

## Тема 2.

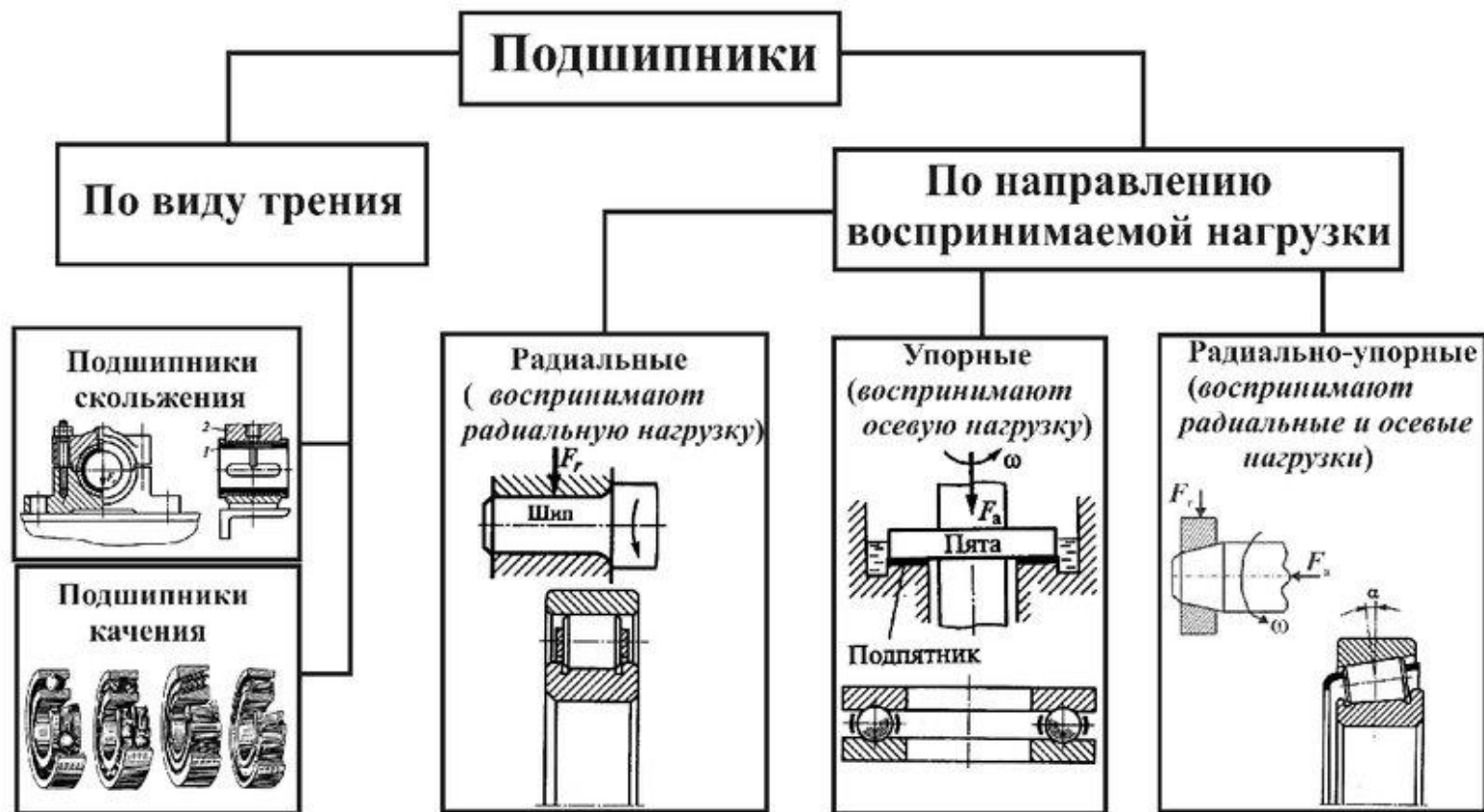
# НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ



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. (!)

