

Тема 2.

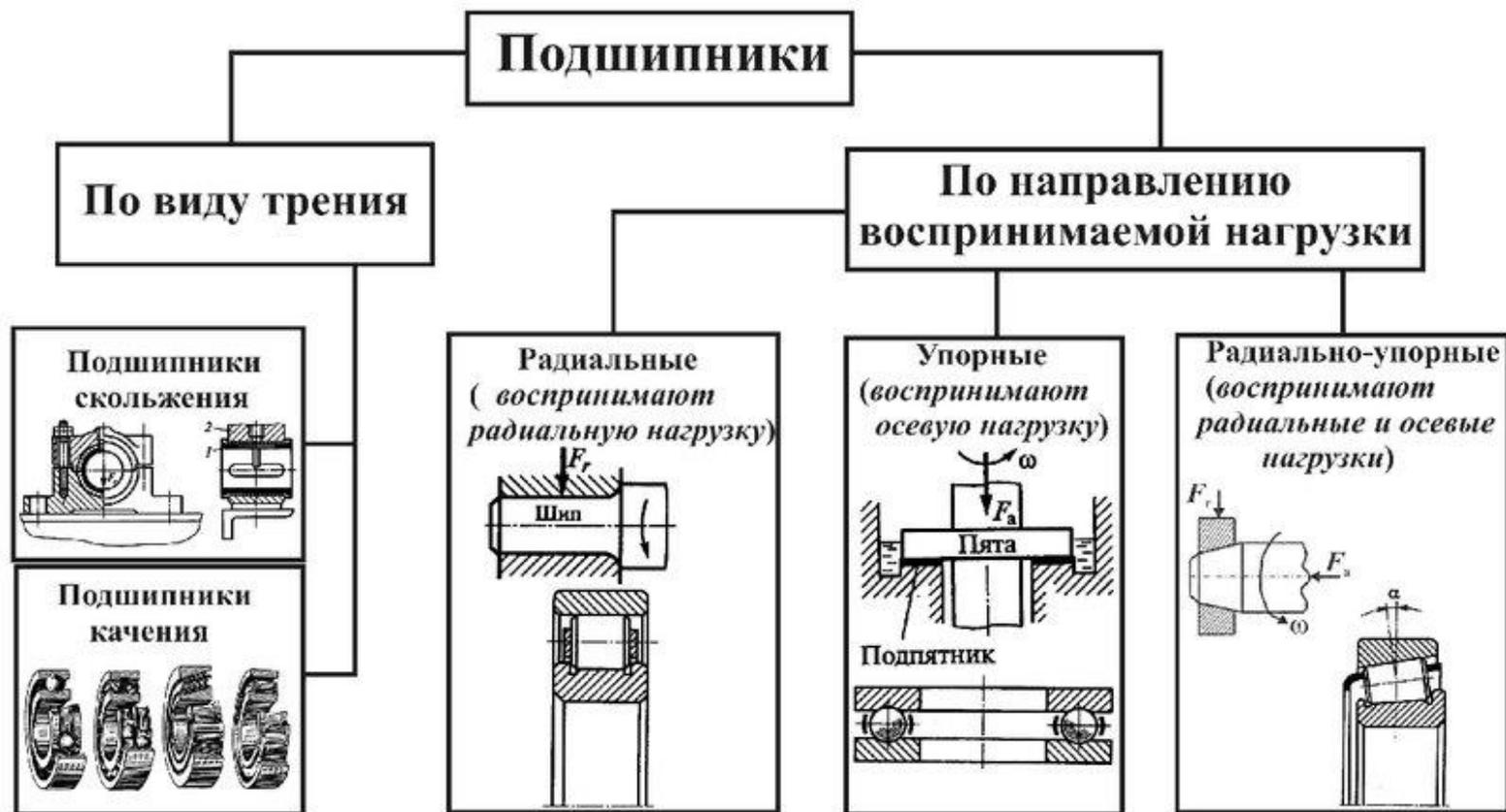
НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ



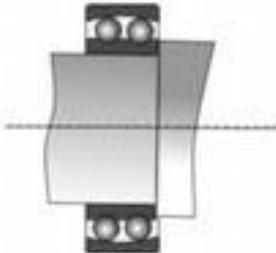
Ст. преподаватель кафедры ТОММ
Смирнова Оксана Андреевна

Назначение и классификация

Подшипники служат опорами для валов и вращающихся осей. Они воспринимают радиальные и осевые нагрузки, приложенные к валу, и сохраняют заданное положение оси вращения вала. От качества подшипников в значительной степени зависят работоспособность и долговечность машин. (!)

