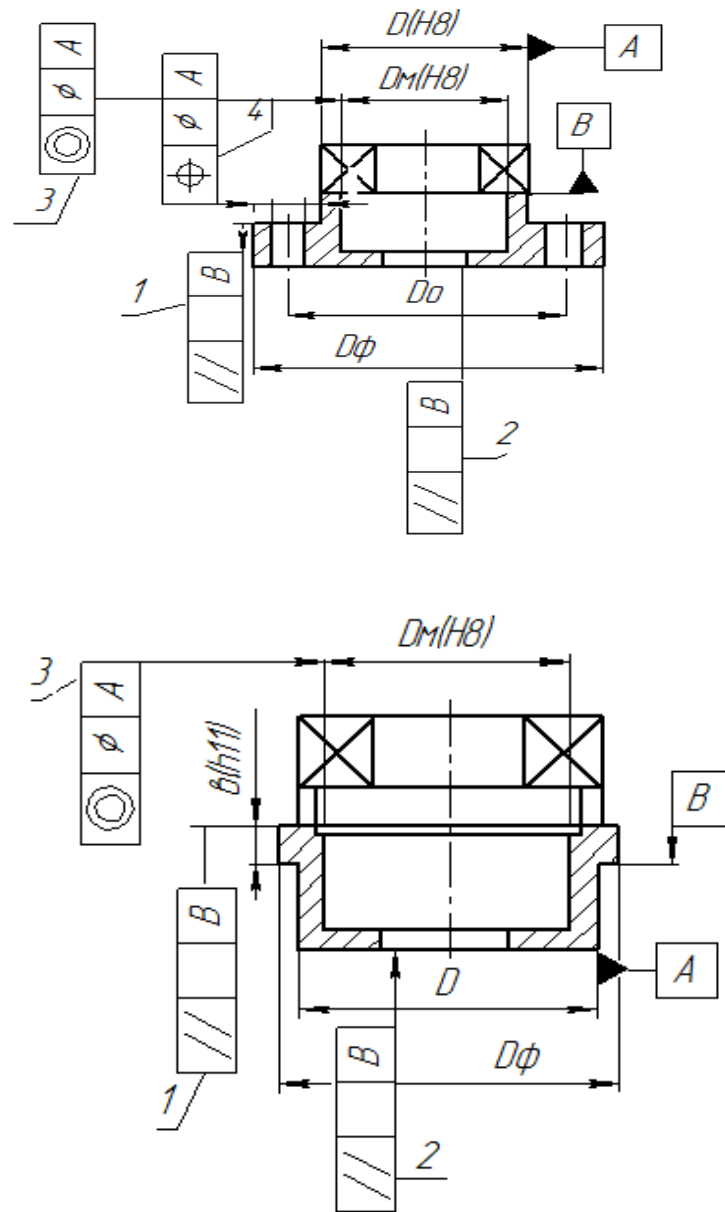


Рисунок 16 – Позиции допусков и расположения поверхностей

Стаканы

На рисунке 17 приведены несколько конструкций стаканов современных машин.

Допуски цилиндричности и круглости (таблица 16 поз. 1, 2, 3) задают, чтобы ограничить отклонения геометрической формы посадочных поверхностей и связанные с ними геометрические формы дорожек качения наружных колец подшипников.

Таблица 16 – Допуски цилиндричности и круглости

№ поз.	Допуски	
1	$T_{\lambda} \approx 0,3 IT$	IT – допуск размера посадочной поверхности
2	$T_{\lambda} \approx 0,3 IT$	
3	$T_o \approx 0,4 IT$	
4	$T_{\odot} \approx 0,6 IT$	
5	T_{\odot} на диаметре D по таблице 17	
6	T_{\perp} на диаметре D по таблице 17	
7	$T_{//}$ на диаметре D_{ϕ} по таблице 17	
8	$T_{\phi} \approx 0,4 (d_{отв} - d_B)$	

Таблица 17

Группа подшипников	Квалитет
I	8
II	7
III	6

Допуски соосности посадочных поверхностей стакана (поз. 4, 5) назначают, чтобы ограничить перекосящие моменты колец подшипников качения и отклонения межосевого расстояния в конической передаче.

Допуск перпендикулярности (поз. 6) и допуск параллельности (поз. 7) задают, чтобы ограничить перекосящие моменты колец подшипников.

Позиционный допуск (поз. 8) задают, чтобы ограничить отклонение в расположении центров крепежных центров крепежных отверстий и обеспечить так называемую «собираемость» резьбового соединения.