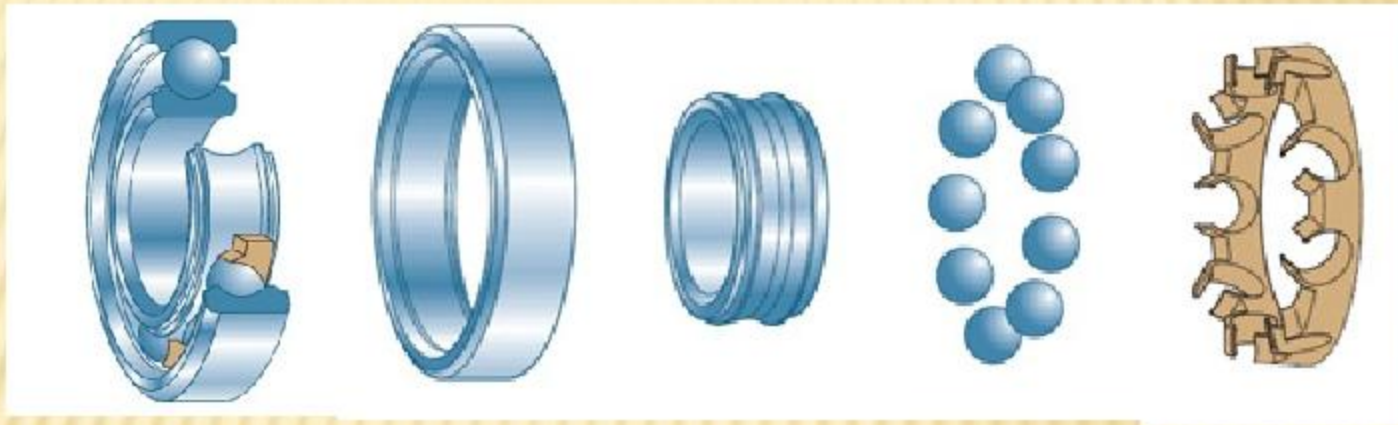


# Виды подшипников

			
<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.




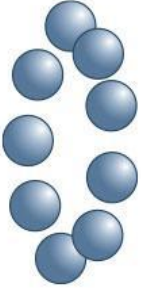






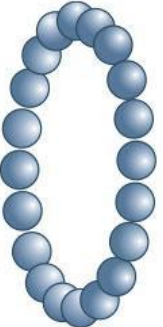



## **Достоинства:**

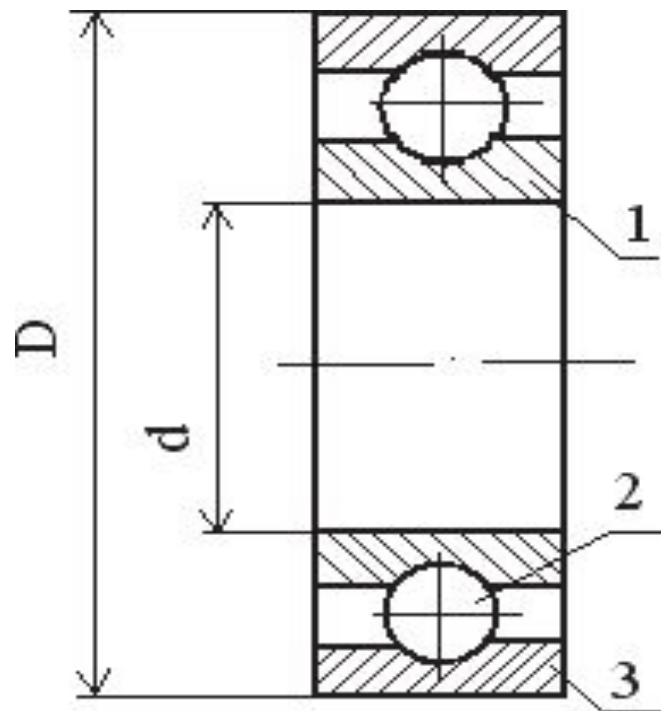
- малые потери на трение;
- малый нагрев;
- надежность;
- невысокая стоимость;
- взаимозаменяемость;
- простота в эксплуатации и малый расход смазки.

## **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

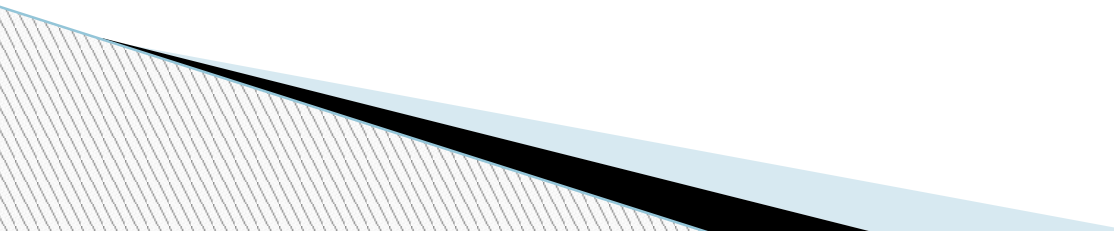


- 1 - внутреннее кольцо;
- 2 - тела качения;
- 3 - наружное кольцо

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, T, 2 - для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников;
- 0, нормальный, 6X, 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.