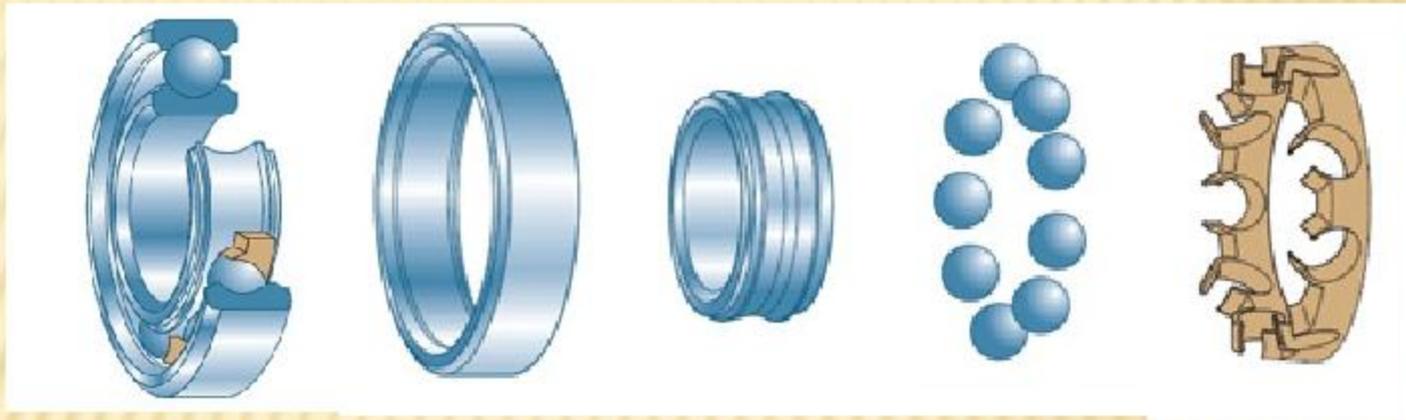


Виды подшипников

			
<p>Радиальный роликовый подшипник</p>	<p>Упорный шариковый подшипник</p>	<p>Упорный роликовый подшипник</p>	<p>Радиально-упорный шариковый подшипник</p>
			
<p>Самоустанавливающийся двухрядный радиальный шариковый подшипник</p>	<p>Самоустанавливающийся радиальный роликовый подшипник</p>	<p>Самоустанавливающийся радиально-упорный роликовый подшипник</p>	<p>Самоустанавливающийся двухрядный радиальный роликовый подшипник с бочкообразными роликами (сферический)</p>
			
<p>Радиально-упорный шариковый подшипник с четырёхточечным контактом</p>	<p>Радиально-упорный роликовый подшипник (конический)</p>	<p>Самоустанавливающийся подшипник</p>	<p>Сепаратор с роликами игольчатого подшипника</p>

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Подшипник качения состоит из двух колец, тел качения и сепаратора. Сепаратор отделяет, удерживает и направляет тела качения. На кольцах есть дорожки качения.

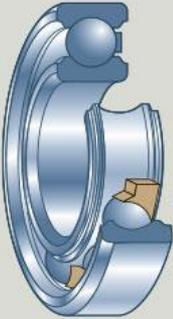
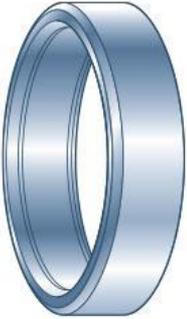
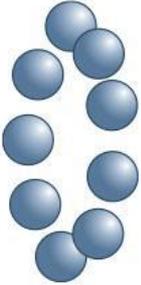
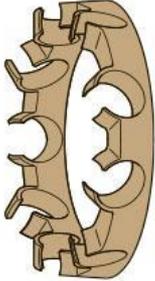
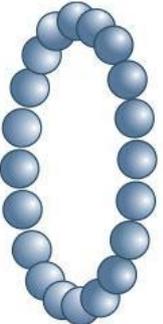


Достоинства:

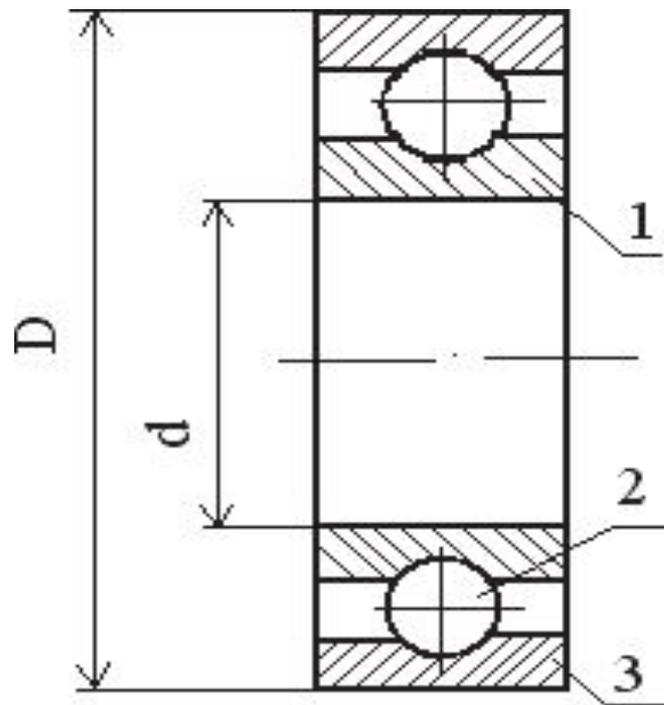
- малые потери на трение;
- малый нагрев;
- надежность;
- невысокая стоимость;
- взаимозаменяемость;
- простота в эксплуатации и малый расход смазки.

Недостатки:

- не выдерживают ударные и вибрационные нагрузки;
- ненадежность при работе в воде, агрессивных средах;
- неразъемность конструкции;
- шум при больших оборотах.

Тип	Наружное кольцо	Внутреннее кольцо	Элементы качения	Сепаратор синт.мат.	Сепаратор из стали	Мех. обраб. сепаратор
 <p data-bbox="112 721 305 756">Шариковые</p>						
 <p data-bbox="19 1106 367 1142">Упорные шариковые</p>	 <p data-bbox="421 1102 595 1145">(housing ring)</p>	 <p data-bbox="685 1102 846 1145">(shaft ring)</p>				

2.1 Классы точности и поля допусков подшипников

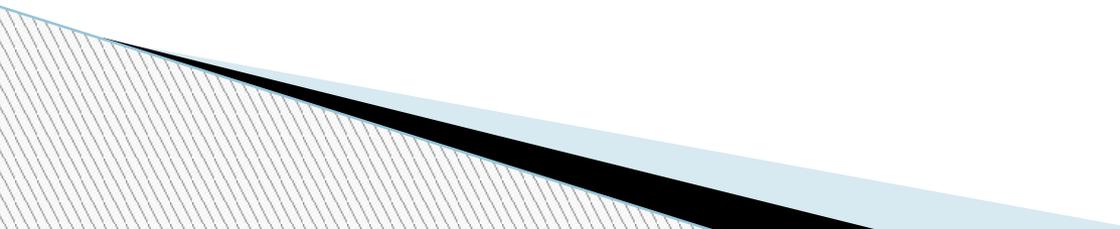


- 1 - внутреннее кольцо;
- 2 - тела качения;
- 3 - наружное кольцо

Рис. 2.1. Подшипник

Подшипник качения представляет собой сложный узел (рис. 2.1), состоящий из внутреннего 1 и наружного 3 колец, тел качения 2, которыми являются шарики, ролики или иглы. Посадочные размеры, по которым подшипник качения соединяется с валом и корпусом, следующие: внутренний диаметр d внутреннего кольца и наружный диаметр D наружного кольца.

По ГОСТ 520-2011 на подшипники
установлены **классы точности**, которые
характеризуются значениями предельных
отклонений размеров, формы, взаимного
положения поверхностей.



В зависимости от допустимых предельных отклонений размеров и допусков формы, взаимного положения поверхностей подшипников, точности вращения установлены следующие классы точности подшипников, указанные в порядке повышения точности:

- нормальный, 6, 5, 4, Т, 2 - для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников;
- 0, нормальный, 6Х, 6, 5, 4, 2 - для роликовых конических подшипников;
- нормальный, 6, 5, 4, 2 - для упорных и упорно-радиальных подшипников.

Класс точности «нормальный» соответствует классу точности 0 (нуль).

Класс точности проставляется перед обозначением подшипника (класс «0» не указывается), например: 5-208 или 208.

