

ПОДШИПНИКИ насосов и компрессоров



**Однорядные
радиальные
шарикоподшипники**



**Однорядные
цилиндрические
роlikоподшипники
с латунным,
стальным
или полиамидным**



**Однорядные
радиально-упорные
шарикоподшипники**



**Двухрядные радиально-
упорные
шарикоподшипники**



Конические роликоподшипники



Сферические роликоподшипники



Подшипники для

насосов

Подшипники с защитой от
проскальзывания

Подшипники насосов
для сжиженного газа

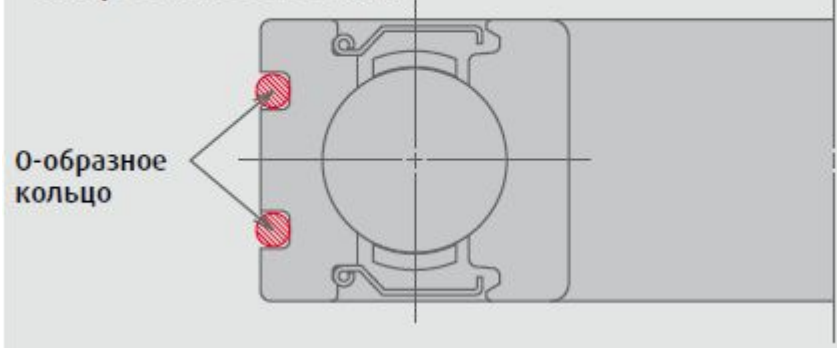


Подшипники для насосов

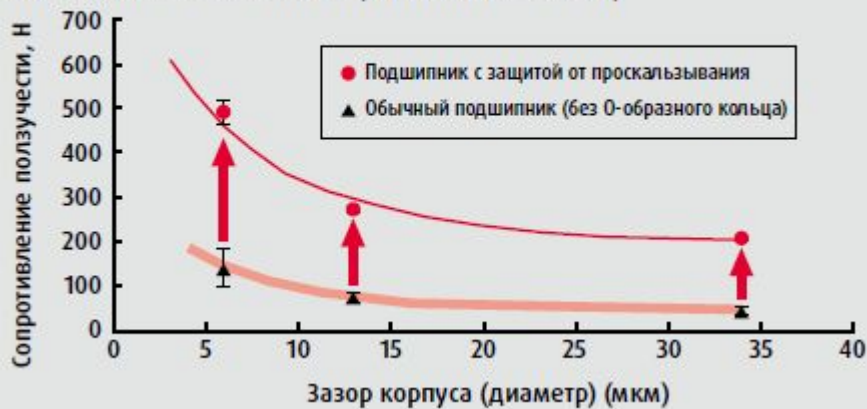
Подшипники с защитой от проскальзывания



Конструкция подшипников с защитой от проскальзывания



Испытания под нагрузкой момента проскальзывания (пример: 6204)



Подшипники для

Подшипники с защитой от проскальзывания

Свойства и области применения подшипников

› Предотвращает проскальзывание О-образные кольца предотвращают проскальзывание

› Не требуется дополнительной механической обработки корпуса.

При соответствии габаритных размеров стандартные подшипники можно заменить на подшипники с защитой от проскальзывания

› Простота сборки

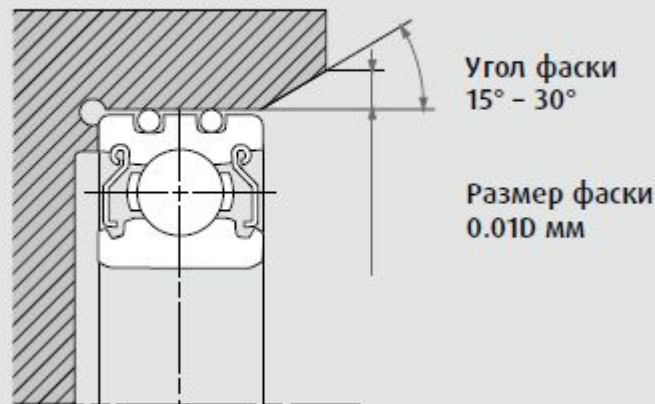
Процедура сборки проста, т. к. подшипники устанавливаются со свободными допусками

› Корпус многоразового использования

Истирание на поверхности внутреннего отверстия корпуса незначительно, в связи с чем корпус можно использовать

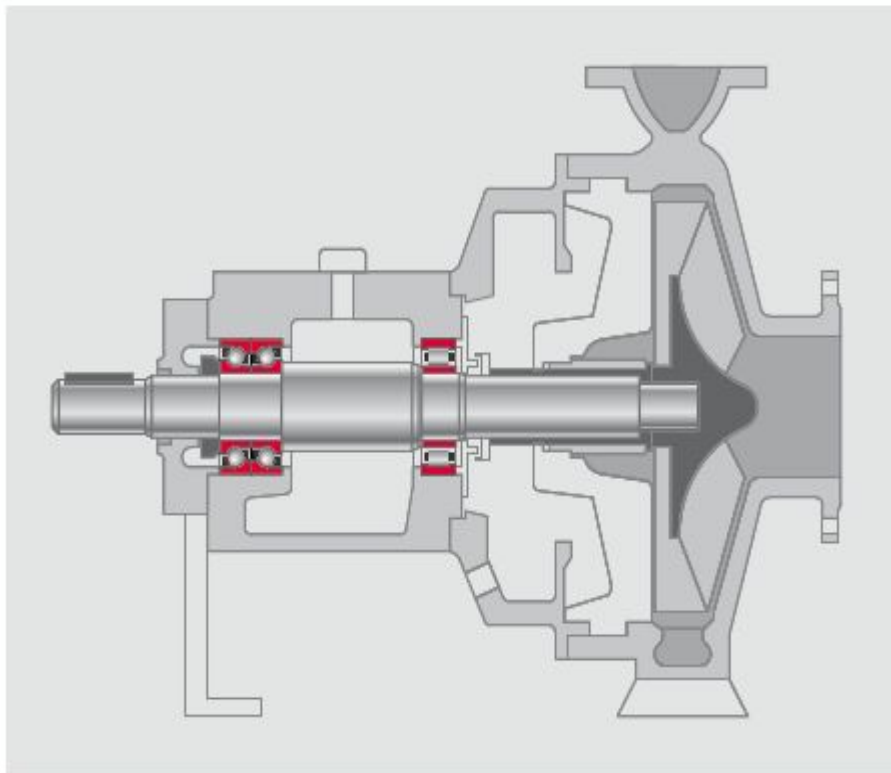
Уст

Форма корпуса и размеры



Форма корпуса и размеры:
форма корпуса должна
соответствовать схеме.

Центробежные насосы



Применяемые подшипники

- › Цилиндрические роликоподшипники
- › Радиально-упорные шарикоподшипники
- › Двухрядные радиально-упорные шарикоподшипники
- › Радиальные шарикоподшипники – специальная серия

Рабочие условия

- › Скорость: 1500 об./мин. – 3000 об./мин.
- › Осевые и радиальные нагрузки

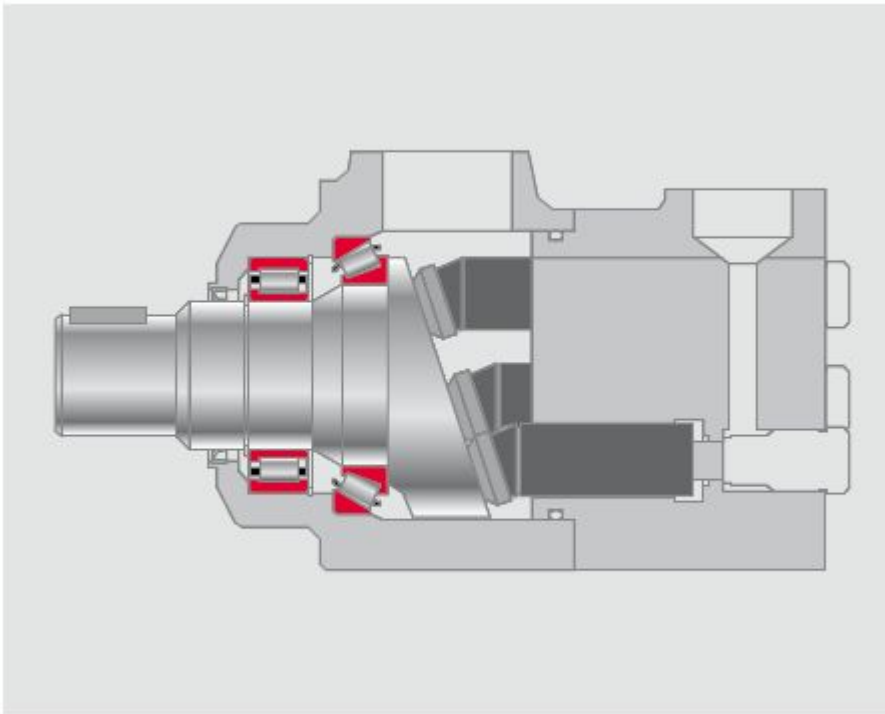
Требования к подшипникам

- › Длительный срок эксплуатации при высоких осевых нагрузках
- › Небольшой осевой зазор (люфт)

Плунжерные насосы

Применяемые подшипники

- › Цилиндрические роликоподшипники – специальный сепаратор
- › Конические роликоподшипники
- › Игольчатые роликоподшипники