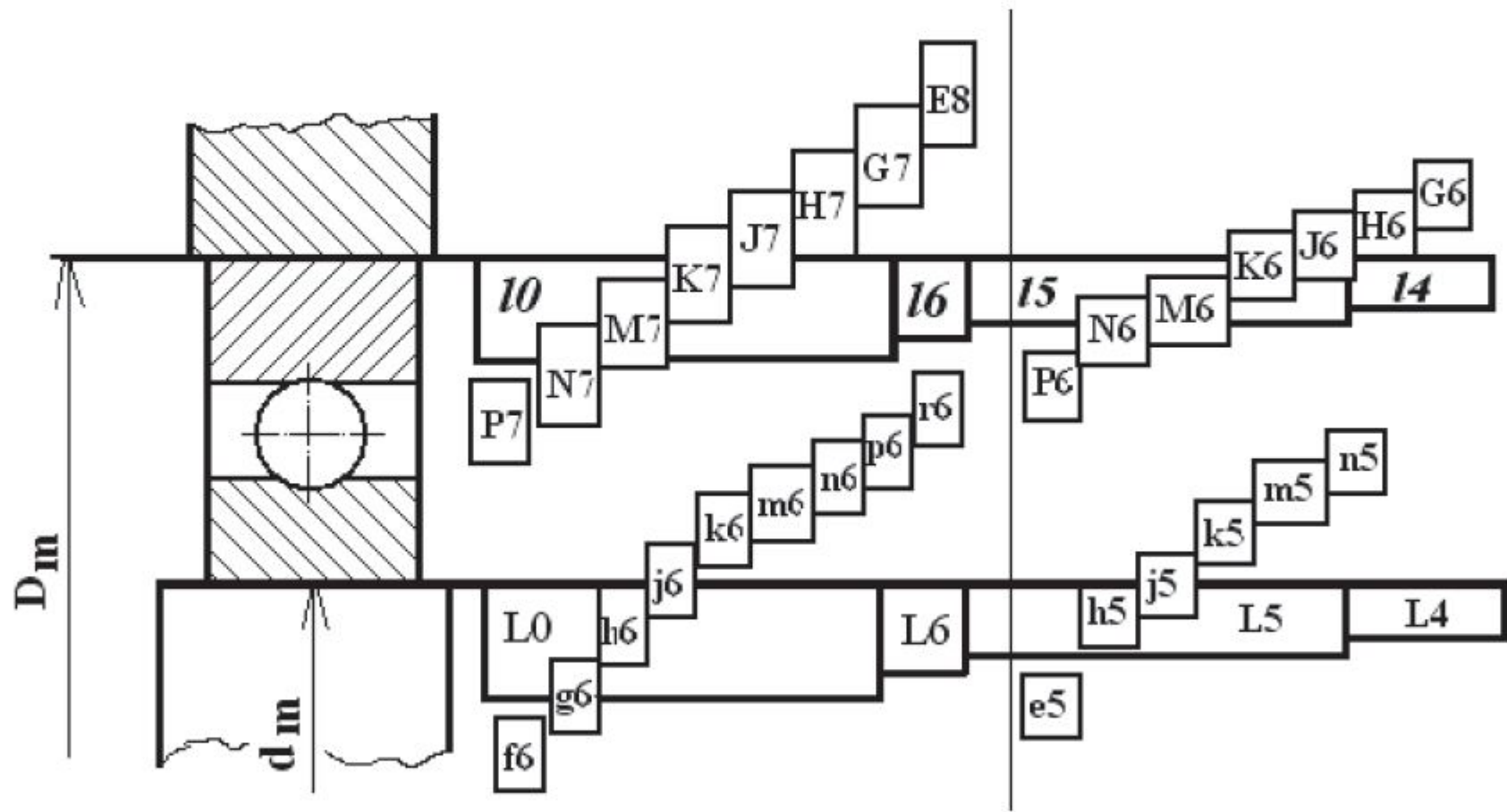


Рис. 2.2. Поля допусков деталей подшипникового соединения

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  $L$ .