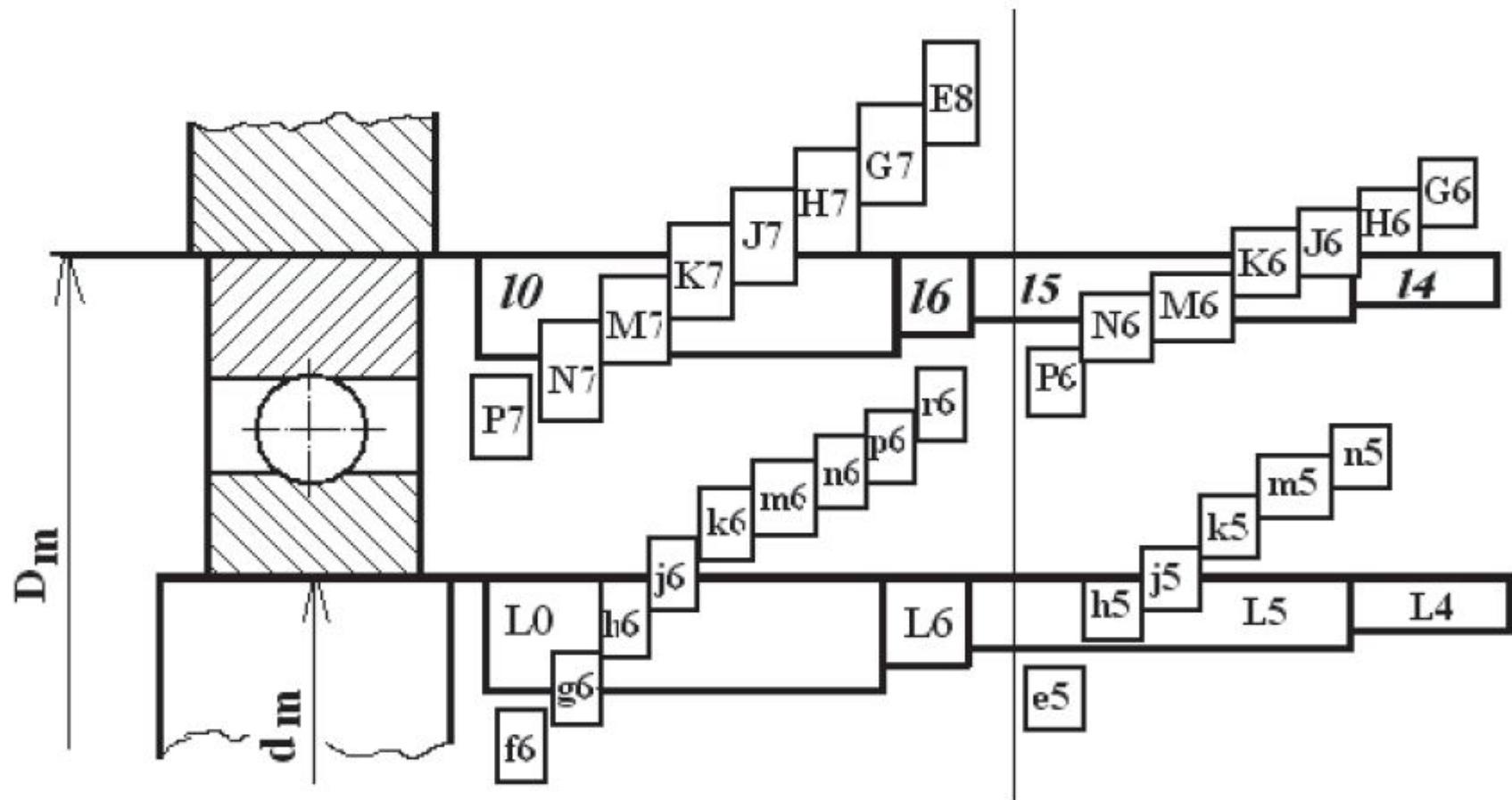


Рис. 2.2. Поля допусков деталей подшипникового соединения

Предельные отклонения для подшипников качения назначают на средние диаметры посадочных поверхностей, которые обозначают: D_m , d_m .

Основное отклонение для среднего диаметра отверстия подшипника обозначают L .

