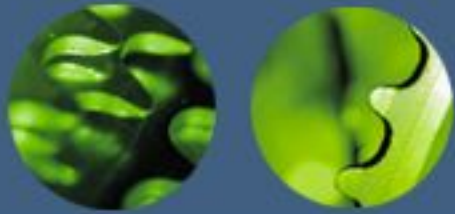




# Прикладная механика

**Подшипники**



Название "**подшипник**" происходит от слова "**шип**" (англ. *Shaft* – вал).

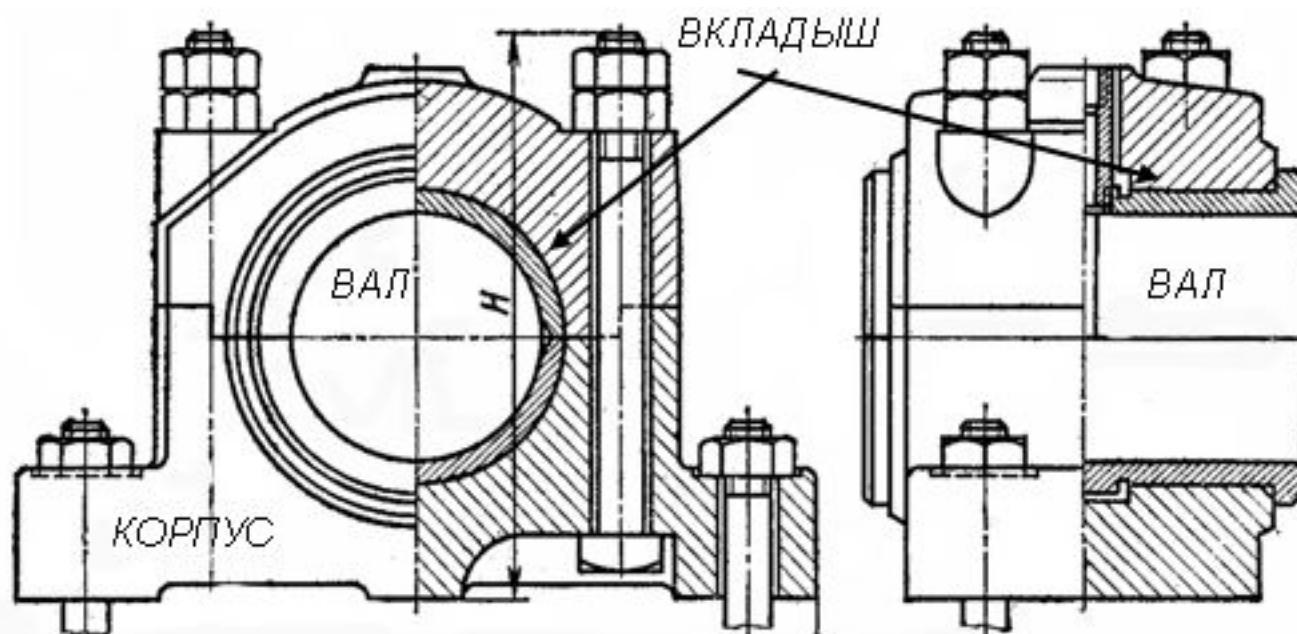
Валы и оси поддерживаются специальными деталями - опорами.

Назначение подшипника состоит в том, что он должен обеспечить надёжное и точное соединение вращающейся (вал, ось) детали и неподвижного корпуса.

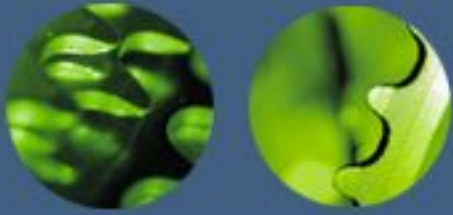
По характеру трения подшипники разделяют на две группы:

- подшипники скольжения (трение скольжения)
- подшипники качения (трение качения)