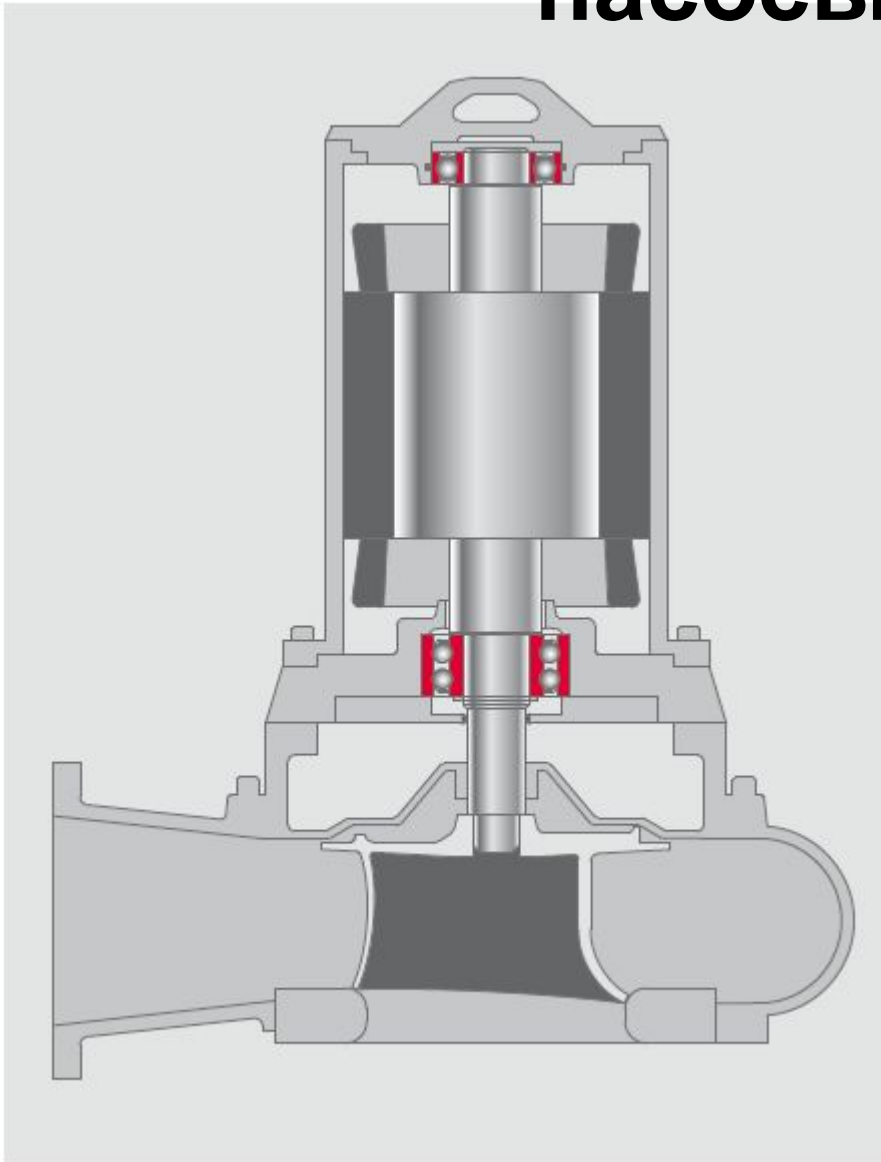
Рабочие условия:

- › Тяжелые осевые и радиальные нагрузки
- › Средняя скорость

Требования к подшипникам

- › Уменьшенный допуск ширины для точной установки
- › Совместимость масла с сепаратором

Погружные насосы



Применяемые подшипники

- › Цилиндрические роликоподшипники
- › Радиально-упорные шарикоподшипники
- › Двухрядные радиально-упорные шарикоподшипники
- › Радиальные шарикоподшипники – специальные подшипники с защитой от проскальзывания

Рабочие условия

- › Вертикальный вал
- › Осевые нагрузки
- › Большая разница температур между внутренним и наружным кольцами

Требования к подшипникам

- › Наличие качественных уплотнений
- › Предотвращение проскальзывания верхнего подшипника в корпусе

Насосы для сжиженного

газа применяемые подшипники

- › Радиальные шарикоподшипники
- › Радиально-упорные шарикоподшипники

Рабочие условия

- › Скорость: 1160 об./мин. – 3600 об./мин.
- › Температура газа: от -196°C до 0°C
- › В основном осевая нагрузка
- › Плохая смазка

Требования к подшипникам

- › Функция самосмазывания
- › Коррозионная устойчивость

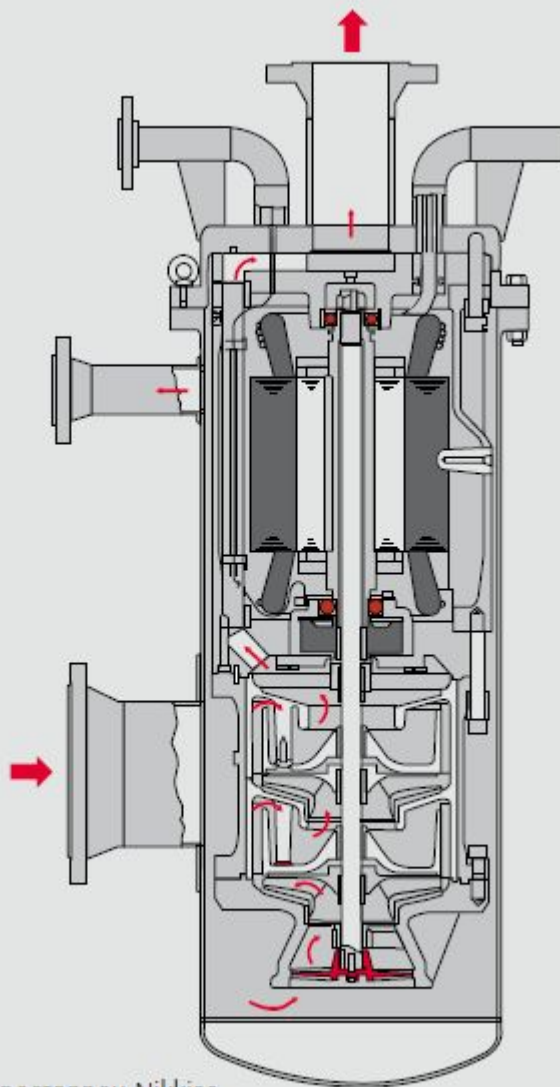
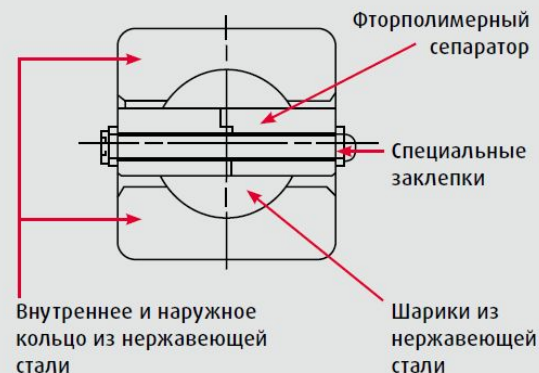


Рисунок предоставлен Nikkiso

Конструкция подшипника



Подшипники для компрессоров

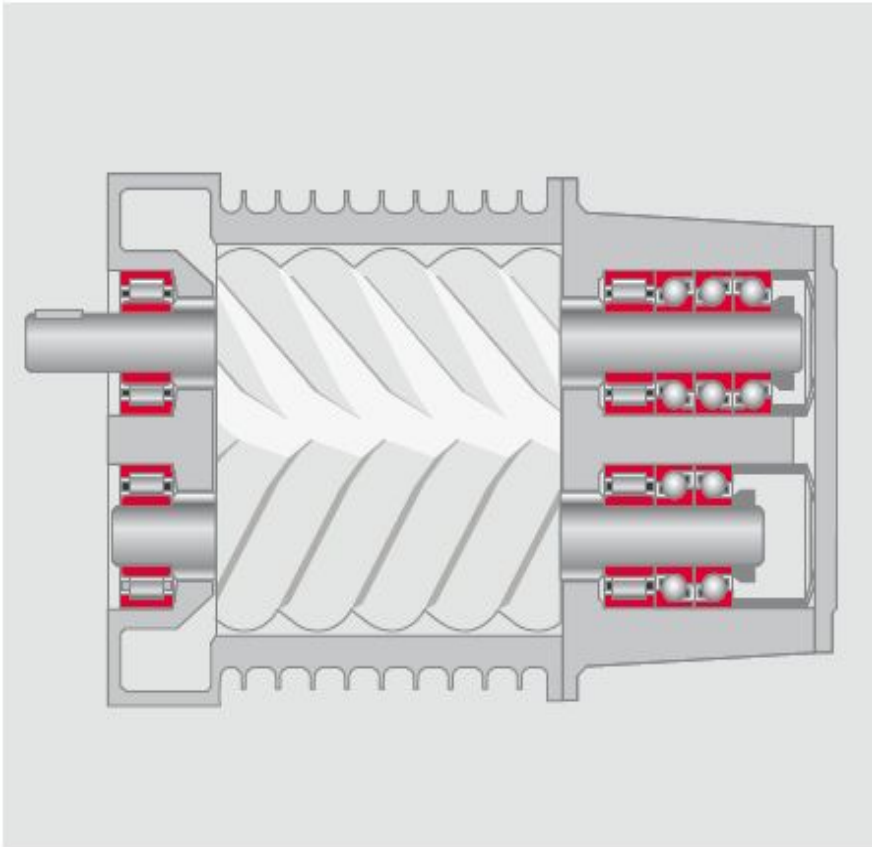
Цилиндрические роликоподшипники
– с сепаратором повышенной грузоподъёмности



Радиально-упорные шарикоподшипники
– с сепаратором повышенной грузоподъёмности



Винтовой компрессор с масляным впрыском



Применяемые подшипники

- › Цилиндрические роликоподшипники с сепаратором из пластика
- › Радиально-упорные шарикоподшипники с сепаратором из пластика
- › Конические роликоподшипники
- › Игольчатые роликоподшипники

Рабочие условия

- › Средняя скорость
- › Большие осевые и радиальные нагрузки
- › Циркуляция масла

Требования к подшипникам

- › Специфический осевой и радиальный зазор для обеспечения точного направления винта
- › Пластиковый сепаратор, совместимый со специальными маслами

Винтовые компрессоры без масла

Применяемые подшипники

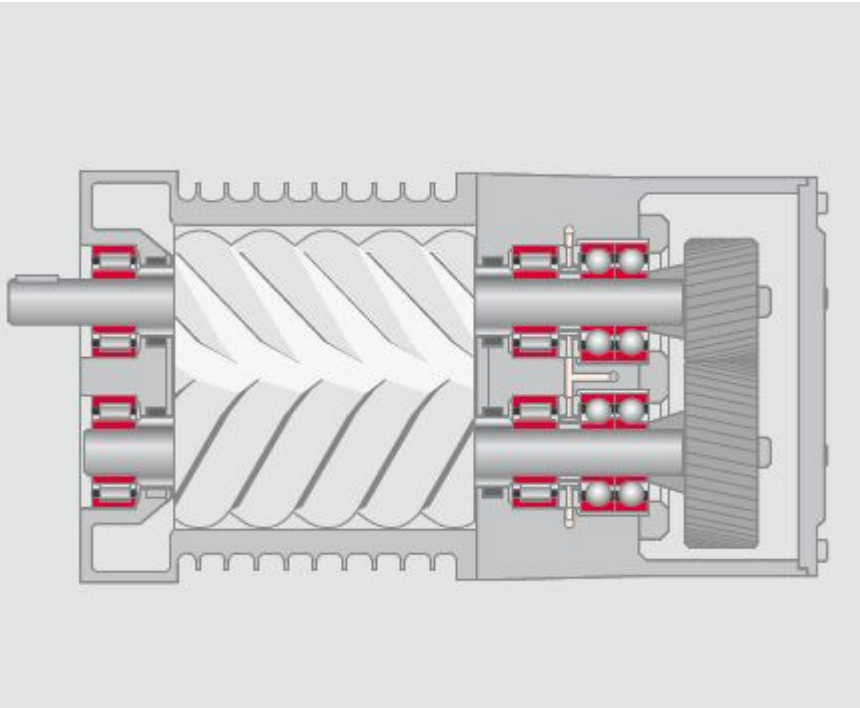
- › Цилиндрические роликоподшипники с латунным сепаратором, направляемым наружным кольцом
- › Радиально-упорные шарикоподшипники с латунным сепаратором, направляемым наружным кольцом
- › Шарикоподшипники с четырехточечным контактом с латунным сепаратором, направляемым наружным кольцом