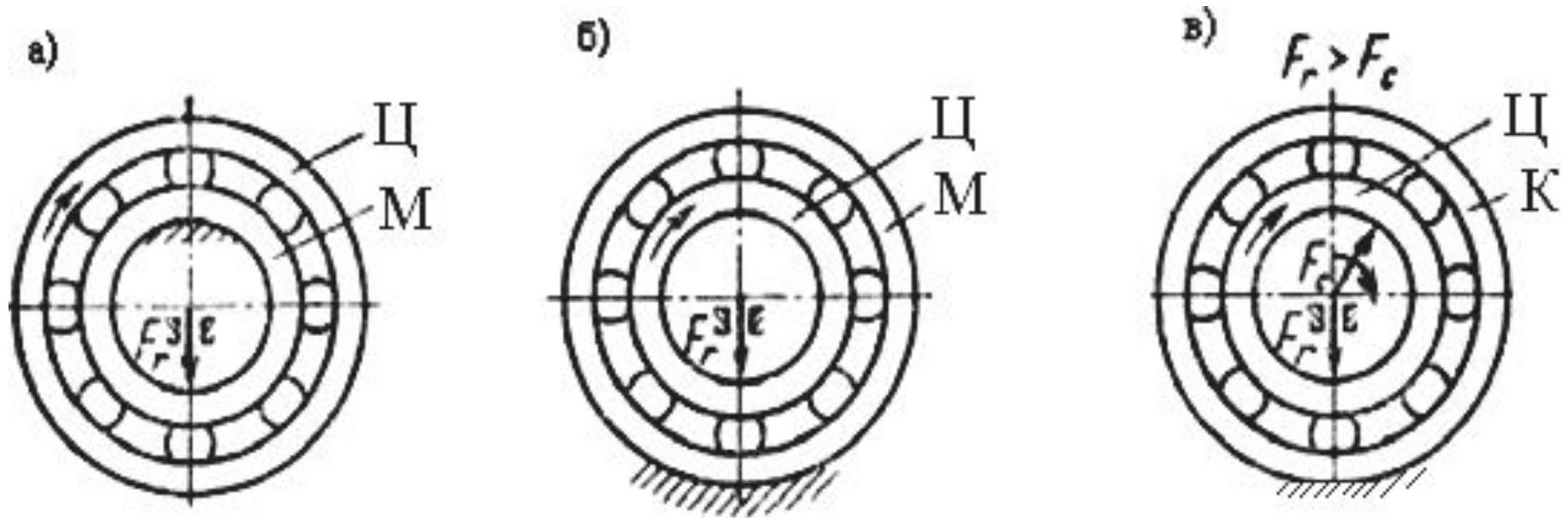
Основное отклонение для среднего наружного диаметра подшипника обозначают l .

Поля допусков (lD_m и Ld_m) посадочных размеров подшипника (рис. 2.2) расположены одинаково в «минус» от их номинальных средних диаметров (D_m и d_m), т.е. верхнее отклонение равно нулю.

Поле допуска на наружный диаметр кольца подшипника (lD_m) располагается аналогично полю допуска основного вала h и обозначается: $l0$, $l6$, $l5$, $l4$, $l2$ (в зависимости от класса точности).

2.2 Виды нагружения колец подшипника. Выбор посадок

В зависимости от условий работы различают три вида нагружения колец: *местное*, *циркуляционное* и *колебательное* (рис. 2.3).



- а - внутреннее кольцо неподвижно, нагрузка постоянная; б - внутреннее кольцо вращается, нагрузка постоянная;
в - наружное кольцо неподвижно, нагрузка постоянная и вращающаяся

Рисунок 2.3 – Схемы нагружения колец подшипника:

2.2 Виды нагружения колец подшипника. Выбор посадок

При местном нагружении (рис. 2.3, а) кольцо воспринимает результирующую радиальную нагрузку (Fr) одним ограниченным участком дорожки качения и передает её соответствующему участку посадочной поверхности вала или корпуса (кольцо неподвижно).

При циркуляционном нагружении (рис. 2.3, б) кольцо воспринимает действующую на подшипник результирующую радиальную нагрузку (Fr) последовательно всей поверхностью дорожки качения и передает ее последовательно всей посадочной поверхности вала или корпуса (кольцо вращается).

При колебательном нагружении (рис. 2.3, в) неподвижное кольцо воспринимает ограниченным участком дорожки качения равнодействующую (F_{r+c}) двух радиальных нагрузок: постоянной по направлению (F_r) и вращающейся (F_c), причем $F_r > F_c$. Равнодействующая F_{r+c} совершает колебательное движение.

2.2 Виды нагружения колец подшипника. Выбор посадок

В зависимости от вида нагружения колец шариковых и роликовых подшипников в таблице 1 приведены рекомендуемые поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов.