## КОНСТРУКЦИЯ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ



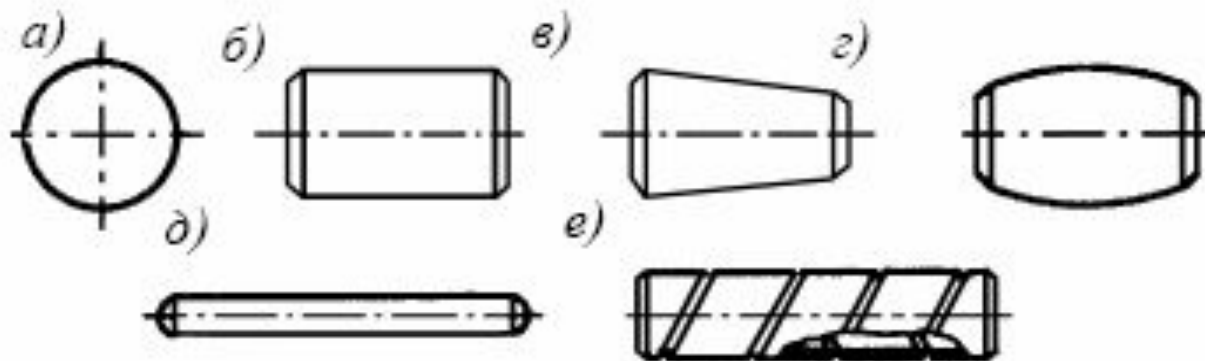
Тонкостенная втулка (вкладыш) из антифрикционного материала: бронзы или бронзовых сплавов, из пластмасс.



## Основные признаки классификации подшипников качения:

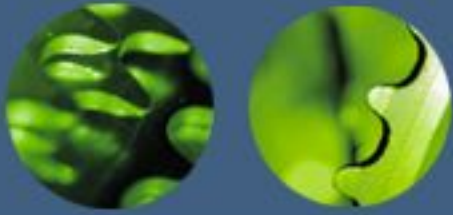
- ❑ форма тел качения
- ❑ габариты (осевые и радиальные)
- ❑ направление воспринимаемых сил

## ТЕЛА КАЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПОДШИПНИКАХ



**шариковые** (а)

**роликовые:** цилиндрическими (б), коническими (в), бочкообразными (г), игольчатыми (д) и витыми роликами (е)



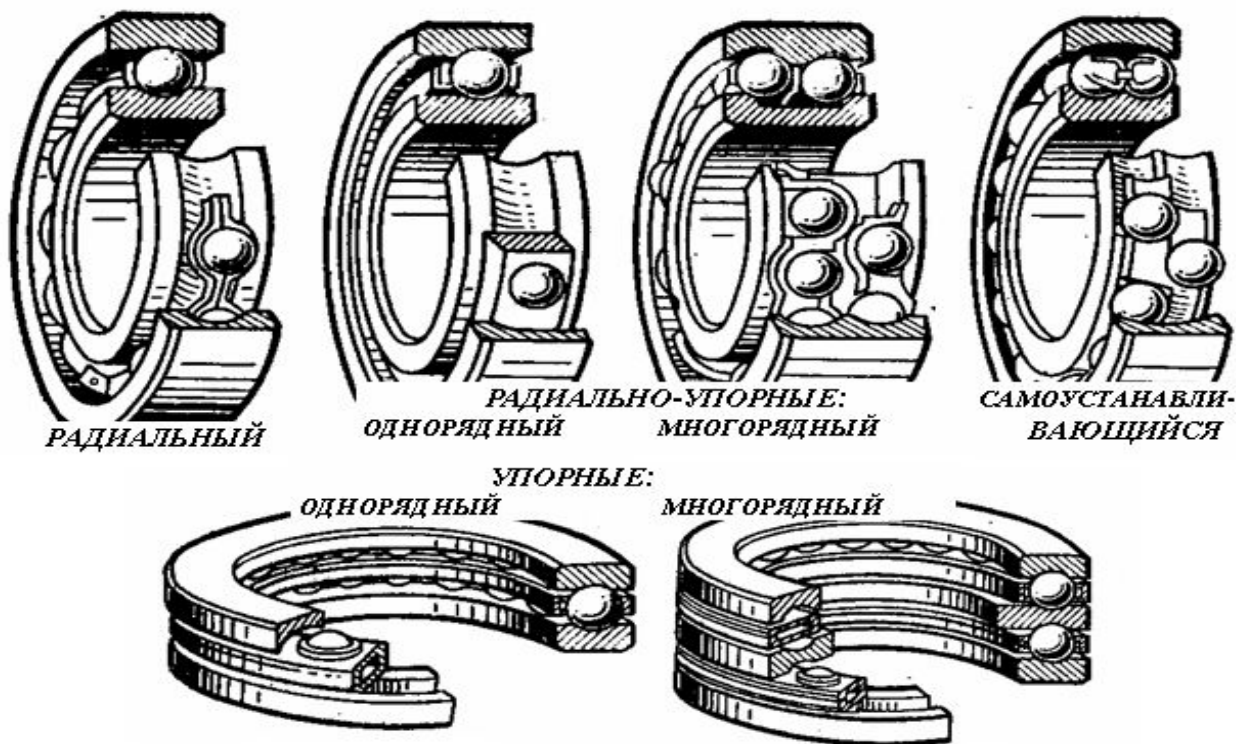
### Достоинства:

- низкое трение,
- низкий нагрев;
- экономия смазки;
- высокий уровень стандартизации;
- экономия дорогих антифрикционных материалов

### Недостатки:

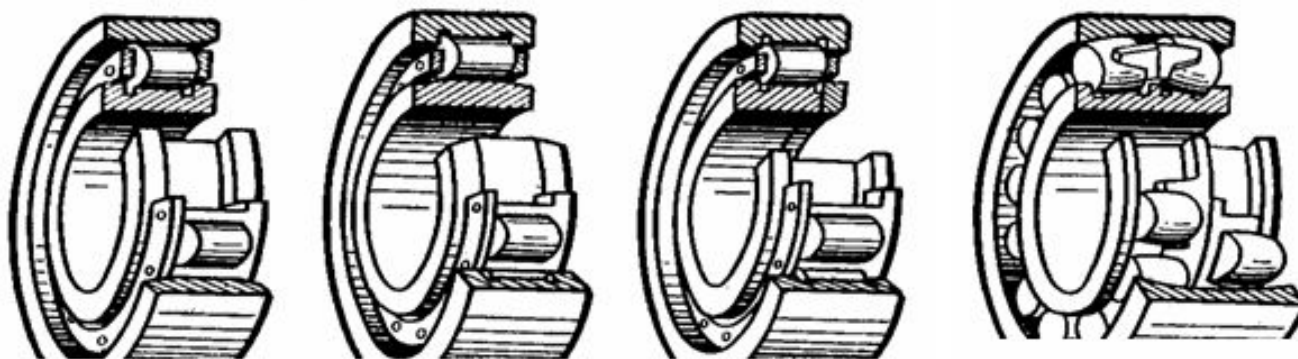
- большие габариты (особенно радиальные) и вес
- слабая виброзащита (подшипники являются генераторами вибрации за счёт разноразмерности тел качения)

**Шариковые подшипники** (быстроходны, способны к самоустановке за счёт возможности некоторого отклонения оси вращения)



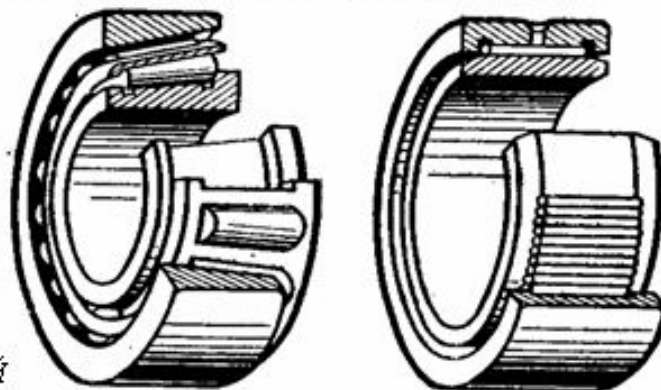


**Роликовые подшипники** – конические, цилиндрические, игольчатые (более грузоподъемны, но из-за фиксированного положения оси вращения не способны самоустанавливаться, кроме бочкообразных роликов).



*ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ РОЛИКОВЫЕ РАДИАЛЬНЫЕ*

*САМОУСТАНАВ-  
ЛИВАЮЩИЙСЯ*

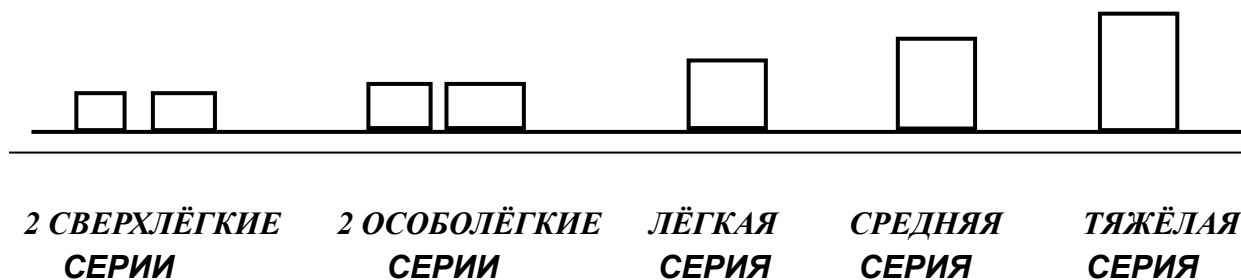


*КОНИЧЕСКИЙ*

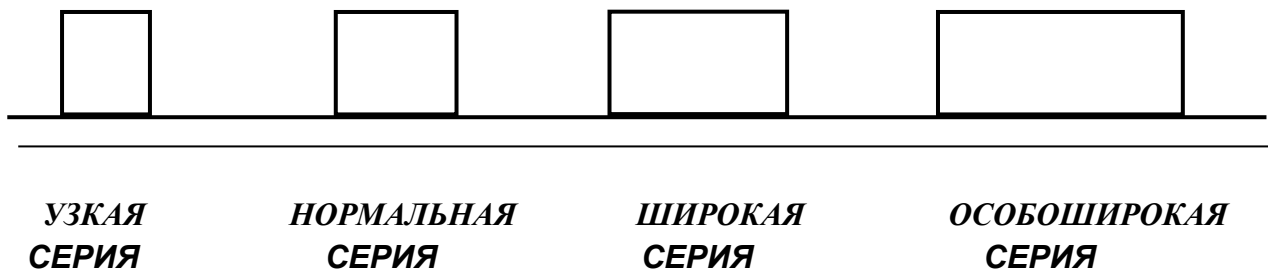
*ИГОЛЬЧАТЫЙ*

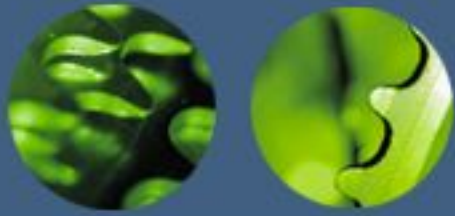


По радиальным габаритам подшипники сгруппированы в семь серий:



По осевым габаритам подшипники сгруппированы в четыре серии:





По воспринимаемым силам все подшипники делятся на четыре группы

Вычислив радиальную  $F_r$  и осевую  $F_a$  реакции опор вала, конструктор может выбрать:

### 1 Радиальные подшипники,

воспринимающие только радиальную нагрузку и незначительную осевую.  
(цилиндрические роликовые и радиальные шариковые подшипники)

### 2 Радиально-упорные подшипники,

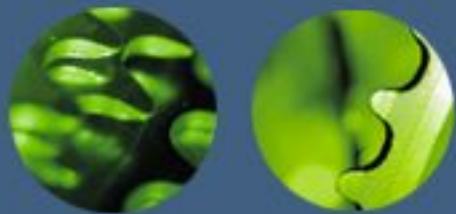
воспринимающие большую радиальную и меньшую осевую нагрузки.  
(радиально-упорные шариковые и конические роликовые с малым углом конуса)

### 3 Упорно-радиальные подшипники,

воспринимающие большую осевую и меньшую радиальную нагрузки.  
(конические роликовые подшипники с большим углом конуса)

### 4 Упорные подшипники, "подпятники",

воспринимающие только осевую нагрузку.  
(упорные шариковые и упорные роликовые подшипники)



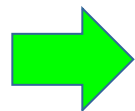
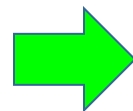
Работоспособность подшипника сохраняется при соблюдении двух критериев:

*долговечности и грузоподъёмности*

**1 этап** – определение типа подшипника

$$R_a = \sqrt{R_{ax}^2 + R_{ay}^2}, H$$

$$R_b = \sqrt{R_{bx}^2 + R_{by}^2}, H$$

 $R_{\max}$ 

$$\frac{F_a}{R_{\max}}$$



См. таблицу 1

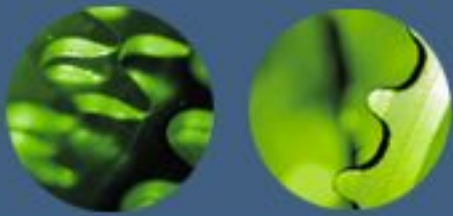
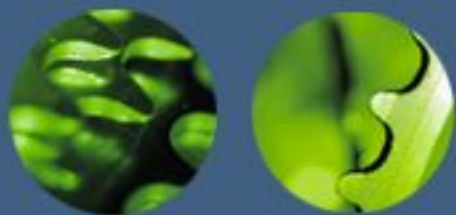


Таблица 1

Отношение $F_a/R$	Тип подшипника
$< 0.35$	Однорядные радиальные шарикоподшипники
$0.35 \dots 0.7$	Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники тип 36000, $\beta=12^\circ$
$0.71 \dots 1.0$	Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники тип 46000, $\beta=26^\circ$
$1.0 \dots 1.5$	Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники тип 66000, $\beta=36^\circ$
$>1.5$	Конические радиально-упорные роликоподшипники





**2 этап** – расчет эквивалентной динамической нагрузки подшипника (P):

Выбираем серию и номер подшипника  
и определяем из таблицы значения C и C<sub>0</sub>



Для радиальных подшипников при действии радиальной и осевой нагрузок:

$$P = (XVR_{\max} + YF_a) \cdot K_{\delta} \cdot K_T, H$$

коэффициенты радиальной (X) и осевой (Y) нагрузки  
определяем по таблице 2



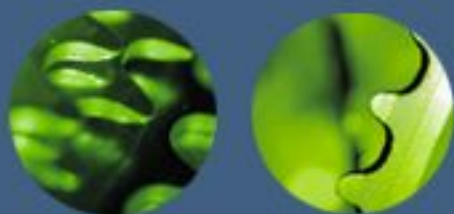
Для радиальных подшипников  
при отсутствии осевой нагрузки:

$$P = VR_{\max} \cdot K_{\sigma} \cdot K_T, H$$

Для упорных подшипников:

$$P = F_a \cdot K_{\sigma} \cdot K_T, H$$

$K_{\delta}; K_T; V$  – коэффициенты безопасности, температуры подшипника и учитывающий вращение наружного или внутреннего кольца



Шариковые радиальные однорядные				
Обозначение подшипников	d, мм	D, мм	C, кН	C <sub>0</sub> , кН
Легкая серия диаметров 2, узкая				
204	20	47	10	6,3
205	25	52	11	7,09
206	30	62	15,3	10,2
207	35	72	20,1	13,9
208	40	80	25,6	18,1
209	45	85	25,7	18,1
210	50	90	27,5	20,2

Шариковые радиальные однорядные				
Обозначение подшипников	d, мм	D, мм	C, кН	C <sub>0</sub> , кН
Средняя серия диаметров 3, узкая				
304	20	52	12,5	7,94
305	25	62	17,6	11,6
306	30	72	22	15,1
307	35	80	26,2	17,9
308	40	90	31,9	11,7
309	45	100	37,8	26,7
310	50	110	48,5	36,3

C – динамическая грузоподъемность, кН  
 C<sub>0</sub> – статическая грузоподъемность, кН

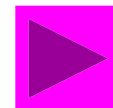


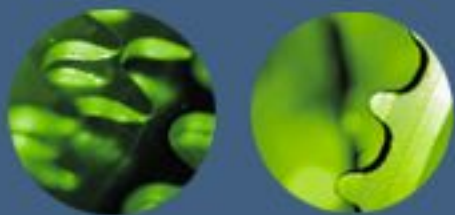


таблица 2

$F_a/C_0$	$F_a/(V \cdot R) < e$		$F_a/(V \cdot R) > e$		$e$
	X	Y	X	Y	
0,014	1	0	0,56	2,3	0,19
0,028				1,99	0,22
0,056				1,71	0,26
0,084				1,55	0,28
0,11				1,45	0,3
0,17				1,31	0,34
0,28				1,15	0,38
0,42				1,04	0,42
0,56				1	0,44