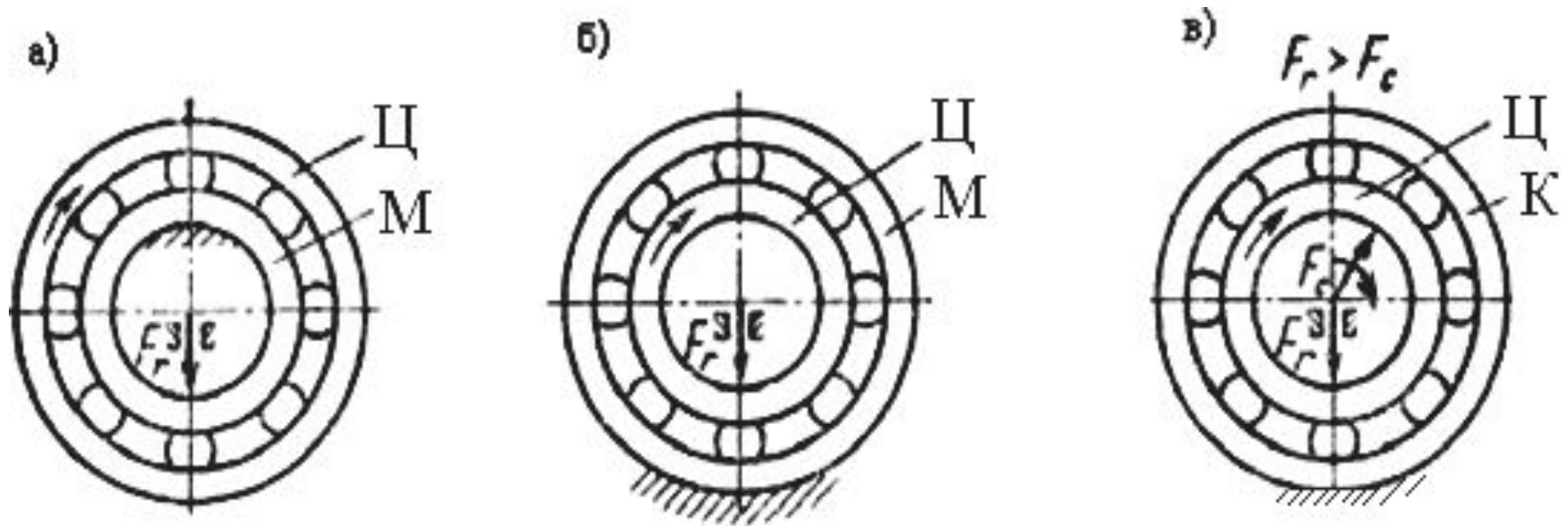
Основное отклонение для среднего наружного диаметра подшипника обозначают  $l$ .

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).