Рабочие условия

- › Высокая скорость
- › Умеренные осевые и радиальные нагрузки
- › Струйная смазка

Требования к подшипникам

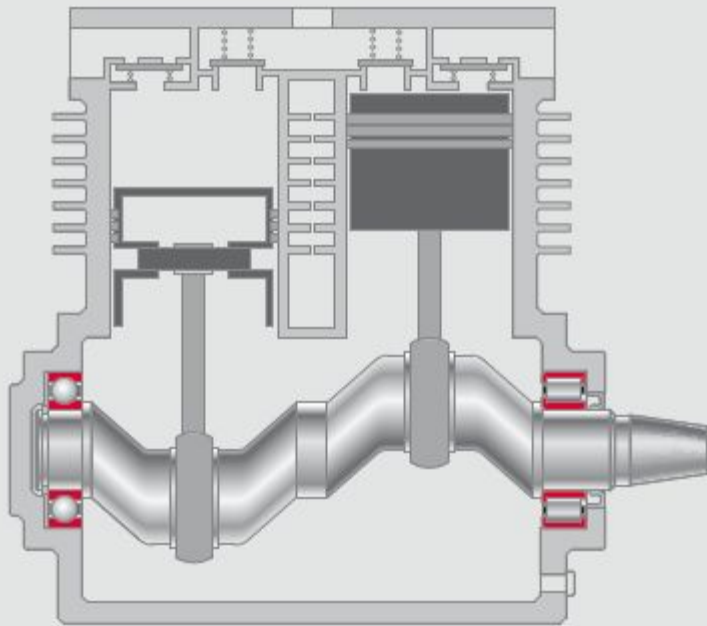
- › Специфический осевой и радиальный зазор для обеспечения точного направления винта
- › Высокоскоростные характеристики
- › Теплостойкость



Поршневой компрессор

Применяемые подшипники

- › Цилиндрические роликоподшипники
- › Радиальные шарикоподшипники большой грузоподъемности
- › Игольчатые роликоподшипники
- › Специальные подшипники для типов компрессоров без масла



Рабочие условия

- › Высокие радиальные нагрузки, связанные с качательным движением

Требования к подшипникам

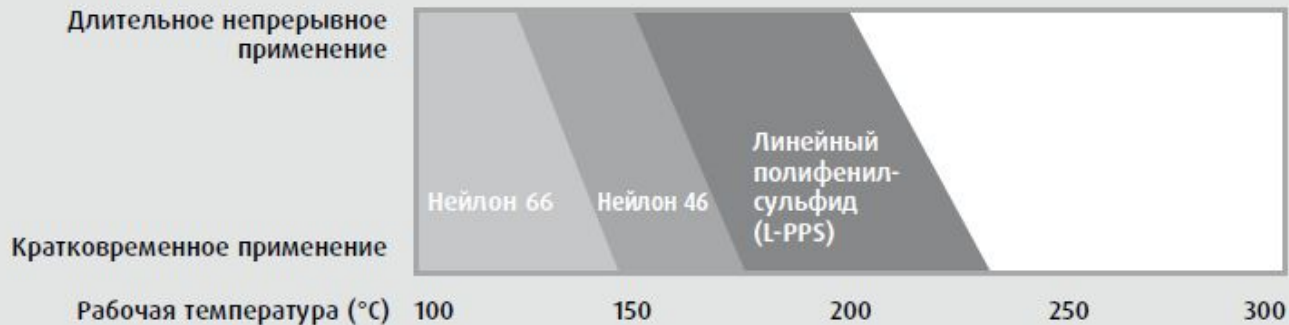
- › Длительный срок службы при жестких условиях

Сепаратор

Свойства материала сепаратора

Материал	Нейлон 66	Нейлон 46	L-PPS
Свойства	<ul style="list-style-type: none">› Стандартный материал сепаратора	<ul style="list-style-type: none">› Высокий коэффициент кристаллизации обеспечивает превосходную прочность при высокой температуре› Превосходная теплостойкость	<ul style="list-style-type: none">› Большая теплостойкость, чем у нейлона 46› Превосходное сопротивление воздействию масла и химикатов› Износостойкость› Хорошая стабильность размеров
Стандартный класс	<ul style="list-style-type: none">› Содержит стекловолокно	<ul style="list-style-type: none">› Содержит стекловолокно	<ul style="list-style-type: none">› Содержит стекловолокно
Точка плавления пластика	<ul style="list-style-type: none">› 262°C	<ul style="list-style-type: none">› 290°C	<ul style="list-style-type: none">› 280°C

Термостойкость



ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 0. Шариковые радиальные однорядные подшипники

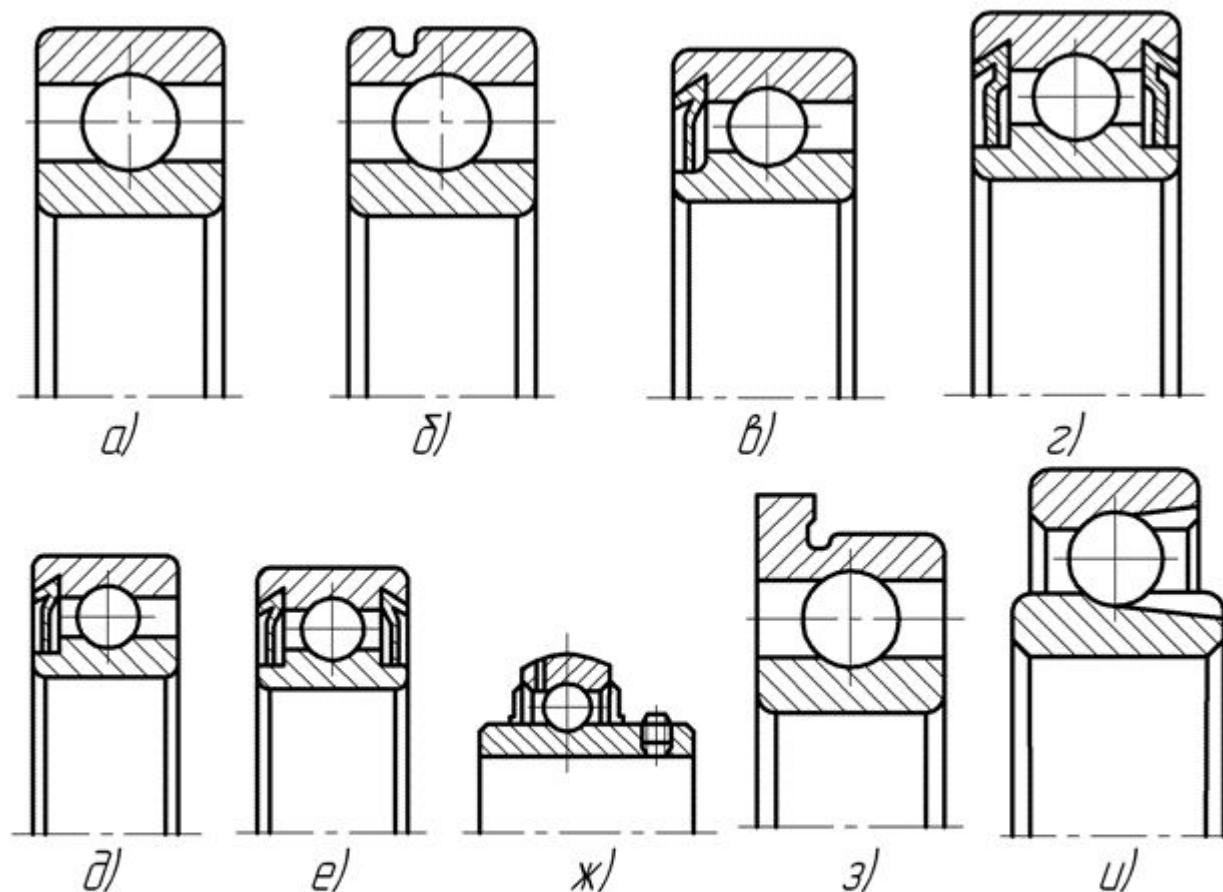


Рис. 1. Подшипники радиальные шариковые направлений:

a – 0000; *б* – 50000; *в* – 60000; *г* – 80000; *д* – 160000;
е – 180000; *ж* – 480000; *з* – 840000; *и* - 900000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 1 Шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники

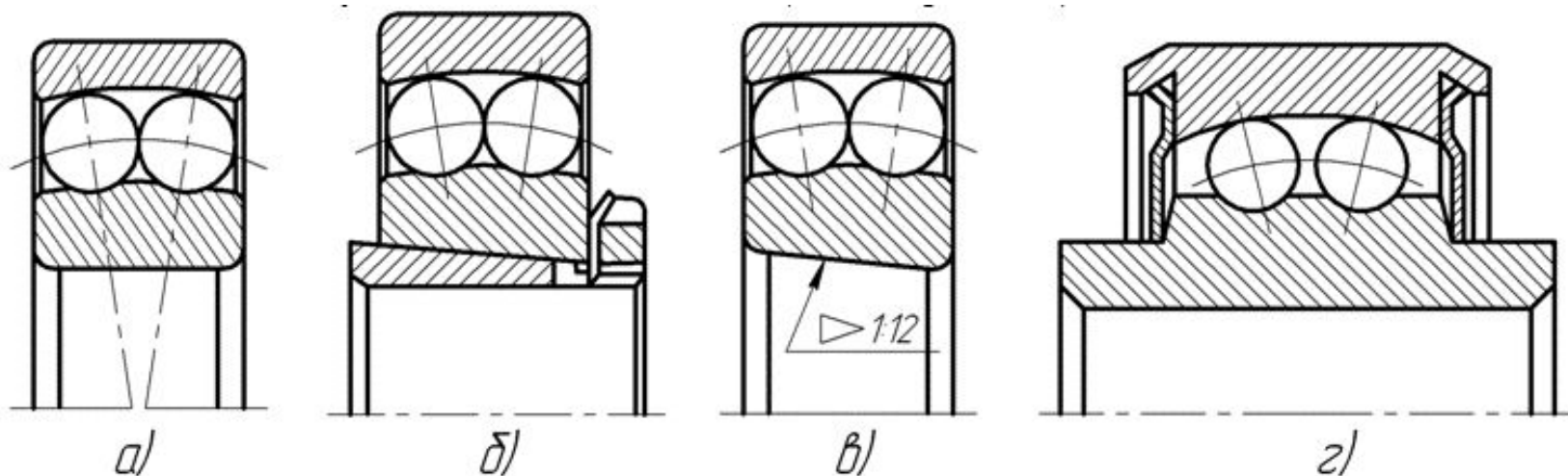


Рис. 2. Подшипники радиальные шариковые сферические исполнений:

a - 1000; *б* - 11000, *в* - 111000; *г* - 971000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 2. Роликовые радиальные однорядные подшипники с короткими цилиндрическими роликами