$e$  – коэффициент осевого нагружения





**3 этап** – расчет динамической грузоподъемности подшипника ( $C_p$ ):

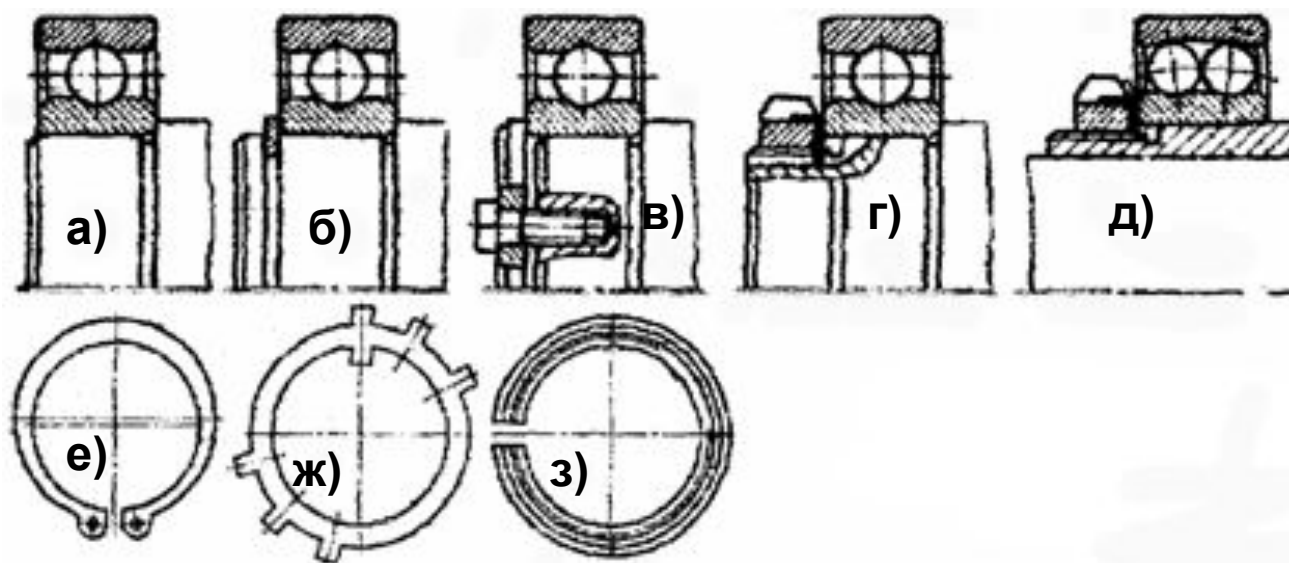
$$C_p = P \cdot \sqrt[3]{L}, \quad \text{КН} \quad \langle \quad C$$

$$L = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot L_h = \frac{1800 \cdot \omega}{\pi \cdot 10^6} \cdot L_h$$

$L$  - число оборотов за время работы подшипника, млн.об

$L_h$  - долговечность, ч

## Крепление подшипников на валу



уступы вала (а)