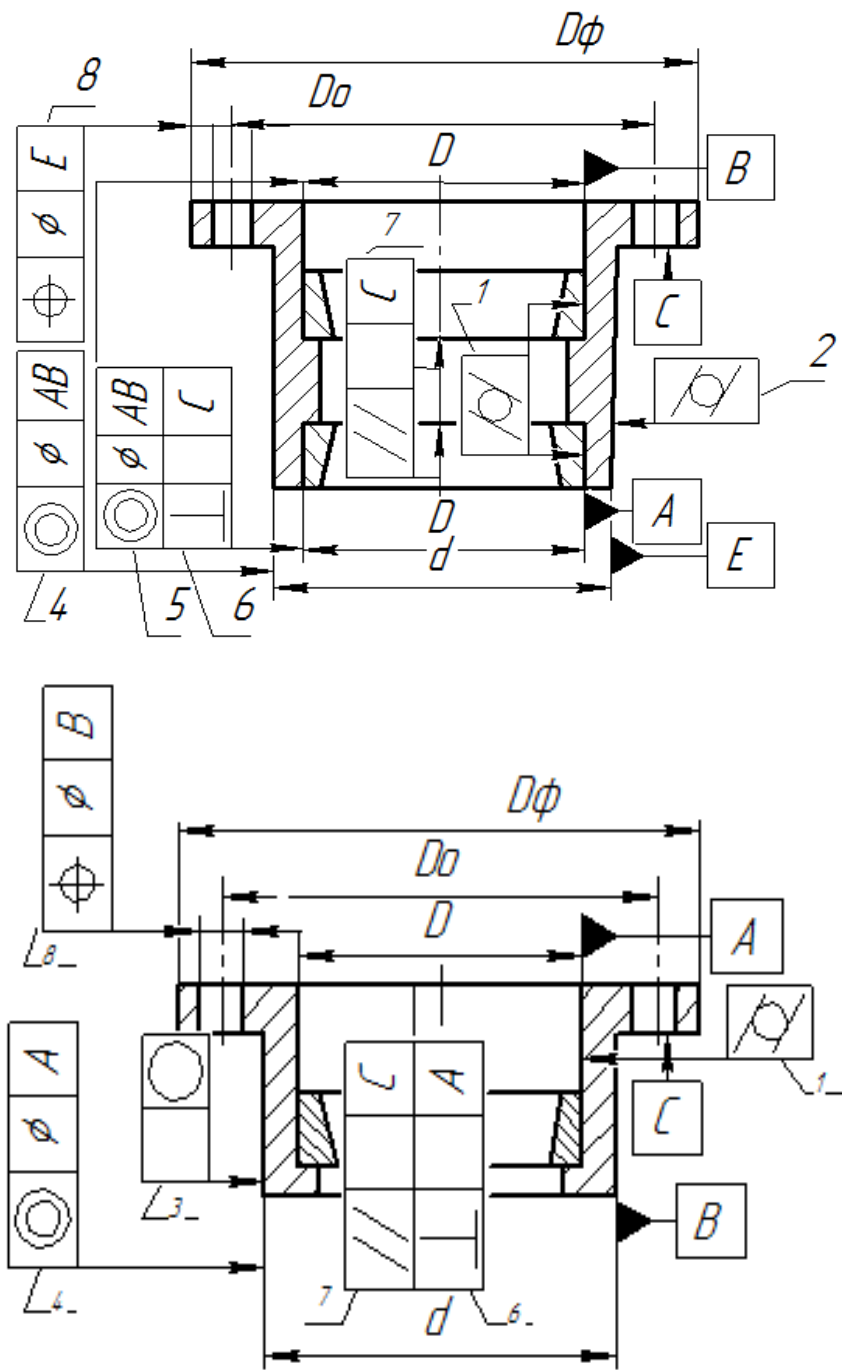


Рисунок 17 – Конструкции стачанов современных машин

7 ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Точность базирования подшипников зависит от точности изготовления деталей, образующих подшипниковый узел: корпуса, вала, втулок, колец, стаканов. Перекос колец подшипников вызывает дополнительное сопротивление вращению валов, повышенное тепловыделение, снижает долговечность подшипников.

Перекосы колец подшипников вызываются:

- 1) отклонением от соосности $\Delta_{\odot B}$ относительно общей оси посадочных поверхностей вала (рисунок 18);
- 2) отклонением от перпендикулярности $\Delta_{\perp B}$ базовых поверхностей относительно общей оси (рисунок 19);
- 3) отклонением от соосности $\Delta_{\odot K}$ относительно общей оси посадочных отверстий корпуса (рисунок 20);
- 4) отклонением от перпендикулярности $\Delta_{\perp K}$ базовых поверхностей подшипника относительно общей оси (рисунок 21);
- 5) углом наклона упругой линии вала θ под действием внешних сил (рисунок 22).