Поля допусков посадочных мест валов и отверстий корпусов

Вид нагружения колец	Класс точности подшипника	Поля допусков	
		вала	отверстия корпуса
Местное	0, 6 5, 4	f6, g6, h6, js6, h5, js5	G7, H7, H8, H9, Js7 M6, Js6
Циркуляционное	0, 6 5, 4	js6, k6, m6, n6, js5, k5, m5, n5	K7, M7, N7, P7 K6, M6, N6
Колебательное	0, 6 5, 4	js6 js5	Js7 Js6

2.2 Виды нагружения колец подшипника. Выбор посадок

Примеры обозначения посадок подшипников качения на чертежах:

– подшипник класса точности 0 на вал с номинальным диаметром $d = 50$ мм, с симметричным расположением поля допуска вала j_s6

$$\text{Ø}50L0/j_s6 \text{ (или } \text{Ø}50 L0 - j_s6, \text{ или } \text{Ø}50 \frac{L0}{j_s6} \text{)};$$

– то же в отверстие корпуса с номинальным диаметром 90 мм, с полем допуска H7

$$\text{Ø}90H7/l0 \text{ (или } \text{Ø}90H7 - l0, \text{ или } \text{Ø}90 \frac{H7}{l0} \text{)}.$$

Допускается на сборочных чертежах подшипниковых узлов **указывать** размер, поле допуска или предельные отклонения на диаметр, сопряженный с подшипником, например для вала $\text{Ø}50j_s6$ и для отверстия в корпусе $\text{Ø}90H7$.

Практические занятия №3

1) Выбрать и рассчитать посадки на соединения подшипника с корпусом и валом.

2) Назначить отклонения формы и шероховатость посадочных поверхностей. Построить схемы полей допусков соединений.

3) Начертить эскизы деталей и узла подшипникового соединения с указанием шероховатости поверхности и отклонений формы.

Задачи выполнить для следующих вариантов:

Вариант	Класс точности подшипника	Диаметр кольца, мм		Узел	Режим работы
		внутреннего d_m	наружного D_m		
1	6	100	180	Передний мост автомобиля, вращается корпус	Нормальный
2	6	60	130	Электродвигатель $N = 80$ кВт, вращается вал	Тяжелый
3	0	45	100	Коробка скоростей токарного станка, вращается вал	Нормальный
4	0	70	90	Редуктор, вращается вал	Нормальный
5	6	90	190	Шлифовальный шпиндель, вращаются вал и корпус	Нагрузки переменные
6	6	150	225	Передние колеса автомашин, вращается корпус	Нормальный
7	0	100	125	Узел трактора, вращается вал	Нормальный
8	6	80	100	Колеса трамваев, вращается вал	Нагрузка динамическая
9	0	40	90	Коробка передач трактора, вращается вал	Нормальный
0	6	50	110	Ролики ленточного транспортера, вращается корпус	Нормальный

Пример решения задачи

Выбрать и рассчитать посадки на соединения подшипника с корпусом и валом в узле редуктора. Назначить отклонения формы и шероховатость посадочных поверхностей. Построить схемы полей допусков соединений. Начертить эскиз узла и деталей соединения подшипника с простановкой посадок, отклонений формы, шероховатости поверхностей.

Условие: подшипник шариковый, радиальный, $d = 150$ мм, $D = 190$ мм, вращается вал, режим работы – нормальный, класс точности 0.

Решение:

1) Определяем предельные отклонения поля допуска внутреннего кольца подшипника $L0$, предельные размеры кольца при $d_m = 150$ мм (приложение 1):

$$\begin{aligned} ES &= 0; & EI &= -25 \text{ мкм}; \\ d_{m \max} &= 150 \text{ мм}; & d_{m \min} &= 149,975 \text{ мм}; \\ Td_m &= 0,025 \text{ мм}. \end{aligned}$$

2) Определяем предельные отклонения поля допуска наружного кольца подшипника $l0$, предельные размеры кольца при $D_m = 190$ мм (приложение 2):

$$\begin{aligned} es &= 0; & ei &= -30 \text{ мкм}; \\ D_{m \max} &= 190 \text{ мм}; & D_{m \min} &= 189,97 \text{ мм}; \\ TD_m &= 0,030 \text{ мм}. \end{aligned}$$

3) Определяем вид нагружения колец. Так как вращается вал, а корпус неподвижен (т.е. внутреннее кольцо вращается, а наружное неподвижно), то внутреннее кольцо нагружено циркуляционно, наружное – местно.