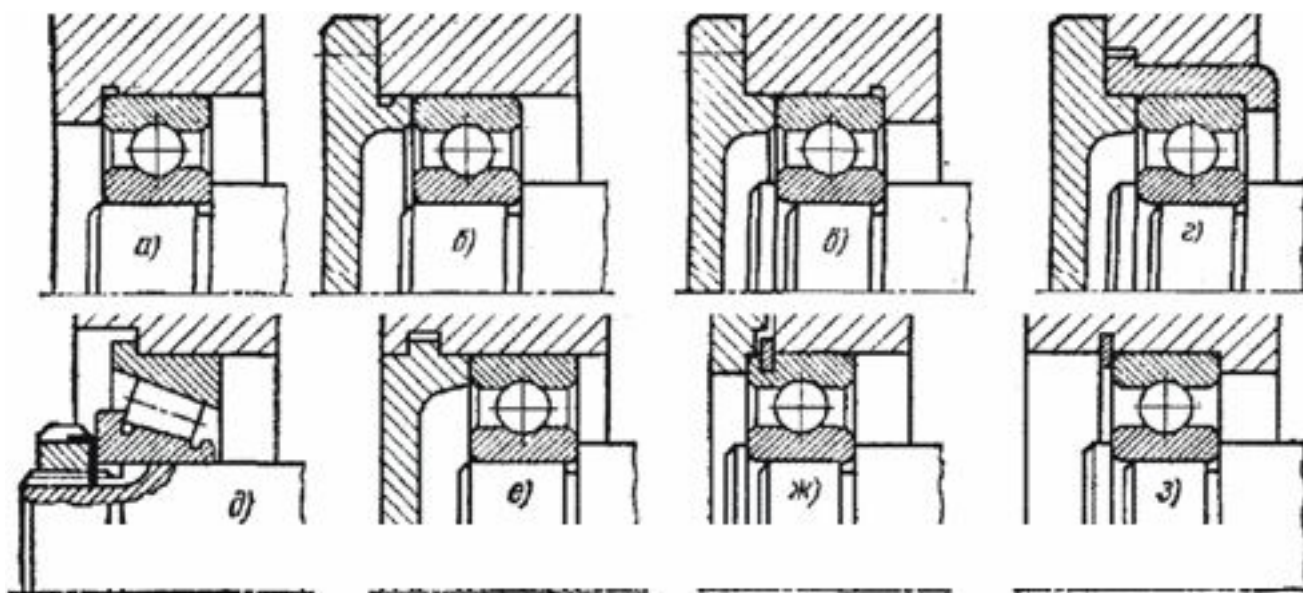
пружинные стопорные кольца (б, е)

торцовые шайбы (в)

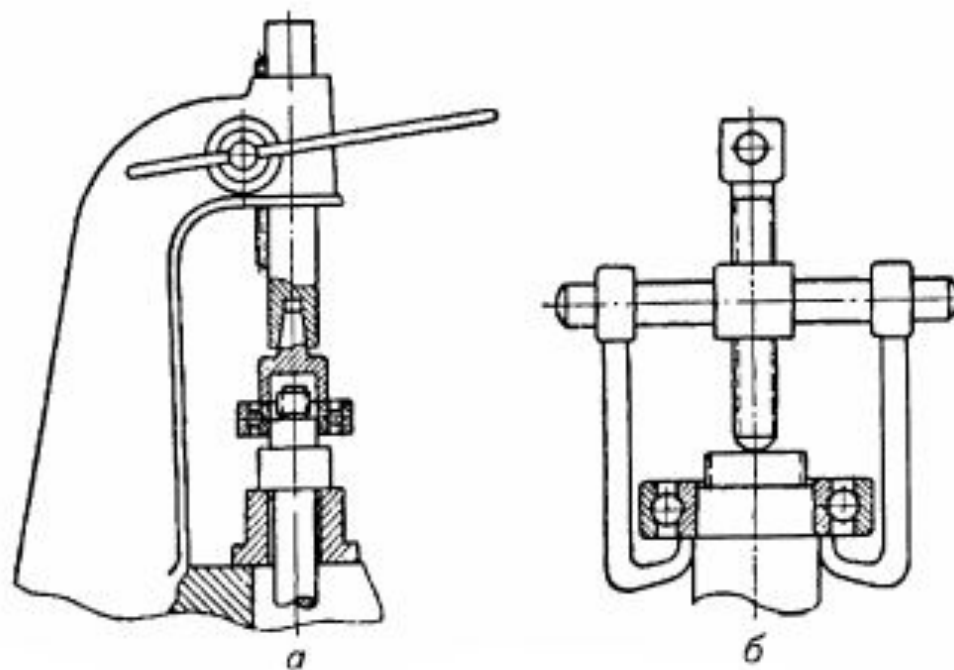
упорные гайки (г, ж)

конические разрезные втулки (д, з)

## Крепление подшипников в корпусе



- уступы в корпусе и стакане (а)
- крышки (б)
- крышки и уступы (в, г)
- упорные борты (д)
- врезные крышки при разъёмных корпусах (е)
- пружинные кольца (ж, з)



Монтаж (а) и демонтаж (б) подшипника на валу