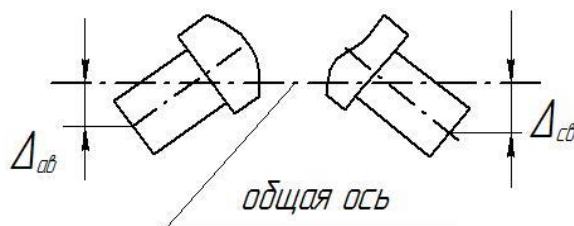


Рисунок 18 – Отклонение от соосности

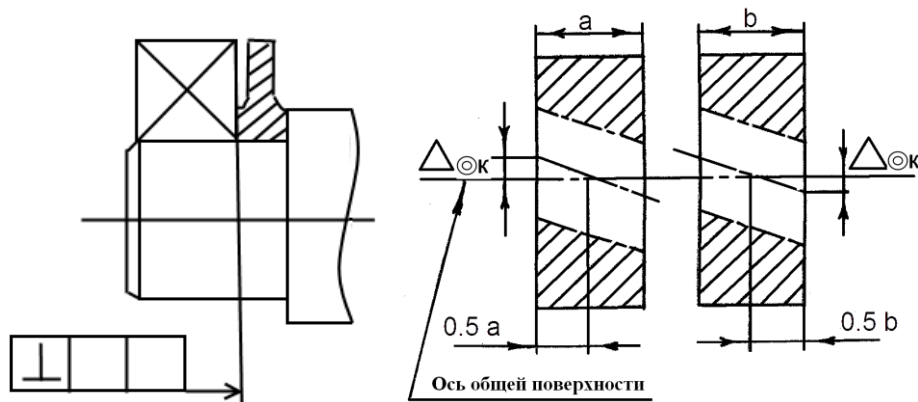


Рисунок 19 – Отклонение от перпендикулярности

Рисунок 20 – Отклонение от соосности

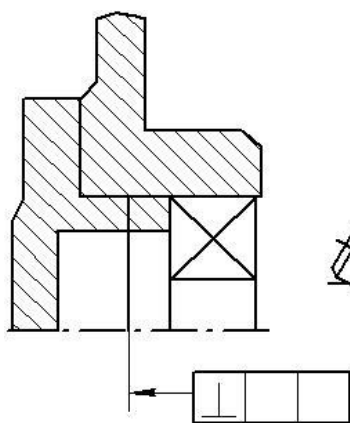


Рисунок 21 – Отклонение от перпендикулярности

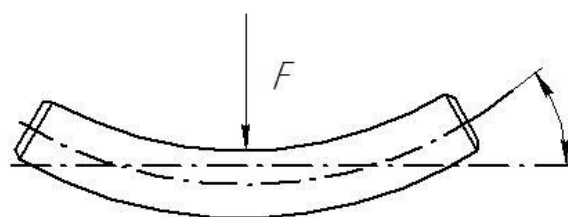


Рисунок 22 – Угол наклона упругой линии вала

Рекомендуемые допуски расположения деталей подшипниковых узлов приведены в [таблице 18](#).

Таблица 18 – Допуски расположения деталей подшипниковых узлов

Группа подшипников	$T_{\odot В}$	$T_{\odot К}$	$T_{\perp В}$	$T_{\perp К}$	$[\theta]$
I	IT7	IT8	IT7	IT8	5,6'+6,3'
II	IT6	IT7	IT6	IT7	1,6'+1,9'
III	IT5	IT6	IT5	IT6	1,0'+1,3'

Примечание: $T_{\odot В}$ и $T_{\odot К}$ задают в диаметральной выражении и относят к номинальному диаметру; $T_{\perp В}$ и $T_{\perp К}$ относят к наружному диаметру базового торца.

При конструктивном оформлении опоры ([рисунок 23](#)) внутреннее кольцо подшипника базируется непосредственно по торцу заплечика вала.

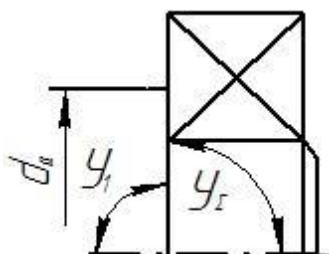


Рисунок 23 – Допуск перпендикулярности

В этом случае $T_{\Sigma} = T_{\perp В}$, где $T_{\perp В}$ – допуск на перпендикулярность торца заплечика вала относительно оси. T_{Σ} – допуск исходного размера Y_{Σ} . Величина Y_{Σ} является исходной для расчёта допусков расположения поверхностей деталей подшипниковых узлов.

Пример: на вал $\varnothing 45$ установлен радиальный шарикоподшипник, $d_a = 55$ мм, по [таблице 18](#) $T_{\perp B}$ (IT7) = 0,03.

При базировании подшипника через торец промежуточной детали ([рисунок 24](#)) точность базирования ухудшается.

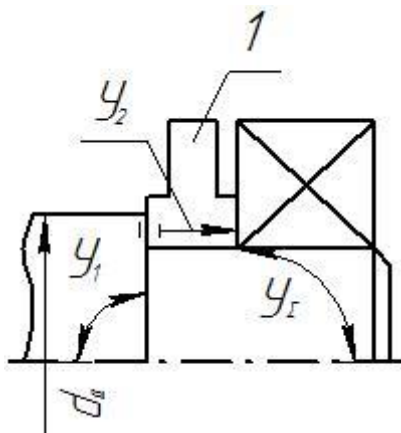


Рисунок 24 – Схема базирования подшипника через промежуточное кольцо

В этом случае внутреннее кольцо подшипника базируется по торцу кольца 1. Точность базирования подшипника Y_{Σ} зависит от перпендикулярности Y_1 торца заплечника вала и от параллельности Y_2 торца кольца 1.

$$T_{\Sigma} = 0,85 \sqrt{T_1^2 + T_2^2}.$$

Здесь: T_1 – допуск перпендикулярности заплечика вала; T_2 – допуск параллельности торцов кольца 1. Задаваясь допуском T_2 можно определить допуск T_1 на перпендикулярность торца заплечика вала.

$$T_1 = \sqrt{\left(\frac{T_{\Sigma}}{0,85}\right)^2 + T_2^2}$$

Допуск T_{Σ} принимают по [таблице 18](#). Величиной T_2 задаются на 1 квалитет точнее, чем T_{Σ} . Пример: данные те же, $T_{\Sigma} = T_{\perp B} = 0,03$ по IT7, для $d_a = 55$ мм T_2 (IT6) = 0,019. Тогда

$$T_1 = \sqrt{\left(\frac{0,03}{0,85}\right)^2 + 0,019^2}.$$

Рассмотрим случай базирования подшипника через торцы двух деталей ([рисунок 25](#)).

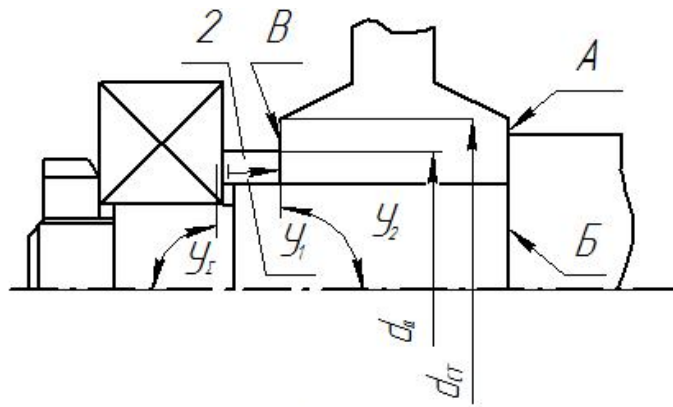


Рисунок 25 – Схема базирования подшипника через две детали

Подшипник качения базируется по торцу кольца 2, упирающегося в торец В детали 1 (зубчатое или червячное колесо), основной базой которой является цилиндр. Точность базирования подшипника Y_{Σ} зависит от параллельности Y_1 торцов кольца 2 и от перпендикулярности Y_2 торца В детали 1 к оси отверстия. В этом случае формула для определения допуска T_2 на перпендикулярность торца В детали 1 относительно оси отверстия имеет вид

$$T_2 = \frac{d_{ст}}{d_a} \sqrt{\left(\frac{T_{\Sigma}}{0,85}\right)^2 - T_1^2}.$$