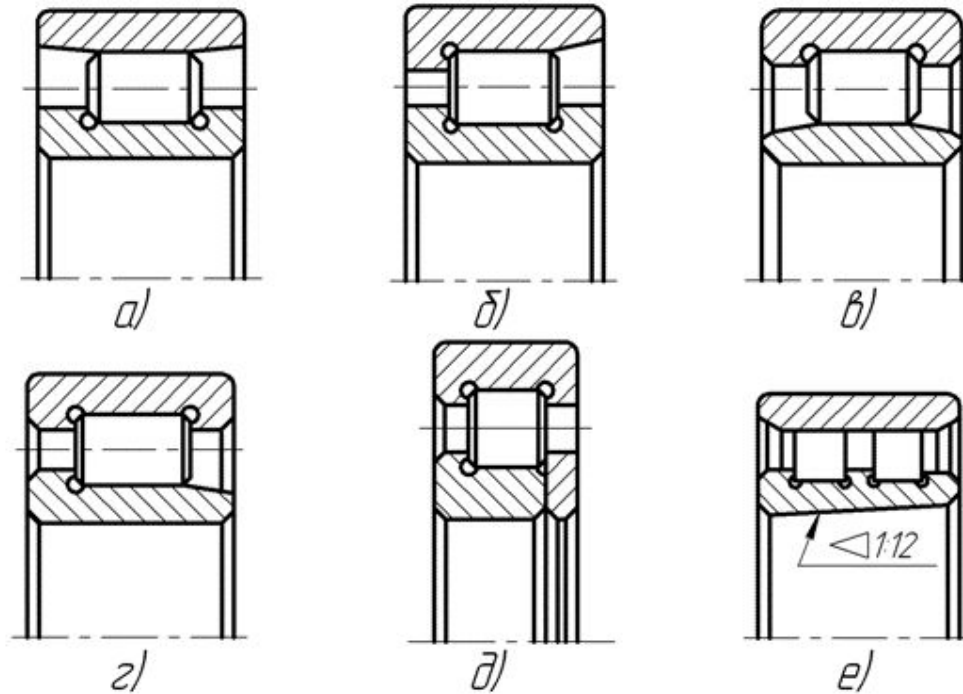


Рис. 3. Подшипники радиальные роликовые с короткими цилиндрическими роликами исполнений:

a - 2000; *б* - 12000; *в* - 32000; *г* - 42000; *д* - 92000; *е* - 182000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 3. Роликовые радиальные сферические двухрядные подшипники

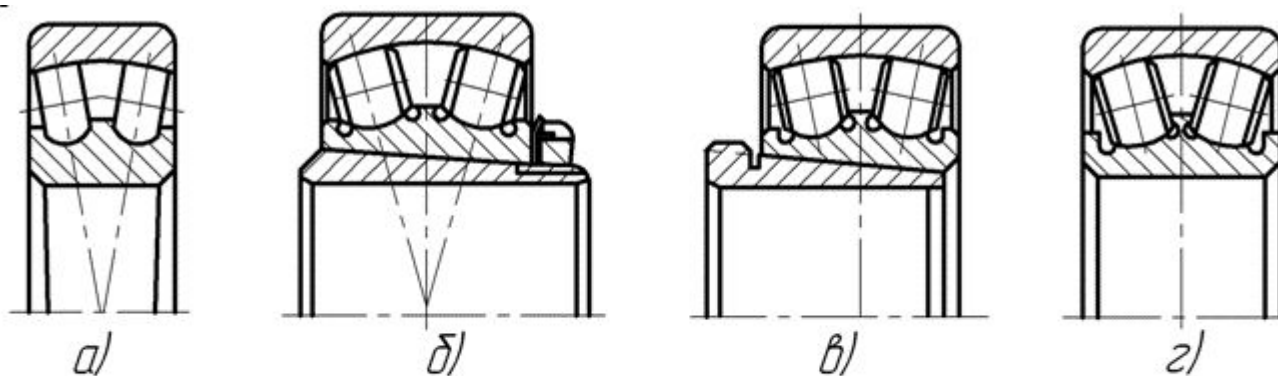


Рис. 4. Подшипники радиальные роликовые сферические исполнений:

a - 3000; *б* - 13000; *в* - 73000; *г* - 113000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 4. Роликовые радиальные игольчатые или роликовые радиальные подшипники с длинными цилиндрическим

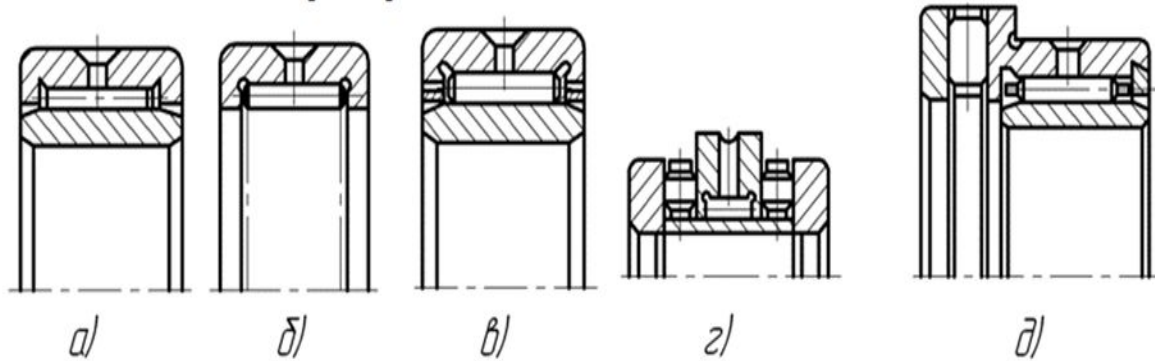


Рис. 5. Подшипники радиальные роликовые игольчатые или роликовые с длинными цилиндрическими роликами исполнения:

a - 74000; *б* - 24000; *в* - 244000; *г* - РИК; *д* - 594000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 5. Роликовые радиальные подшипники с витыми

Тип. 6. Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники

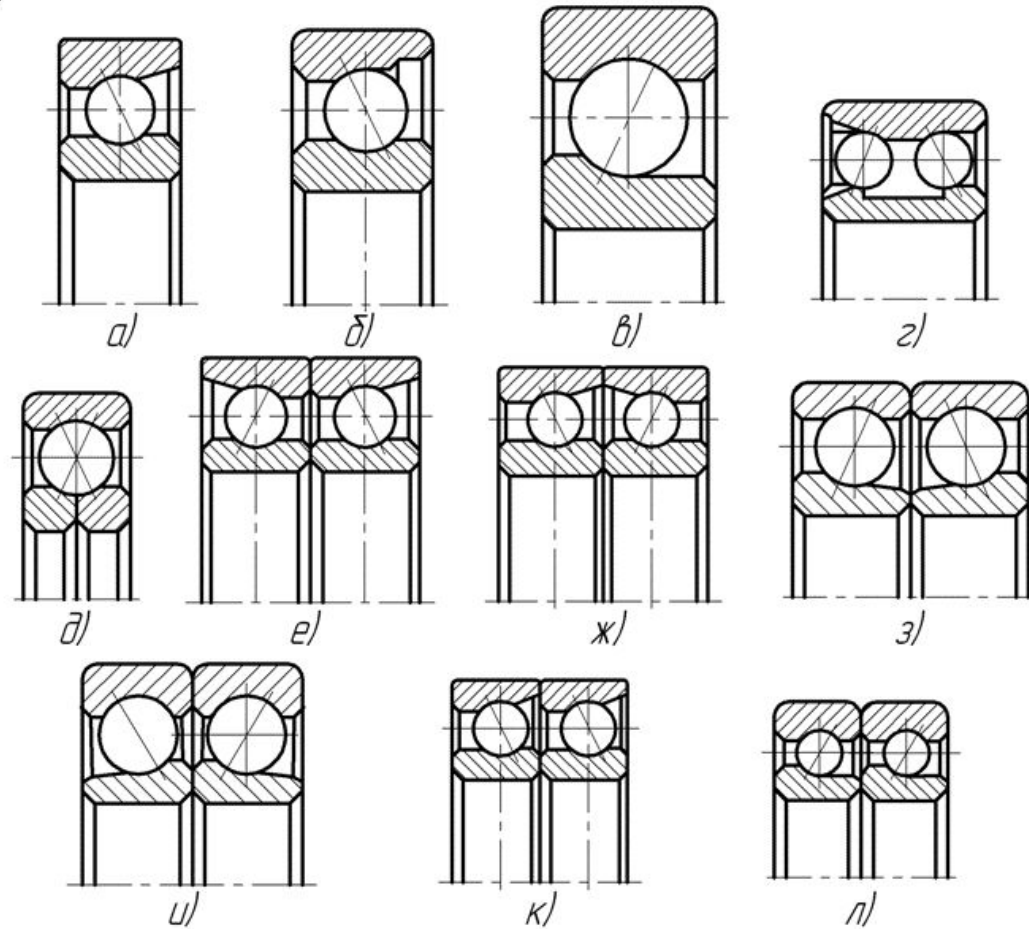


Рис. 6. Подшипники радиально-упорные шариковые исполнений:

а - 36000; б - 6000; в - 36000К; г - 56000; д - 76000; е - 236000; ж - 336000; з - 236000К; и - 336000К; к - 436000; л - 436000К

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 7. Роликовые радиально-упорные конические подшипники

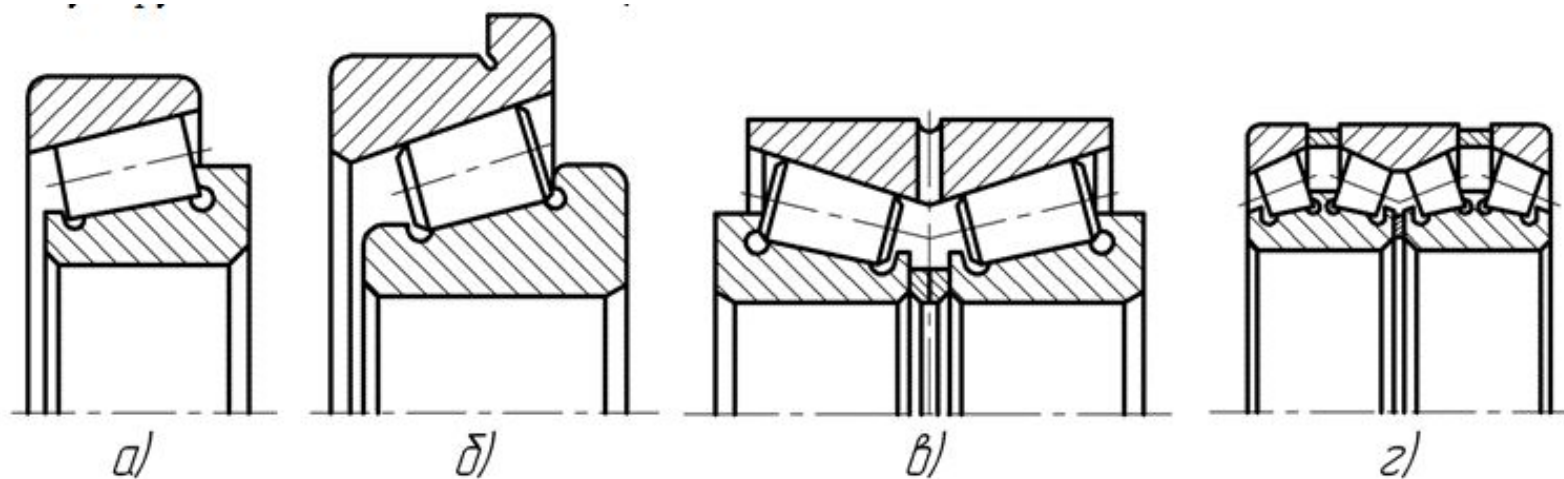


Рис. 7. Подшипники радиально-упорные роликовые исполнений:

а - 7000; *б* - 67000; *в* - 97000А; *г* - 77000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 8. Шариковые упорные и упорно-радиальные подшипники

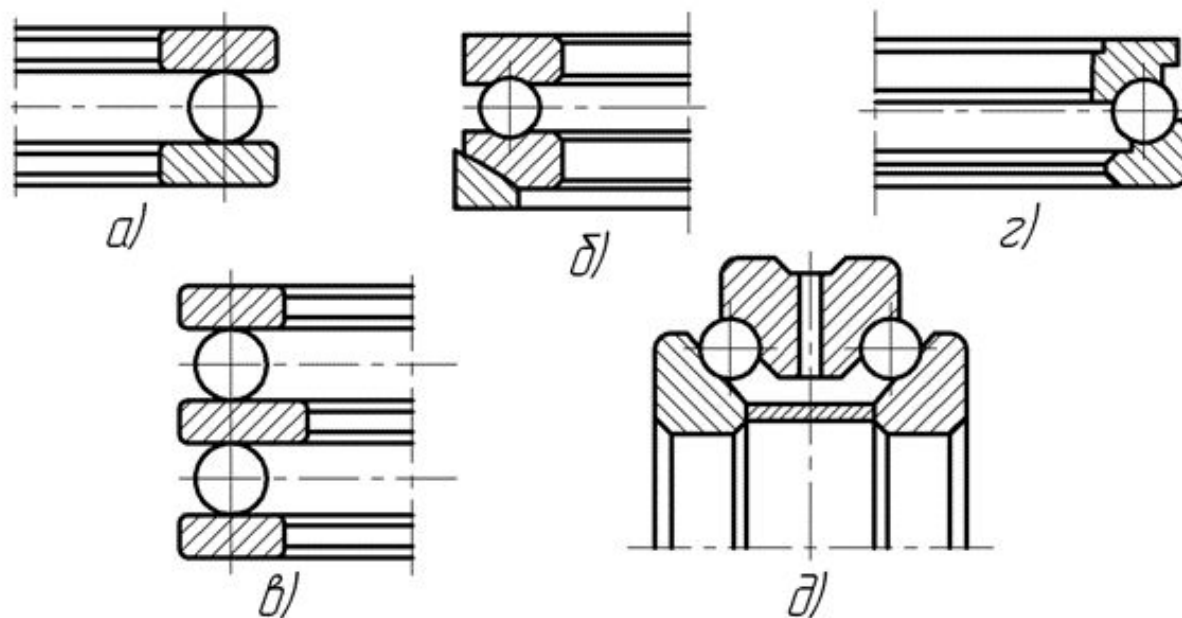


Рис. 8. Подшипники упорные и упорно-радиальные шариковые исполнений:

a - 8000; *б* - 18000; *в* - 38000, *г* - 168000; *д* - 178000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ

Тип 9. Роликовые упорные и упорно-радиальные подшипники.

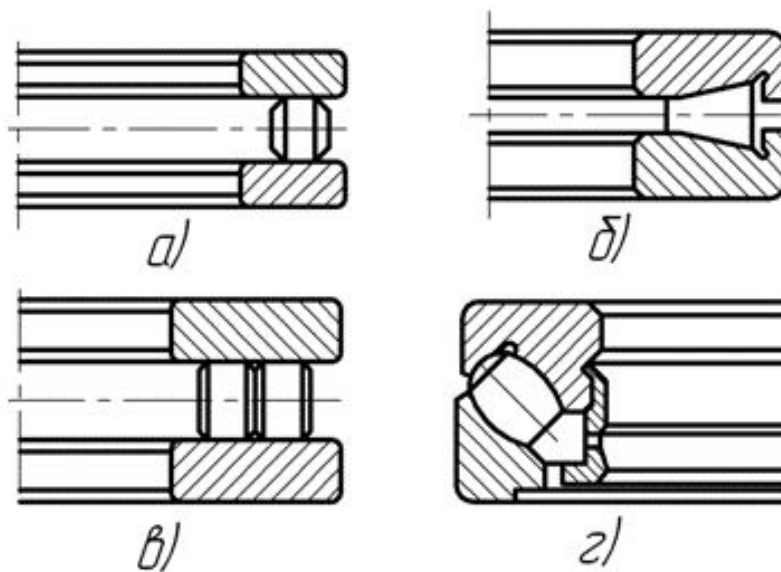
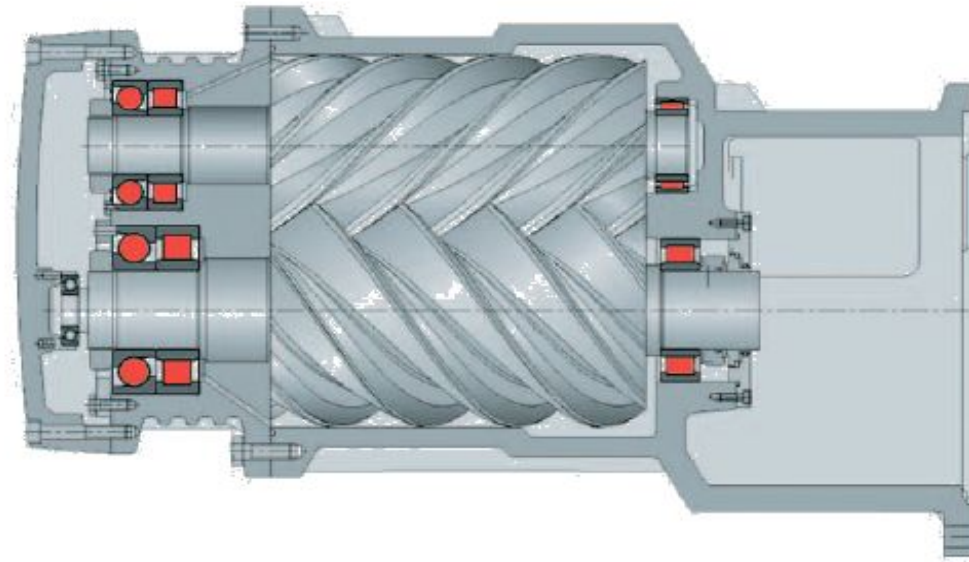


Рис. 9. Подшипники упорные и упорно-радиальные роликовые исполнений:

a - 9000; *б* - 19000; *в* - 889000; *г* - 39000

ПОДШИПНИКИ КОМПРЕССОРОВ



ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОДШИПНИКИ



СМАЗКИ

- высокотемпературные консистентные смазки;
- порошковые смазки (графит, тефлон, дисульфид молибдена);
- антифрикционное покрытие.

КЕРАМИЧЕСКИЕ И ГИБРИДНЫЕ ПОДШИПНИКИ



Основные керамические материалы для подшипников качения:

- Нитрид кремния (SiN_4)
- Оксид алюминия (Al_2O_3)
- Оксид циркония (ZrO_2)
- Карбид кремния (SiC)

Главные преимущества цельнокерамических подшипников:

- Не ржавеют и не корродируют
- На треть легче стальных
- Устойчивы к солям, кислотам, щелочам и растворителям
- Имеют крайне малое трение и термическое расширение
- Способствуют снижению тепловыделения и энергопотребления
- Требуют меньше смазки
- Диапазон рабочих температур: от -85°C до $+900^\circ\text{C}$

ЗАЗОРЫ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ НАТЯГИ В ПОДШИПНИКАХ

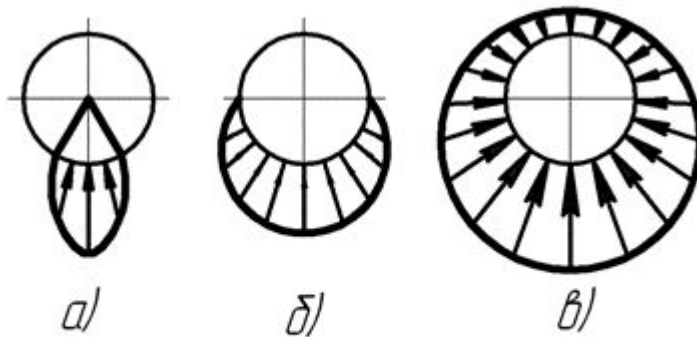


Рис. 1. Распределение нагрузок на тела качения

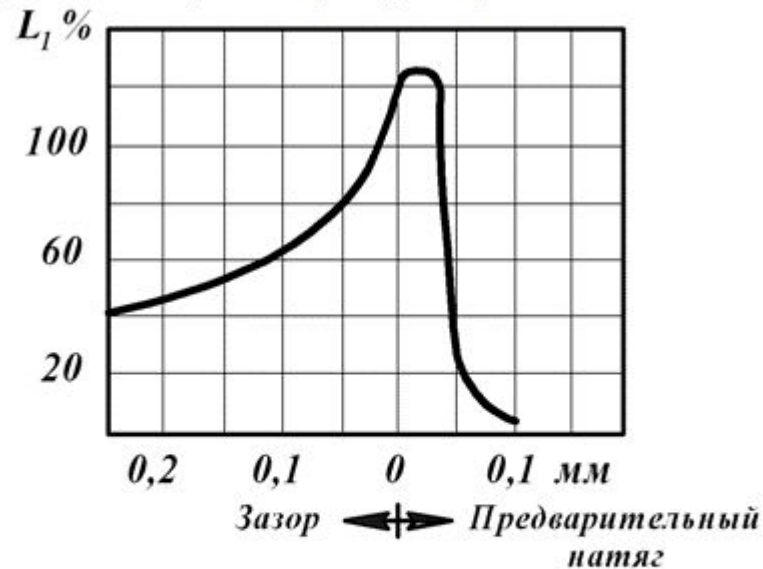


Рис. 2. Влияние зазоров и натягов на ресурс

(L - ресурс в процентах от расчетного)