Пример решения задачи

4) Определяем поля допусков посадочных поверхностей (приложения 3, 4):

вал – **п6**, отверстие в корпусе – **H7**;

соединение:

внутреннее кольцо – вал $\varnothing 150 \frac{L0}{п6}$; наружное кольцо – корпус $\varnothing 190 \frac{H7}{10}$.

5) Определяем предельные отклонения посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса и их предельные размеры (приложения 5 – 8):

вал $\varnothing 150$ п6

$$es = +52 \text{ мкм}; \quad ei = +27 \text{ мкм};$$

$$d_{\max} = 150,052 \text{ мм}; \quad d_{\min} = 150,027 \text{ мм};$$

$$Td = es - ei = 25 \text{ мкм};$$

отверстие $\varnothing 190$ H7

$$ES = +46 \text{ мкм}; \quad EI = 0;$$

$$D_{\max} = 190,046 \text{ мм}; \quad D_{\min} = 190 \text{ мм};$$

$$TD = ES - EI = 46 \text{ мкм}.$$

6) Определяем предельные зазоры и натяги соединений.

Пример решения задачи

Внутреннее кольцо – вал $\left(\frac{L0}{n6}\right)$ – посадка в системе отверстия с натягом:

$$N_{\max} = d_{\max} - d_{m \min} = 150,052 - 49,975 = 0,077 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - d_{m \max} = 150,027 - 150 = 0,027 \text{ мм};$$

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,077 - 0,027 = 0,05 \text{ мм};$$

$$TN = Td_m + Td = 0,025 + 0,025 = 0,05 \text{ мм}.$$

Наружное кольцо – корпус $\left(\frac{H7}{10}\right)$ – посадка в системе вала с зазором:

$$S_{\max} = D_{\max} - D_{m \min} = 190,046 - 189,97 = 0,076 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - D_{m \max} = 190 - 190 = 0 \text{ мм};$$

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,076 \text{ мм};$$

$$TS = TD_m + TD = 0,030 + 0,046 = 0,076 \text{ мм}.$$

7) Определяем шероховатость посадочных поверхностей (приложение 9):

вала – $R_a = 2,5$ мкм; отверстия – $R_a = 2,5$ мкм;

торцы заплечиков валов и отверстий корпусов – $R_a = 2,5$ мкм.

Отклонение от цилиндричности составляет 20 % от допуска на размер:

$Td = 25$ мкм, поэтому допуск цилиндричности вала равен 0,005 мм;

$TD = 46$ мкм, поэтому допуск цилиндричности отверстия равен 0,010 мм.

Пример решения задачи

8) Построим схемы полей допусков деталей подшипникового соединения, обозначим зазоры и натяги (рис. 2.4).