Значение $T_{\Sigma} = T_{\perp В}$ принимаем, как и ранее, по [таблице 18](#), а значения T_1 такие же как T_2 для случая представленного на [рисунке 24](#). Здесь к торцу Б вала и торцу А ступицы никаких технических требований предъявлять не нужно.

Случай базирования через промежуточное кольцо и короткую ступицу показан на [рисунке 26](#).

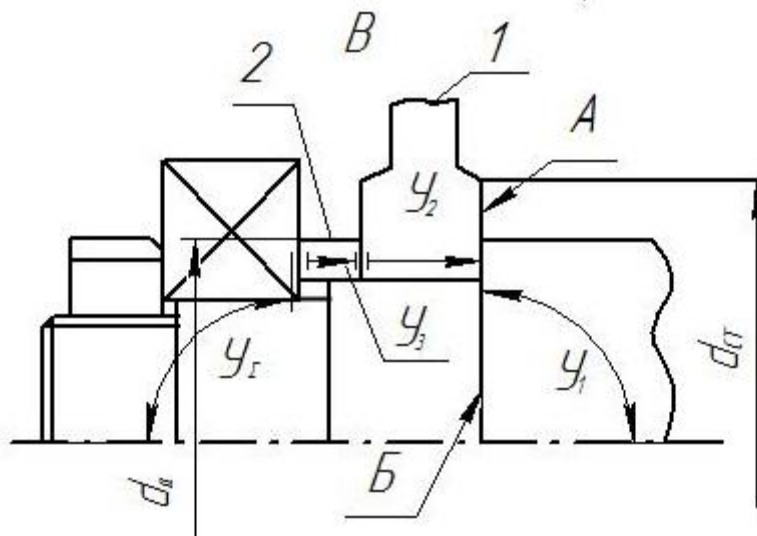


Рисунок 26 – Схема базирования подшипника через промежуточное кольцо и короткую ступицу

Эта схема отличается от [рисунка 25](#) тем, что ступица детали 1 короткая и основной базовой для неё является торец А, которым она контактирует с торцом Б заплечика вала. В этом случае на точность базирования подшипника Y_{Σ} оказывают влияние погрешности изготовления трех деталей: Y_1 – неперпендикулярность торца заплечика вала, Y_2 – непараллельность торцов А и Б детали 1, Y_3 – непараллельность торцов кольца 2. Формула для определения величины допуска перпендикулярности T_1 торца заплечика вала относительно общей оси посадочных поверхностей для подшипников качения имеет вид

$$T_2 = \frac{d_{ст}}{d_a} \sqrt{\left(\frac{T_{\Sigma}}{0,85}\right)^2 - \left(\frac{d_{ст}}{d_a}\right)^2 T_2^2 - T_3^2}.$$

Здесь $T_{\Sigma} = T_{\perp В}$ принимают по [таблице 18](#) на диаметре $d_{ст}$ и T_3 на диаметре d_a принимают на один квалитет точнее, чем T_{Σ} .

Рассмотрим случай расчёта допусков при установке двух подшипников как показано на [рисунке 27](#).

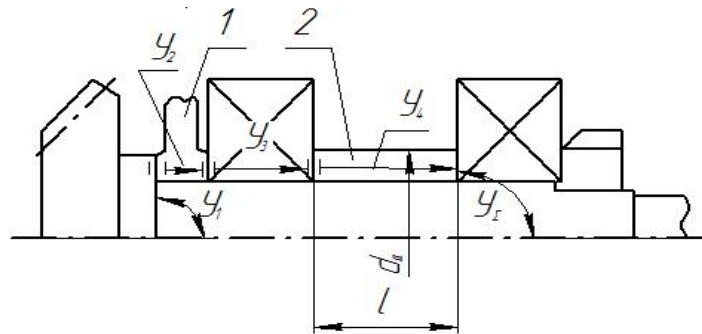


Рисунок 27 – Схема расчёта допусков расположения подшипников

Расчёт допусков расположения левого подшипника проводят для случая представленного на [рисунке 24](#). Для правого подшипника по формуле

$$T_1 = \sqrt{\left(\frac{T_{\Sigma}}{0,85}\right)^2 - \left(\frac{d_a}{L}\right)^2 z_{\max}^2}.$$

Здесь $T_{\Sigma} = T_{\perp В}$ принимают по [таблице 18](#) z_{\max} – максимальный зазор между втулкой 2 и валом на поясках центрирования

$$z_{\max} = z_m + 0,5 t_z,$$

где z_m – средний зазор t_z – рассеивание зазора:

$$t_z = 1,1 \sqrt{t_a^2 + t_b^2},$$

где t_a – допуск отверстия, t_b – допуск вала.

Схема базирования подшипника с помощью крышки показана на рисунке 28.