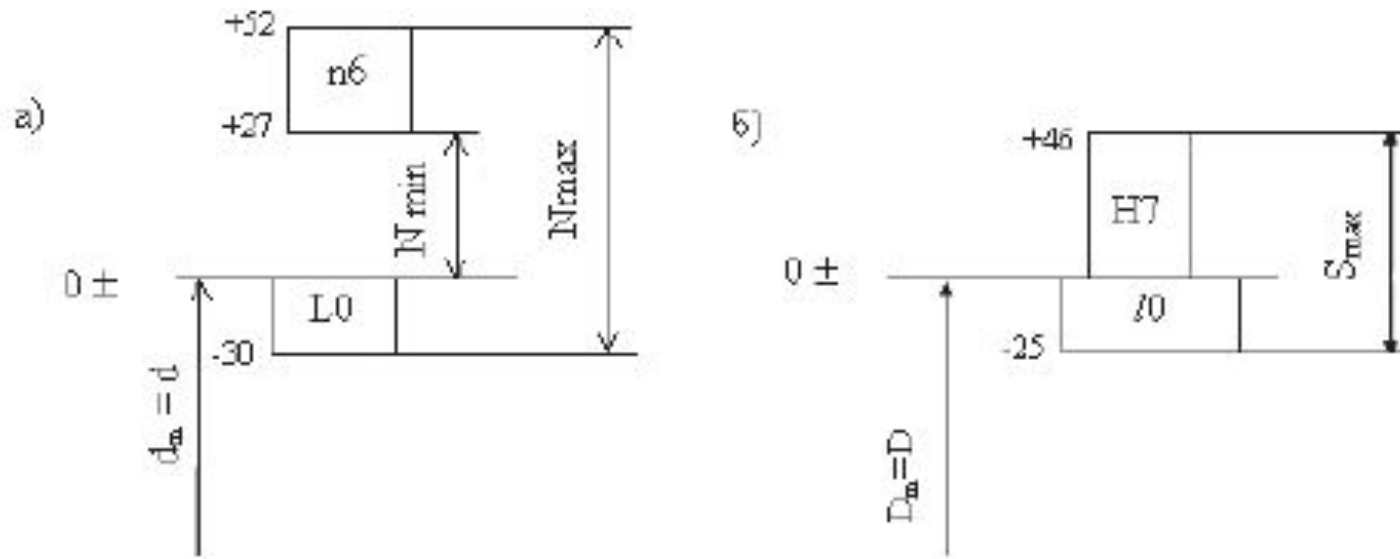


Рис. 2.4. Поля допусков деталей подшипникового соединения:  
а – «внутреннее кольцо – вал»; б – «наружное кольцо – корпус»

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

## Пример решения задачи

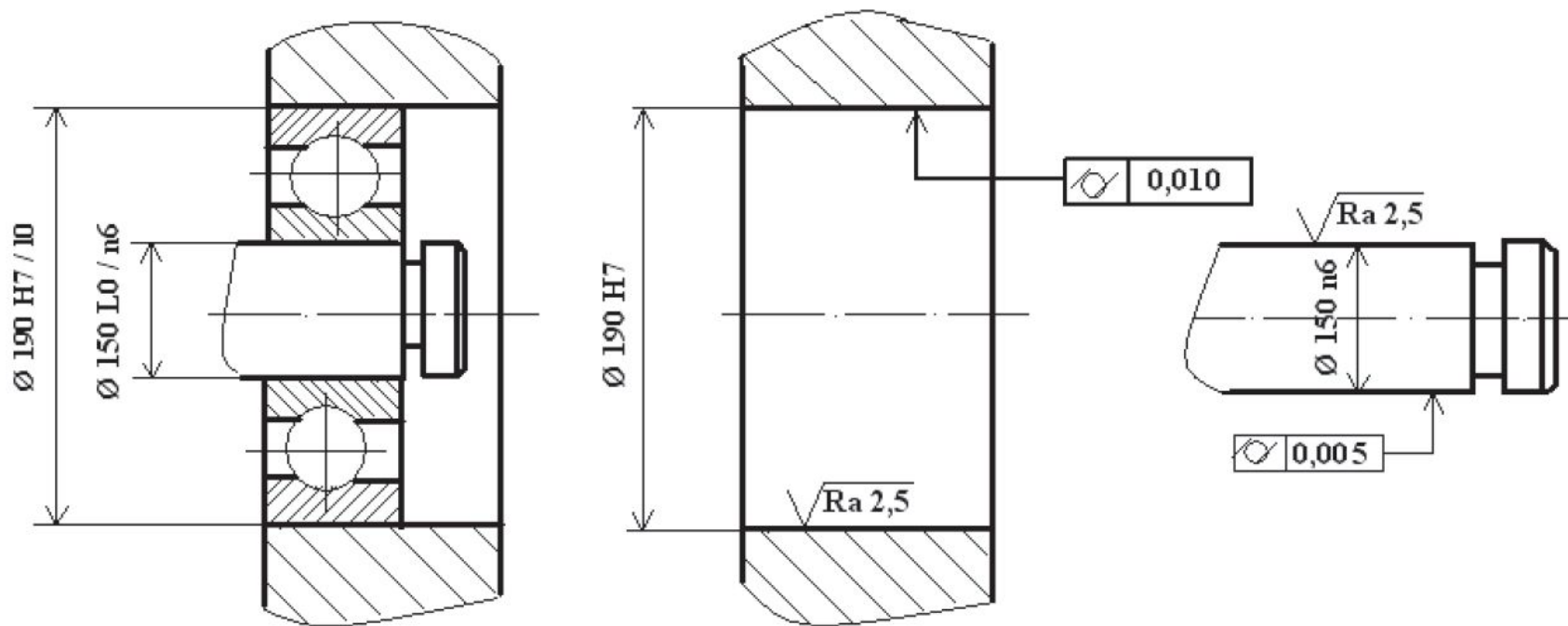


Рис. 2.5. Эскиз подшипникового узла и детали подшипникового соединения