ВЫБОР ПОДШИПНИКОВ И СХЕМЫ ИХ УСТАНОВКИ

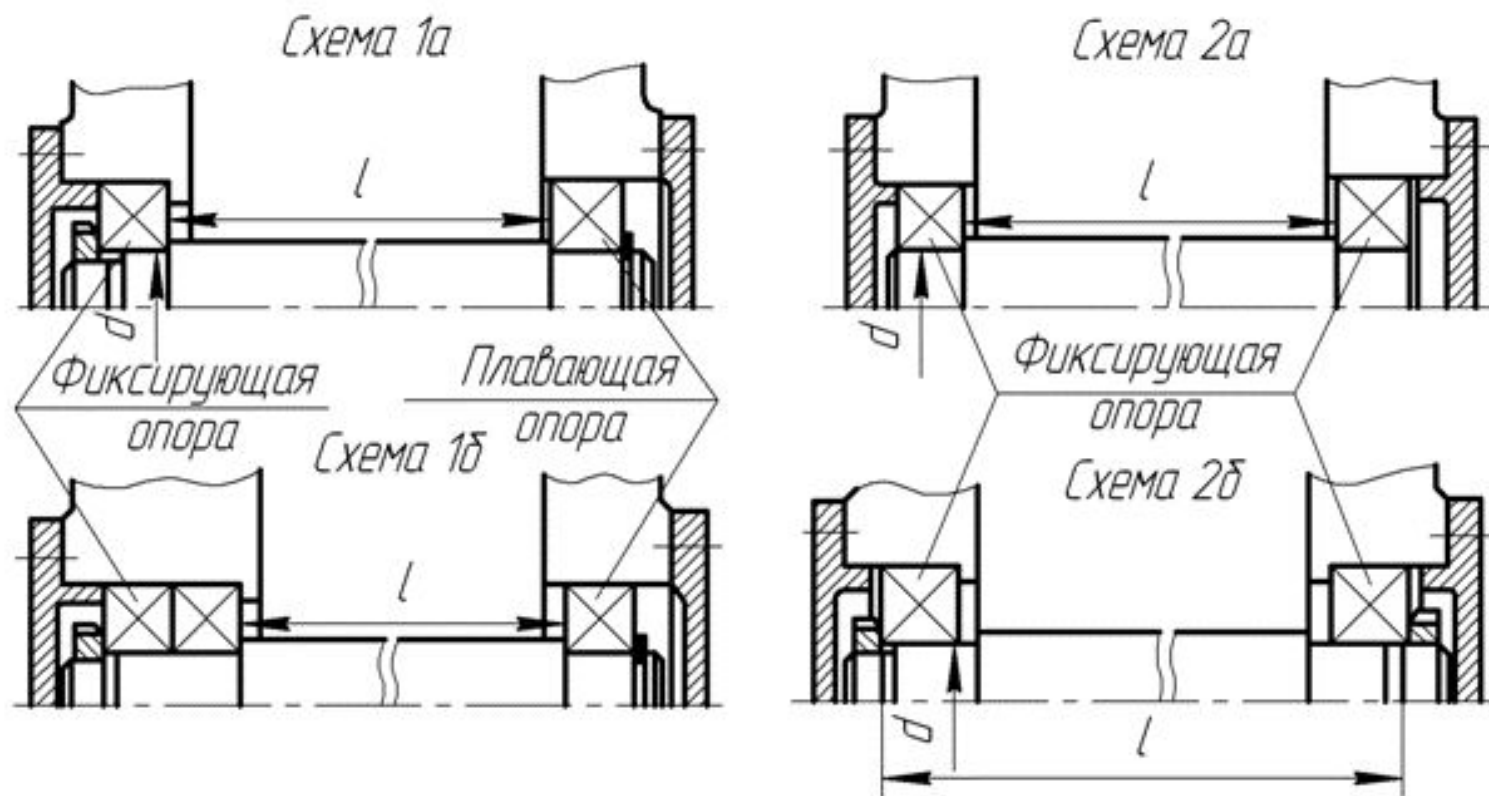
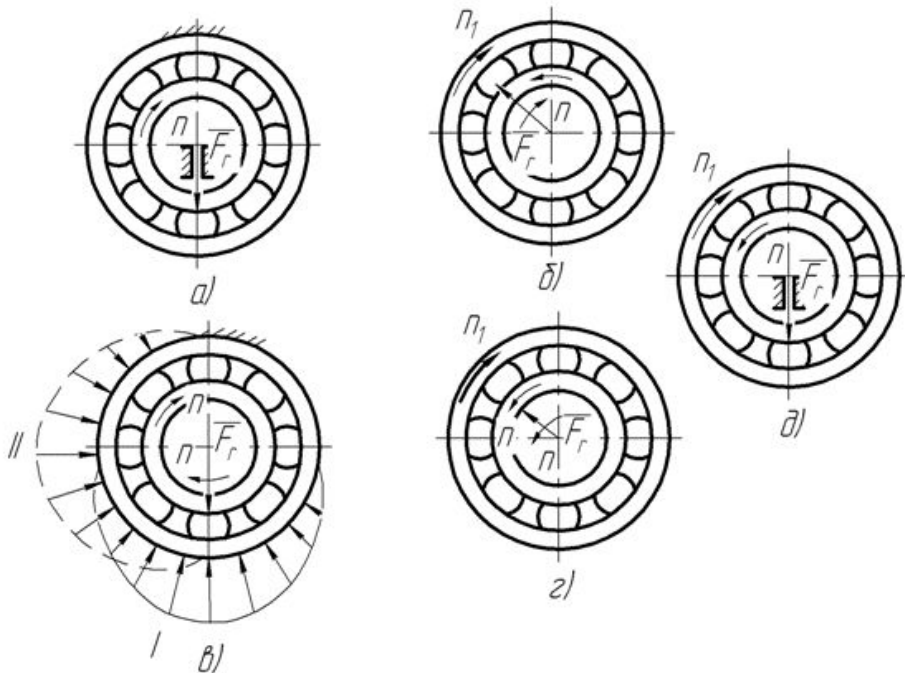
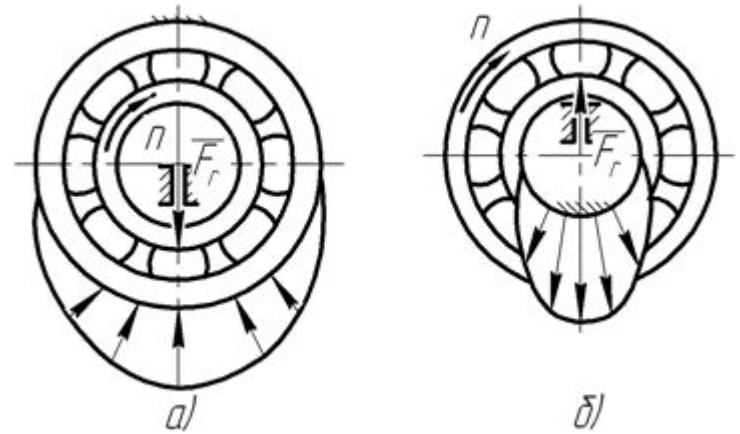
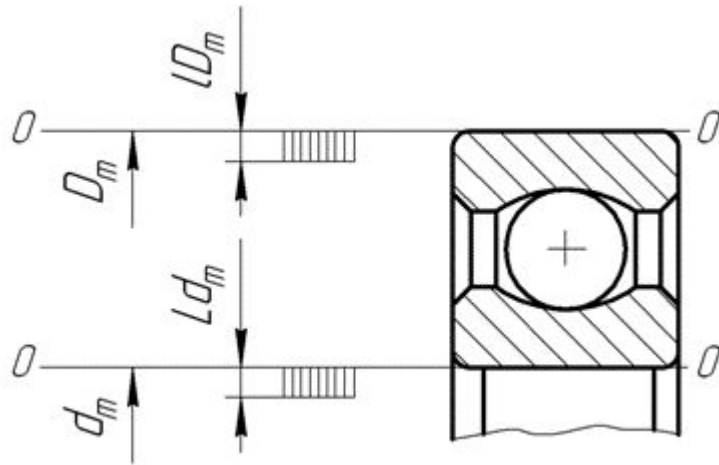


Рис. 1. Способы осевого фиксирования валов

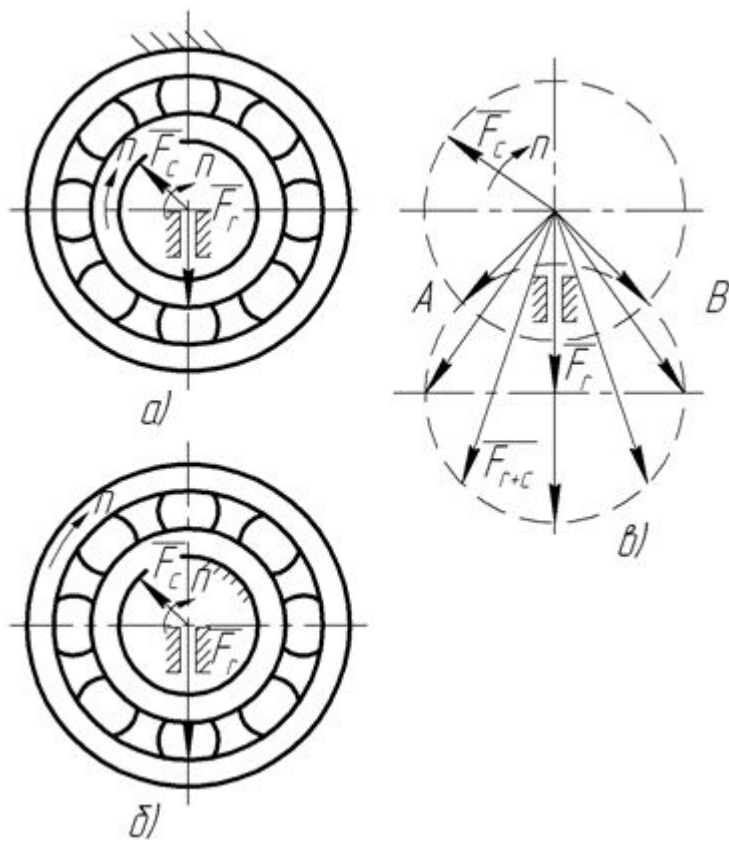
Поля допусков и посадки

Случаи местного нагружения наружного кольца (а) и внутреннего кольца (б)