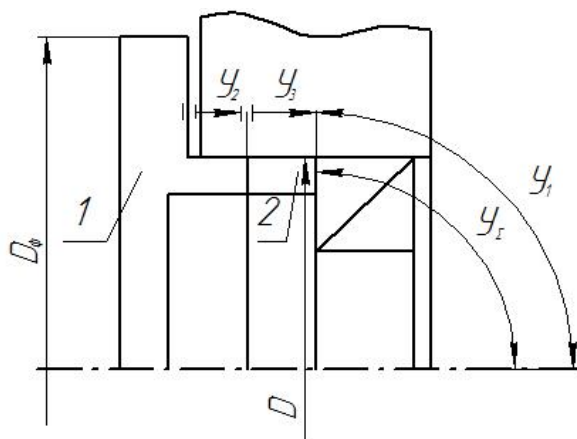


Рисунок 28 – Схема базирования подшипника с помощью крышки

При конструктивном оформлении опоры внешнее кольцо подшипника базируется по торцу крышки (в случае отсутствия кольца 2) или по торцам кольца 2. Точность базирования зависит от перпендикулярности Y_1 торца корпусной детали к оси отверстия, от параллельности Y_2 торца крышки подшипника и от параллельности Y_3 торцов кольца 2. Задаваясь допусками на точность деталей 1 и 2 соответственно на диаметры D_ϕ и D , можно определить допуск T_1 на перпендикулярность торцов корпусной детали к оси посадочного отверстия:

$$T_1 = \frac{D_\phi}{D} \sqrt{\left(\frac{T_\Sigma}{0,85}\right)^2 - \left(\frac{D}{D_\phi}\right)^2 T_2^2 - T_3^2}.$$

При отсутствии кольца 2 величина T_3 из формулы выпадает. Значение принимают по [таблице 18](#), значения T_2 и T_3 берут на качество точнее, чем T_Σ .

Рассмотрим случай базирования подшипников в стакане ([рисунок 29](#)).

При расположении подшипников в стакане рассчитывают допуск на перпендикулярность торца стакана к оси отверстия

$$T_1 = \sqrt{\left(\frac{T_\Sigma}{0,85}\right)^2 \left(\frac{D_\phi}{D}\right)^2 T_1^2 - T_2^2}.$$

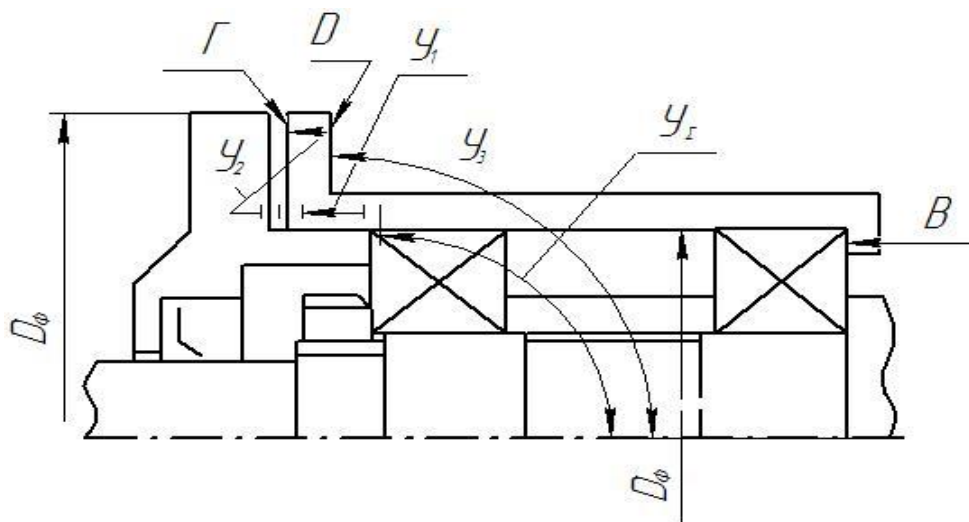


Рисунок 29 – Схема расчета допусков при расположении подшипников в стакане

Значение T_Σ находят по [таблице 18](#). Допуск T_1 равен допуску T_2 для случая представленного на [рисунке 28](#). Допуск T_2 обычно приравнивают к нулю. Если торец D не перпендикулярен оси внешнего цилиндра, то при затяжке винтов фланец стакана будет деформирован, что понизит точность базирования подшипников.

Поэтому к торцу D предъявляют такие же требования точности, как к торцу Γ , но относительно оси внешнего цилиндра стакана.

8 ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ

ГОСТ 2789-73 устанавливает следующие параметры шероховатостей поверхностей:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам;

R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля;

S_m – средний шаг неровностей;

S – средний шаг местных выступов профиля;

t_p – относительная опорная длина профиля.

Параметр шероховатости R_a является основным для деталей в машиностроении. Параметр R_z следует назначать на несопрягаемые обработанные поверхности, а также на поверхности, полученные литьем, ковкой и др.

Значение шероховатостей указывают: для параметров R_a – без символа (например 0,4); для параметров R_z – после символа (например R_z20). Числовое значение R_a должно составлять долю от допуска размера IT или допуска формы и расположения. На поверхностях, на которые не задан допуск формы, R_a определяется: $R_a \leq 0,05IT$. На поверхностях с допуском расположения $R_a \leq 0,05T$. После вычисления параметр R_a округляют до ближайшего значения из ряда стандартных чисел (см. [таблицу 3](#)). Ряд предпочтительных чисел для R_a (мкм): 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 12,5; 25. Для изображения на чертежах шероховатости поверхностей принимают знаки, изображенные на [рисунке 30](#).