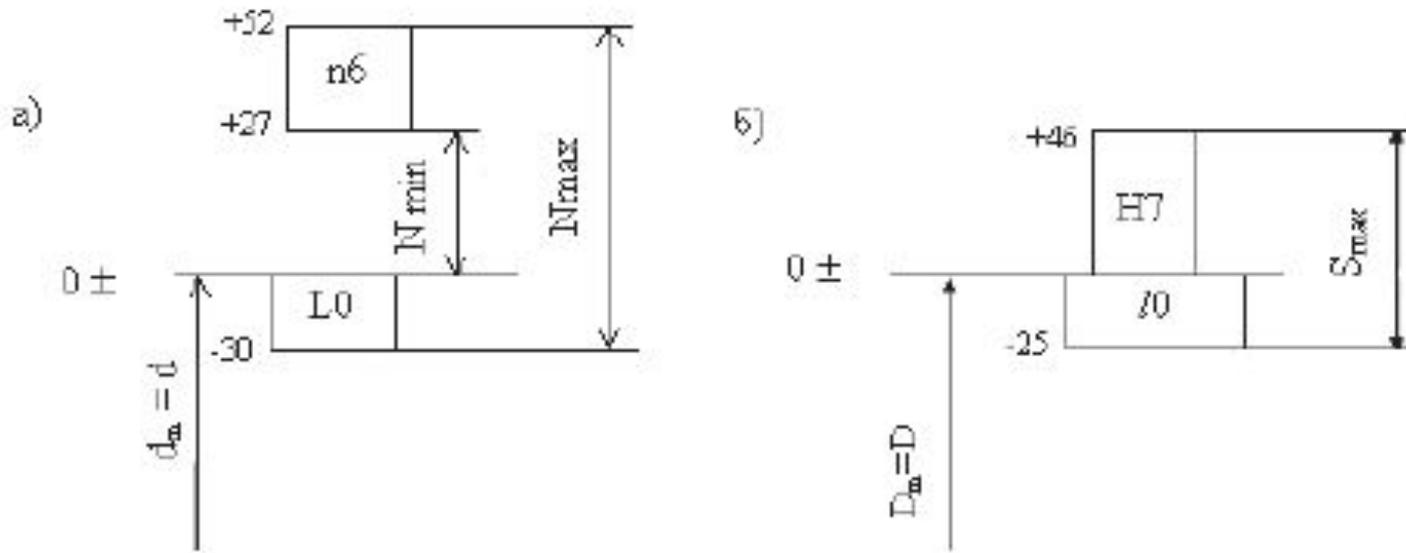


Рис. 2.4. Поля допусков деталей подшипникового соединения:
а – «внутреннее кольцо – вал»; б – «наружное кольцо – корпус»

9) Выполним чертежи деталей подшипникового соединения и сборочный чертеж (рис. 2.5).

Пример решения задачи

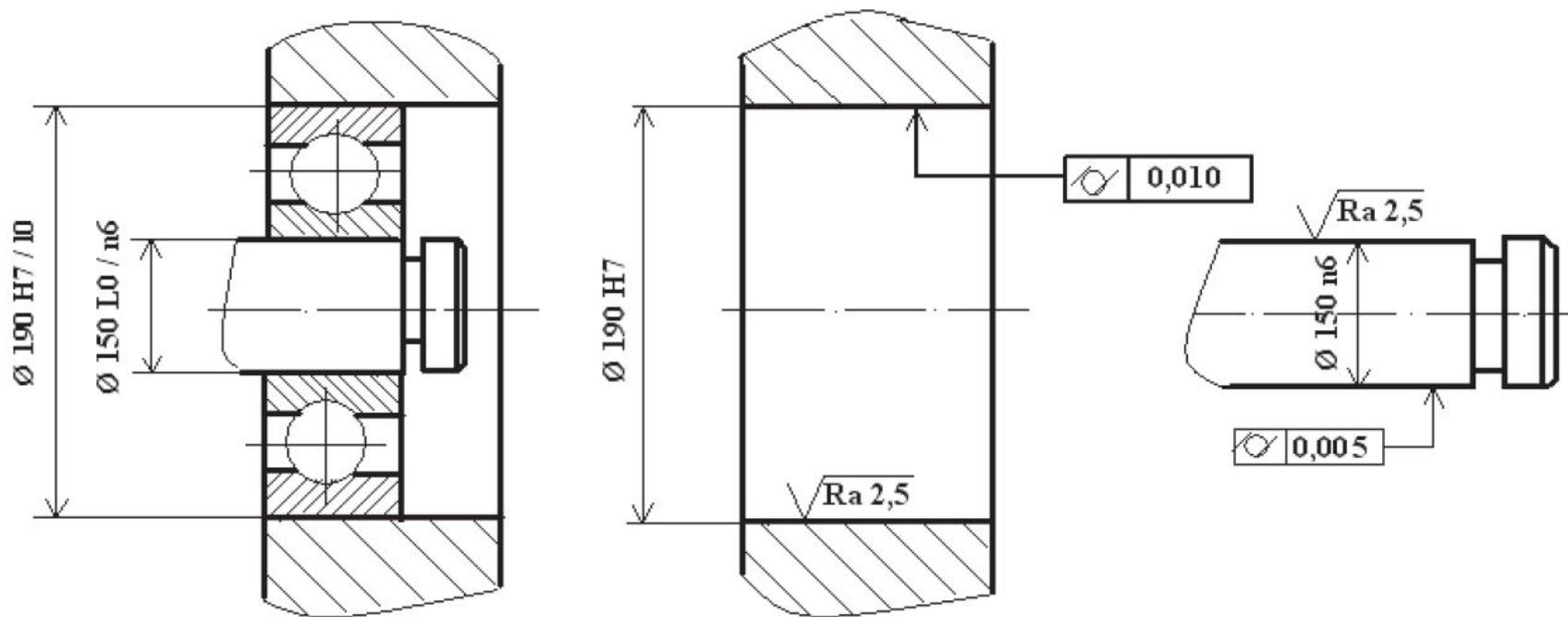


Рис. 2.5. Эскиз подшипникового узла и детали подшипникового соединения