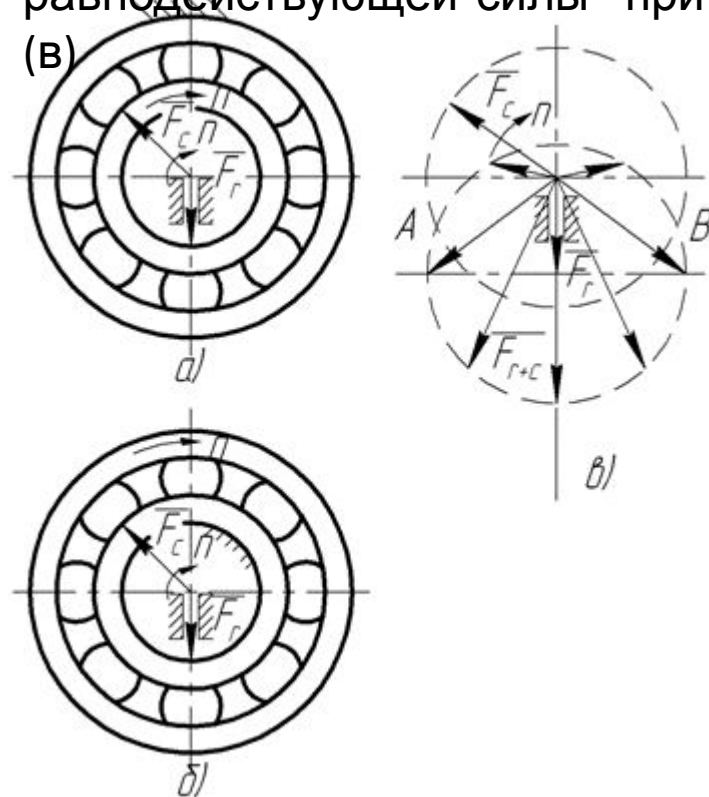


Случаи циркуляционного нагружения внутреннего кольца (а, б), наружного кольца (в, г), обоих колец (д)

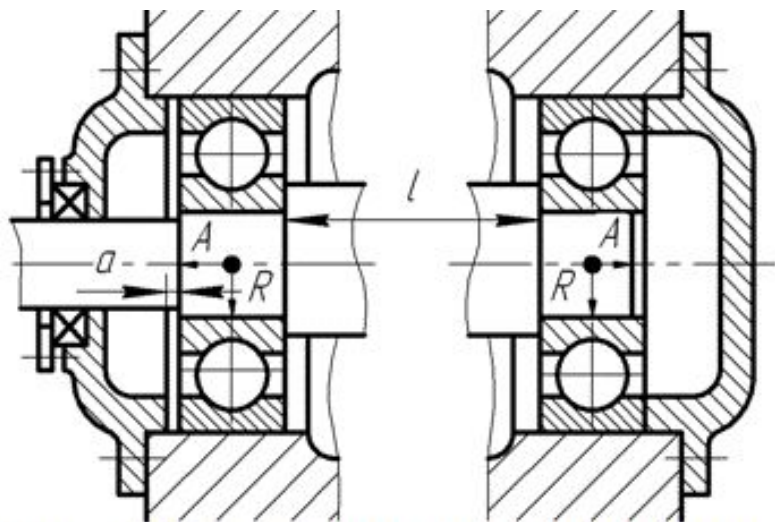
Случаи колебательного нагружения наружного кольца при циркуляционном нагружении внутреннего кольца (а), внутреннего кольца при циркуляционном нагружении наружного кольца (б) и круговая диаграмма изменения равнодействующей силы (в)



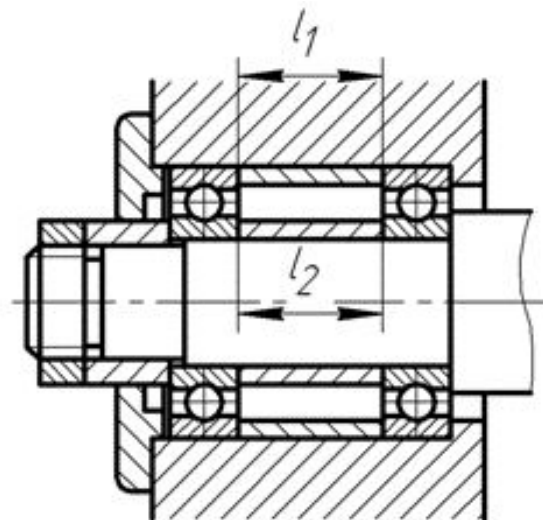
Случаи местного нагружения внутреннего кольца при циркуляционном нагружении наружного кольца (а), циркуляционного нагружения внутреннего кольца при местном нагружении наружного (б) и круговая диаграмма изменения равнодействующей силы при (в)



ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

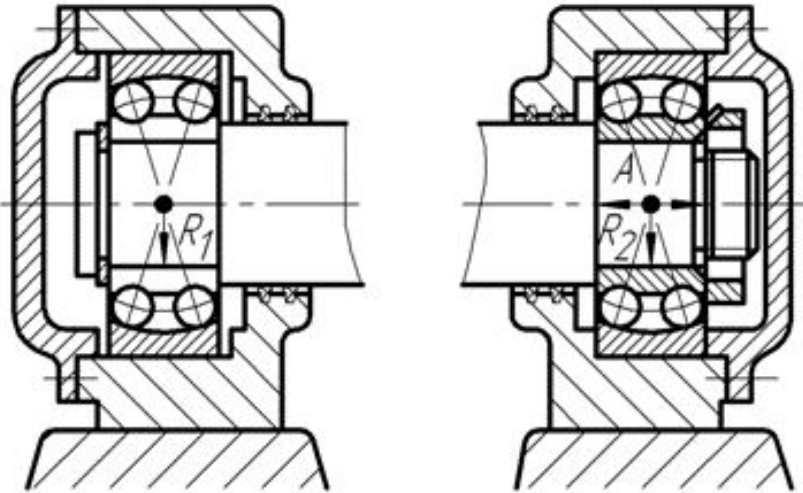


Радиальные шарикоподшипники в общей сквозной расточке корпусов. Зазор $a \approx 12 \times 10^{-6} t l + 0,15$ мм, где t - максимальный возможный перепад температуры вала, °С

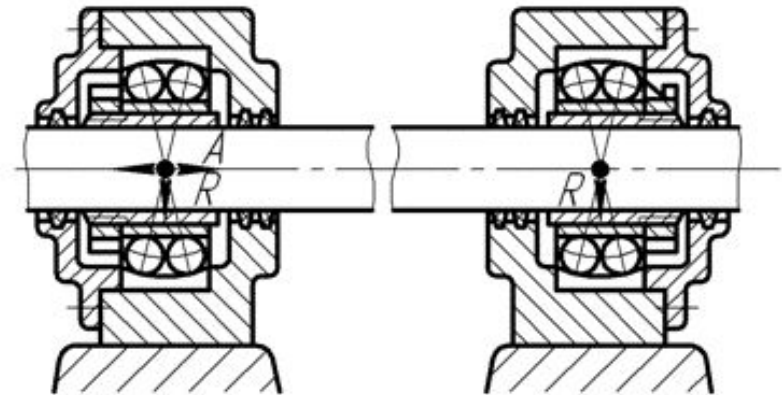


Радиальные шарикоподшипники с распорными втулками равной длины ($l_1 = l_2$)

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

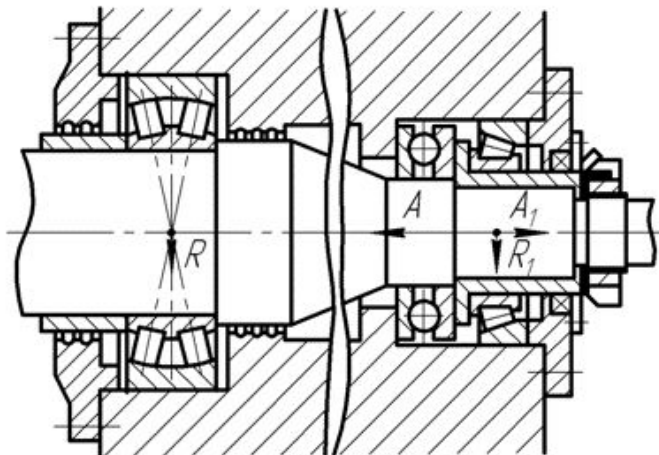


Сферические шарикоподшипники, допускающие несоосность посадочных мест в прогиб вала, в отдельных корпусах

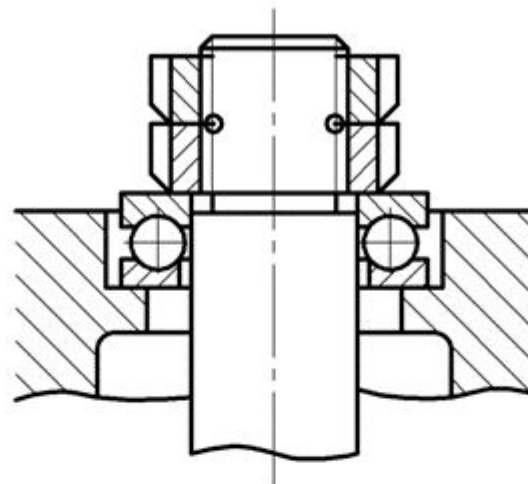


Сферические шарикоподшипники в отдельных корпусах на длинных и гладких вала устанавливаемые на закрепительных втулках. Допустимы значительные прогибы вала от радиальных нагрузок, а также несоосность посадочных мест подшипников

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ



Комбинация конического роликоподшипника с упорным шарикоподшипником, воспринимающим значительные осевые нагрузки одностороннего направления при небольших частотах вращения. Конический роликоподшипник может воспринимать кроме значительных радиальных небольшие осевые нагрузки противоположного направления. Зазоры в обоих подшипниках выбираются при помощи торцевой крышки и набора регулировочных прокладок между крышкой и корпусом



Упорный шарикоподшипник воспринимает осевую нагрузку одного направления

МАТЕРИАЛЫ

Твердость колец и роликов, работающих при температуре до 100 °С, HRC₃

Марка стали	Кольца со стенкой толщиной	
	до 35 мм и ролики диаметром до 55 мм	св. 35 мм и ролики диаметром св. 55 мм
ШХ4 ШХ15, ШХ15-Ш, ШХ15-В	61 ... 64 62 ... 66	59 ... 63
ШХ15СГ*, ШХ15СГ-В*, ШХ15СГ-Ш*	61 ... 65	
ШХ20СГ	61 ... 65	
18ХГТ	62 ... 66	
15П	58 ... 62	
20Х2Н4А	59 ... 66	
* По заказу потребителя твердость колец со стенкой толщиной свыше 35 мм и роликов диаметром свыше 55 мм должна быть 61 ... 65 HRC ₃ .		