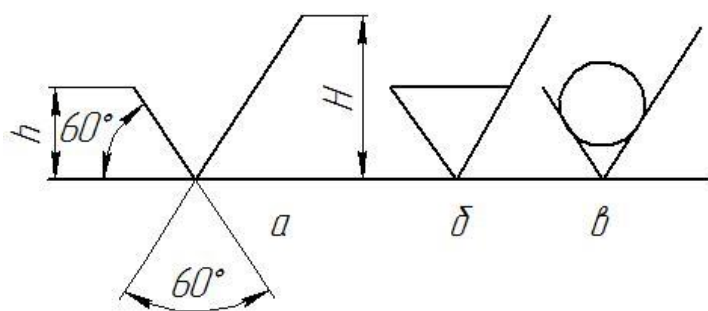


Рисунок 30 – Знаки шероховатостей поверхностей

Высоту h принимают равной высоте размерных чисел на чертеже, высоту H в зависимости от объема записи $H = (1,5 \div 3)h$. Если вид обработки поверхности конструктор не устанавливает, то применяют изображение знака ([рисунке 30, а](#)). Этот способ обозначения является предпочтительным. Если требуется, чтобы поверхность обязательно была образована удалением слоя материала (шлифованием, полиро-

ванием и др.), принимают изображения знака (рисунок 30, б). Если важно, чтобы поверхность была образована без удаления слоя материала (чеканкой, накатыванием роликами и др.), принимают изображение (рисунок 30, в). Такой же знак применяют для обозначения шероховатости поверхностей, которые не обрабатываются по данному чертежу.

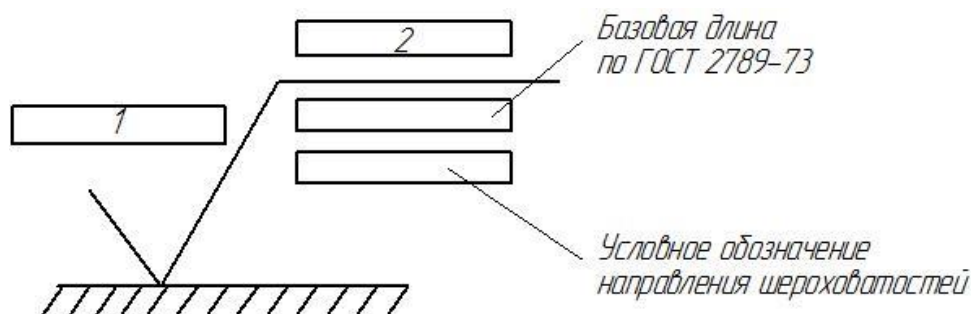


Рисунок 31 – Правило обозначения параметров шероховатости

На месте прямоугольника 1 (рисунок 31) записывают числовые значения параметров R_a , R_z или t_p на месте прямоугольника 2 – вид обработки поверхности.

Обозначение шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, на выносных линиях в непосредственной близости от размерной линии или на полях полук – выносок, при недостатке места на размерной линии или на её продолжении. Если деталь показывают с разрывом, то обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения вблизи размерной линии (рисунок 32). Если шероховатость одной и той же поверхности различна, то поверхность разделяют тонкой линией и на каждой её части показывают свое изображение шероховатости (рисунок 33).

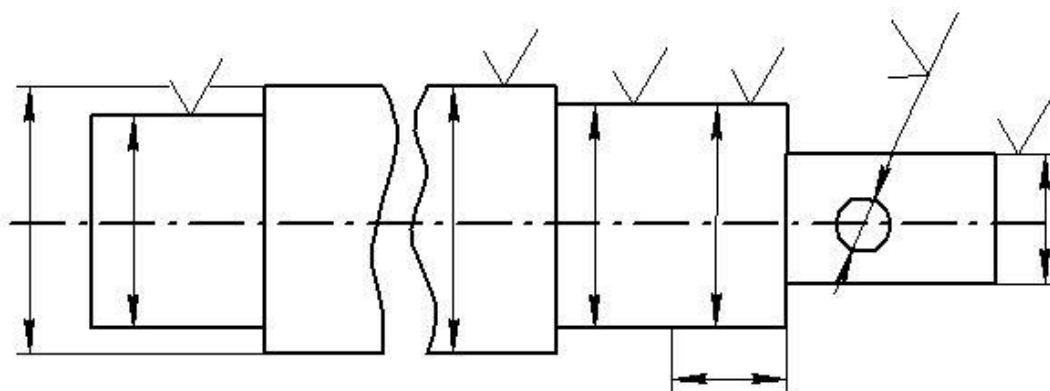


Рисунок 32 – Правила обозначения шероховатости при разрывной детали

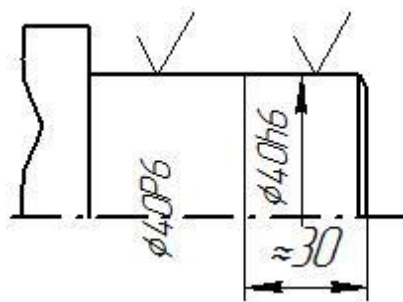


Рисунок 33 – Правила обозначения шероховатости при её различии

Обозначение преобладающей шероховатости показывает в правом верхнем углу поля чертежа (рисунок 34, а) Толщина линий и высота знака, заключенного в скобки, такая же, как и в изображении на чертеже, а перед скобкой в 1,5 раза больше. Если преобладающее число поверхностей не обрабатывают по данному чертежу, то шероховатость их показывают по рисунку 30, б.

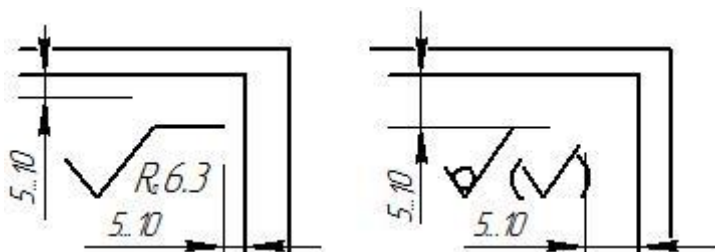


Рисунок 34 – Правила обозначения шероховатости при не обрабатываемой поверхности

Числовые значения параметра R_a можно принимать: для посадочных поверхностей отверстий и валов по таблице 19; для других поверхностей некоторых деталей см. таблицу 20.

Таблица 19 – Числовые параметры R_a

Интервалы размеров, мм	Отверстие			Вал			
	Квалитеты						
	7	8	9	6	7	8	9
	Ra, мкм						
от 18 до 50	0,8	1,6	3,2	0,4	0,8	1,6	
от 50 до 120	1,6		3,2	0,8		1,6	
от 120 до 500	1,6	3,2		1,6		3,2	

Таблица 20 – Числовые параметры Ra

№ п/п	Вид поверхности	Ra, мкм
1	Торцы заплечников валов для базирования:	
	а) подшипников качения класса точности 0	1,6
	б) зубчатых, червячных колёс при $L/d \leq 0,8$	1,6
	в) зубчатых, червячных колёс при $L/d > 0,8$	3,2
2	Поверхности валов под резиновые манжеты	0,4
3	Канавки, фаски, радиусы галтелей на валах	6,3
4	Поверхности шпоночных пазов на валах:	
	рабочая нерабочая	1,6 3,2
5	Поверхности шлицев на валах:	
	а) боковая поверхность зуба соединения:	
	неподвижного	1,6
	подвижного	0,8
	б) цилиндрические центрирующие поверхности соединения:	
	неподвижного	0,8
подвижного	0,4	
6	в) цилиндрические центрирующие поверхности	3,2
	Торцы ступицы зубчатых, червячных колёс, базирующихся по торцу заплечников валов, при:	
	а) $L/d \leq 0,8$	1,6
	б) $L/d > 0,8$	3,2
7	Торцы ступиц зубчатых, червячных колёс, по которым базируют подшипники качения класса точности 0	1,6
8	Свободные (нерабочие) торцевые поверхности зубчатых червячных колёс	6,3
9	Профили зубьев зубчатых, червячных колёс степеней точности:	
	6	0,4
	7	0,8
	8	1,6
	9	3,2

Продолжение таблицы 20

10	Витки червяков степеней точности:	
	6	0,2
	7	0,4
	8	0,8
	9	1,6
11	Поверхности выступов зубьев колёс, витков червяков, звездочек цепных передач	6,3
12	Фаски и выточки на колёсах	6,3
13	Поверхности шпоночных пазов в отверстиях колёс: Рабочая	1,6
	Нерабочая	3,2
14	Поверхности шлицев в отверстиях колёс:	
	а) боковая поверхность зубьев соединения неподвижного	1,6
	подвижного	0,8
	б) цилиндрические центрирующие поверхности соединения:	
	неподвижного	1,6
подвижного	0,8	
	в) цилиндрические нецентрирующие поверхности	3,2
15	Рабочая поверхность шкивов ременных передач	3,2
16	Рабочая поверхность зубьев звездочек цепных передач	3,2
17	Отверстия под болты, винты	12,5
18	Опорные поверхности под головки болтов, винтов	6,3

9 ОБОЗНАЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Стандартом ГОСТ 2.310-68 установлены следующие правила нанесения на чертежах указаний о термической и химико-термической обработке.

1. Если всю деталь подвергают термообработке одного вида, то в технических требованиях чертежа делают запись типа:

- а) НВ 235-265 или НВ 250 ± 15 ;
- б) 44...50 HRCэ или (47 ± 3) HRCэ;
- в) ТВЧ h 1,6–2, 50–56 HRCэ или ТВЧ h $1,8 \pm 0,2$, (53 ± 3) HRCэ;
- г) цементировать h 0,8-1,2, HRCэ 56–62 или h $1 \pm 0,2$, (59 ± 3) HRCэ.

2. Если термообработке подвергают отдельный участок детали, то его обводят на чертеже утолщенной штрихпунктирной линией, а на полке линии-выноски приводят показатели свойств материала (рисунок 35, а).

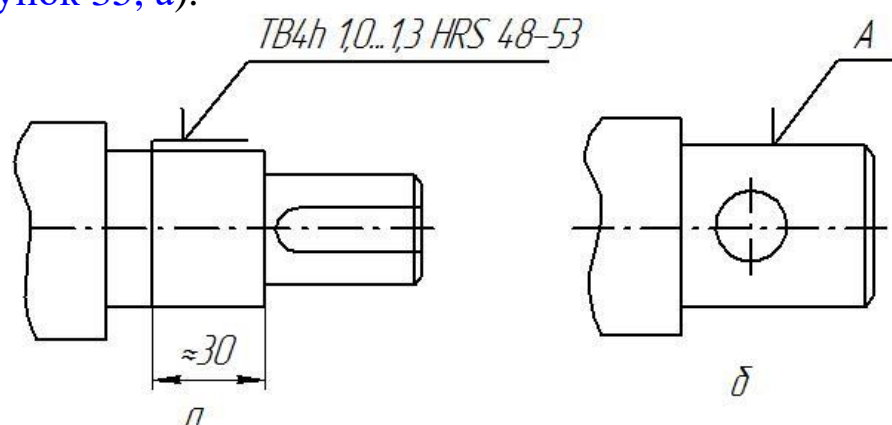


Рисунок 35 – Показатели свойств материала при частичной термообработке

3. Если всю деталь подвергают одному виду термообработки, а некоторые ее части другому или оставляют без обработки, то в технических требованиях делают запись:

- а) НВ 235-265, кроме места указанного особо (рисунок 35, а);
- б) HRCэ 40–45, кроме поверхности А (рисунок 35, б).

10 ОБОЗНАЧЕНИЕ СВАРНЫХ ШВОВ

Чертежи сварных деталей оформляют как чертежи сборочных единиц. Элементы сварной детали в разрезах и сечениях штрихуют в разных направлениях.

Если же сварную деталь изображают в сборе с другими деталями, то все её элементы штрихуют в одном направлении. Сварные швы на чертежах деталей изображают и обозначают по ГОСТ 2.312-72. Видимые швы изображают сплошными линиями, а невидимые штриховыми (рисунок 36).

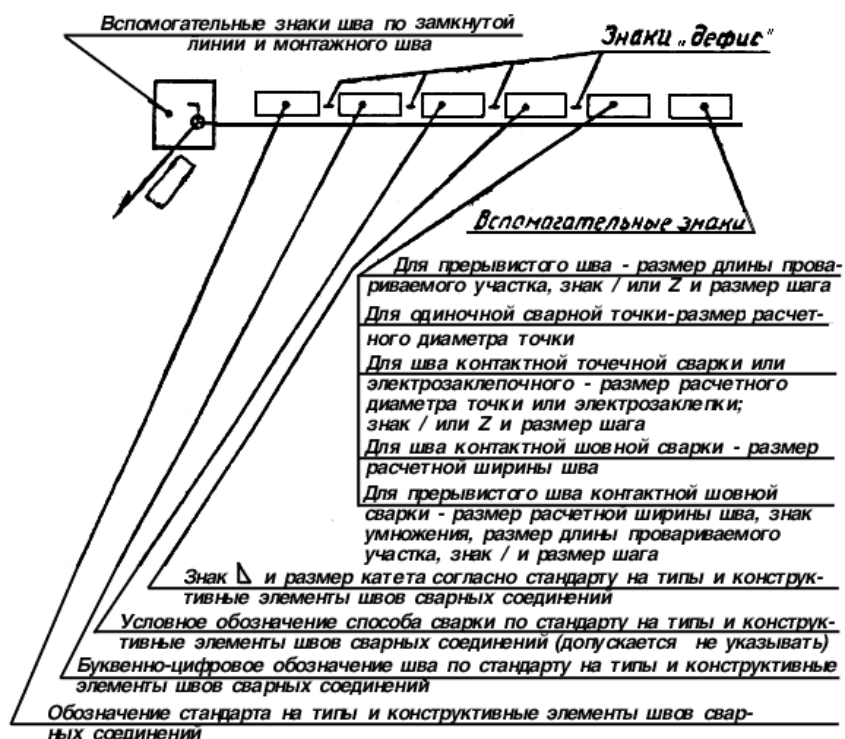


Рисунок 36 – Обозначение сварных швов

В условное обозначение шва входят все или некоторые из перечисленных ниже знаков:

1. Знак \oint – шов по замкнутой линии; знак \lrcorner – шов монтажный.

2. ГОСТ на типы и конструктивные элементы швов:

ГОСТ 5264-80 – сварка электродуговая ручная;

ГОСТ 8719-79 – сварка электродуговая автоматическая и полуавтоматическая под флюсом;

ГОСТ 15878-78 – контактная электросварка.

3. Буквенно-цифровое обозначение шва по стандартам по п. 2.

Например:

C1...C25 – швы стыковых соединений,

У1...У15 – швы угловых соединений,

T1...T16 – швы тавровых соединений,

Н1...Н8 – швы нахлесточных соединений.

Цифры после букв обозначают различную форму подготовки кромок.


4. Знак \triangle и размер катета шва.

5. Вспомогательные знаки: / – шов прерывистый или точечный с цепным расположением, размер шага; Z – шов прерывистый или точечный с шахматным расположением, размер шага.

6. Вспомогательные знаки:

 – усиление шва снять;

 – шов по незамкнутой линии;

 – наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу.

Обозначения одинаковых швов наносят только у одного из изображений. От изображения остальных швов проводят линии-выноски с полками. Всем остальным швам присваивают один порядковый номер. При выполнении всех швов по одному стандарту обозначение этого стандарта может быть приведено в технических требованиях.

11 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

На чертежах деталей задают размеры, приводят условные обозначения баз, допусков форм и расположение осей и поверхностей, параметров шероховатости. Для удобства чтения чертежа все эти сведения должны быть организованы в систему. На чертежах деталей – тел вращения (валы, валы-шестерни, червяки, колеса, стаканы, крышки подшипников и др.) следует располагать:

- а) осевые линейные размеры – под изображением детали на минимальном (2...4) числе уровней;
- б) условные обозначения баз – под изображением детали;
- в) условные обозначения допусков формы и расположение осей поверхностей над изображением детали на одном-двух уровнях;
- г) условные значения параметров шероховатости – на верхних частях изображения детали, а на торцевых поверхностях – под изображением детали. В обоих случаях условные обозначения шероховатости располагают в непосредственной близости от размерной линии;
- д) полки-линии выноски, указывающие поверхности для термообработки и покрытий, над изображением детали.

Технические требования располагают над основной надписью, а при недостатке места – левее основной надписи.

Технические требования записывают в следующем порядке:

1. Требования к материалу, заготовки, термической обработке (НВ...HRC...).
2. Указания о размерах (размеры для справок, радиусы закруглений, углы и др.).
3. Предельные отклонения размеров (неуказанные предельные отклонения и др.)
4. Допуски формы и расположение осей и поверхностей, на которые в стандарте нет условных графических знаков.
5. Требования к качеству поверхностей (указания об отделке, покрытии, шероховатости).