Классы точности подшипников

Класс точности *	Тип подшипника
0,6, 5,4, 2, T	Шариковые и роликовые радиальные и шариковые радиально-упорные
0, 6, 5, 4, 2	Упорные и упорно-радиальные
0, 6X, 6, 5, 4, 2	Роликовые конические
<p>* Дополнительные классы точности подшипников - 8 и 7 - ниже класса точности 0 установлены для применения по заказу потребителей в неответственных узлах.</p>	

СМАЗЫВАНИЕ

1. Характеристики пластичных смазочных материалов общего назначения для подшипников качения

Смазочный материал	Динамическая вязкость, Па·с, при t , °С		Предел прочности, Па, при t , °С		Рабочая температура, °С	Заменится
	-15	0	50	80		
Для нормальных температур (гидратированные кальциевые солидолы)						
Солидолы синтетические: пресс-солидол С	250 ÷ 600	≤ 100	≥ 100	-	-40 ÷ 50	Солидол УС-1
солидол С	300 ÷ 1000	≤ 200	≥ 200	-	-30 ÷ 70	Солидол УС-2, пресс-солидол С
Солидолы жировые: пресс-солидол УС-1	150 ÷ 350	≤ 100	≥ 100	-	-40 ÷ 50	Пресс-солидол С
солидол УС-2	300 ÷ 600	≤ 250	≥ 200	-	-30 ÷ 70	Солидол С
Для повышенных температур (натриевые и натриево-кальциевые)						
Консталины жировые: консталин УТ-1	800 ÷ 1200	250 ÷ 500	300 ÷ 600	150 ÷ 300	-20 ÷ 120	Автомобильный
консталин УТ-2	800 ÷ 1500	250 ÷ 500	1600	800	-20 ÷ 120	"-
Автомобильный	500 ÷ 700	200	≥ 180	100 ÷ 250	-20 ÷ 100	Консталин УТ-1
Для повышенных температур (литиевые)						
ВНИИНП-242	400 ÷ 1000	≤ 500	450 + 650	≥ 100	-40 + 110	Литол-24, ЭШ-176
ЭШ-176	1200 ÷ 1700	500 ÷ 800	≥ 250	150 ÷ 400	-25 + 110	Литол-24, ВНИИНП-242

СМАЗЫВАНИЕ

4. Основные эксплуатационные характеристики масел для подшипников качения

Марка масла	Стандарт или ТУ	Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре, °С		Температура, °С	
		40	100	вспышки	застывания
Индустриальные масла					
И-5А	ГОСТ 20799	6 ÷ 8	-	140	25
И-8А		9 ÷ 11	-	150	-20
И-12А		13 ÷ 17	-	170	-30
И-20А		29 ÷ 35	-	200	-15
И-30А		41 ÷ 51	-	210	-15
И-40А		61 ÷ 75	-	220	-15
И-50А		90 ÷ 110	-	225	-15
Авиационные масла					
МС-14	ГОСТ 21743		14	215	-30
МС-20		-	20,5	265	-18
МК-22			22	250	-14
Автомобильные масла					
М-8-В ₁	ГОСТ 17479.1		8	200	-25
М-8-Г ₁			8	210	-30
М-6 ₃ /10-Г ₁			10	210	-30
М-12-Г ₁			12	220	-25
М-8-Г ₂		-	8	200	-25
М-10-Г ₂			11	205	-15
М-8-Г ₂ К			8	200	-30
М-10-Г ₂ К			11	200	-15

СМАЗЫВАНИЕ

ПОДШИПНИКОВ

Трансмиссионные масла

ТМ-3-9			10	128	-40
ТМ-3-18	ГОСТ 17479.2		15	180	-20
ТМ-5-18		110 ÷ 120*	17	200	-25
ТСп-15К			16	180	-25
ТСп-14ГИП			14	180	-25
ТСз-9ГИП	ОСТ 88-10- 1158-78		9	160	-50
ТСГИП			21 - 32	-	-20
ТМ5-2рк	ТУ38.101844-80		12	180	-45

Турбинные масла

T ₂₂		20 ÷ 23*	-	180	-15
T ₃₀		28 ÷ 32*	-	180	-10
T ₄₆		44 ÷ 48*	-	195	-10
T ₅₇ (турбо- редукторное)		55 ÷ 59*	-	195	-

Турбинные масла с присадками

ТП-22		28,8 ÷ 35,2	-	186	-15
ТП-30	ГОСТ 9972	41,4 ÷ 50,6	-	190	-10
ТП-46		61,2 ÷ 74,8	-	220	-10

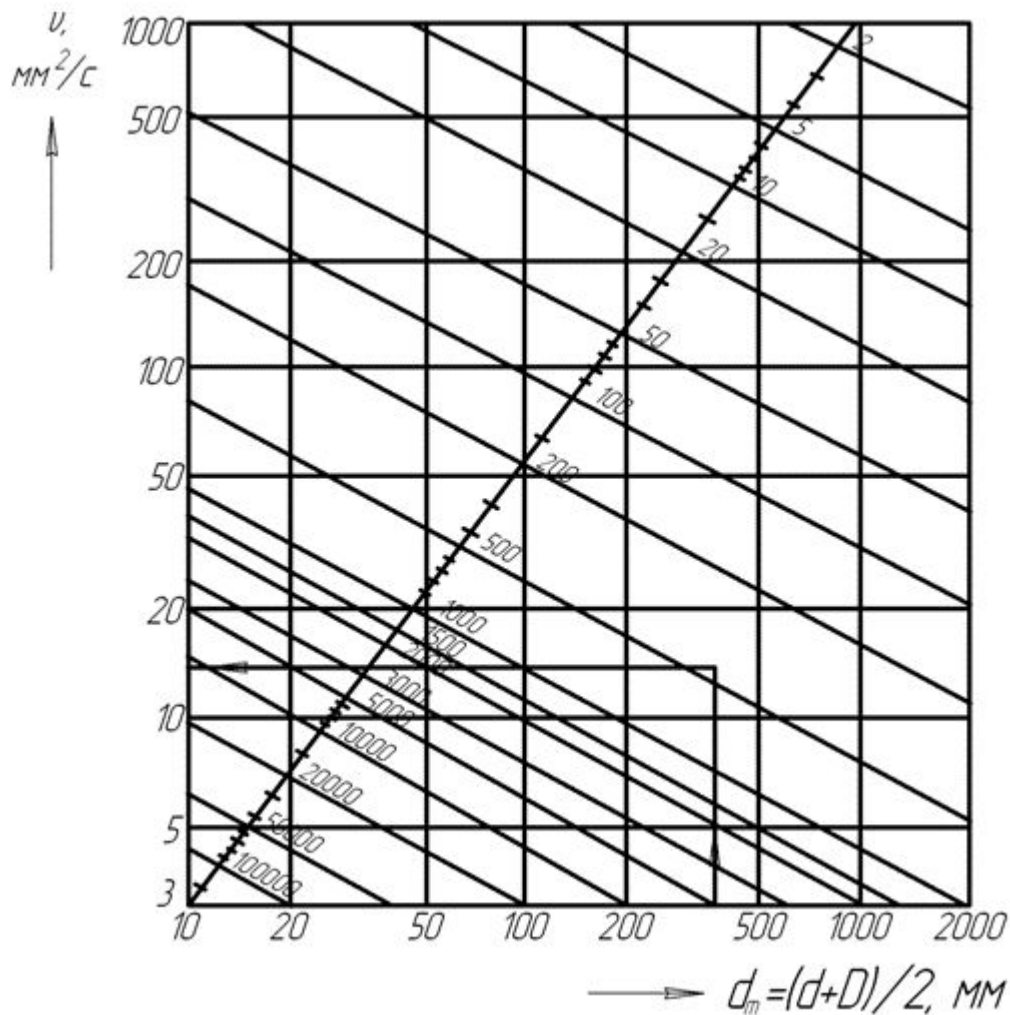
СМАЗЫВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ

МВП	ГОСТ 1805	Приборные масла 6,5 ÷ 8,0*		125	-60
ИГП-18	ТУ 38101413	Легированные масла 7 ÷ 9*		-	-
ИГП-38		28 ÷ 31*		-	-
		Легированные масла с противозадирной присадкой			
ИСП-40	ТУ 38101238	34,2 ÷ 40,5*		-	-
ИСП-110		109,5 ÷ 118,5*			
		Синтетические масла			
Смазочное 132-08	ГОСТ 18375	45 ÷ 57 при 20 °С	-	173	-70
ВНИИНП- 50-1-4ф	ГОСТ 13076		3,2	204	-60
ИПМ-10			3,0	190	-50
МП 605			14 ÷ 20	200	-60
ВНИИНП-7			7,5 ÷ 8	210	-60

СМАЗЫВАНИЕ

ПОДШИПНИКОВ

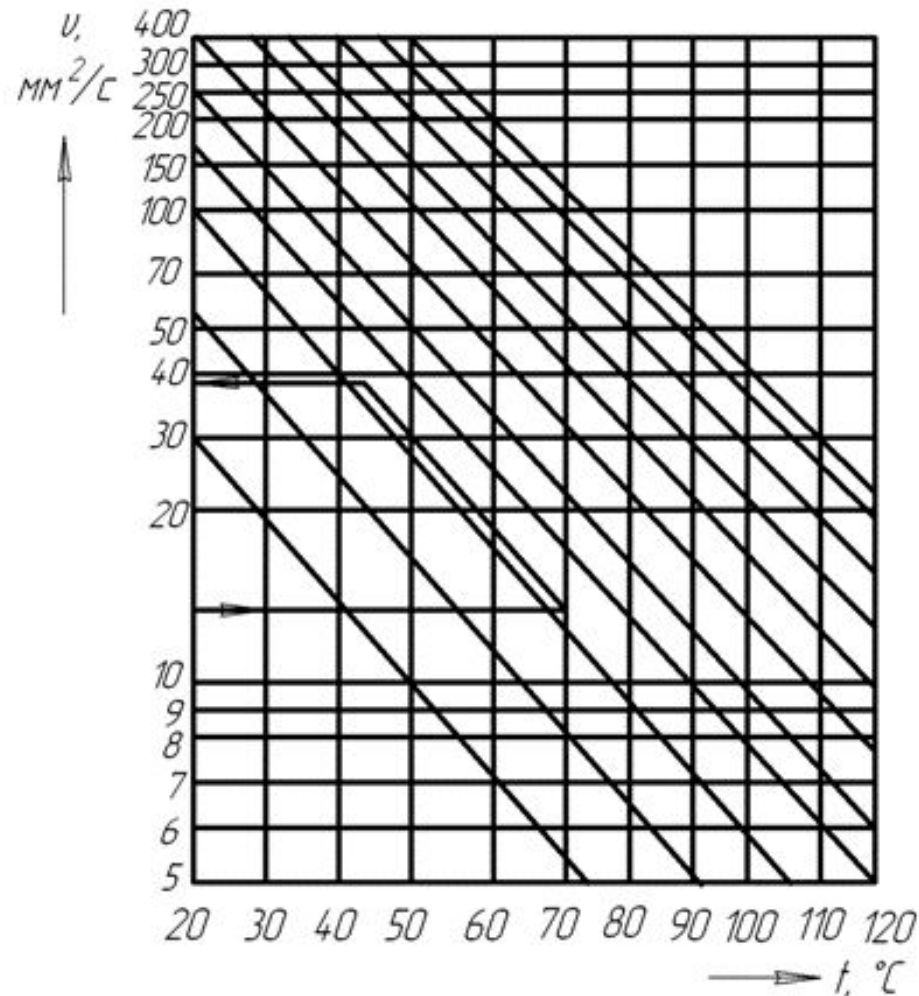
Номограмма для определения вязкости ν масла при рабочей температуре по среднему диаметру d_m подшипника и частоте n его вращения



СМАЗЫВАНИЕ

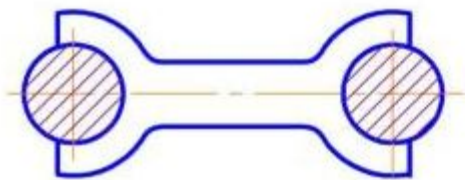
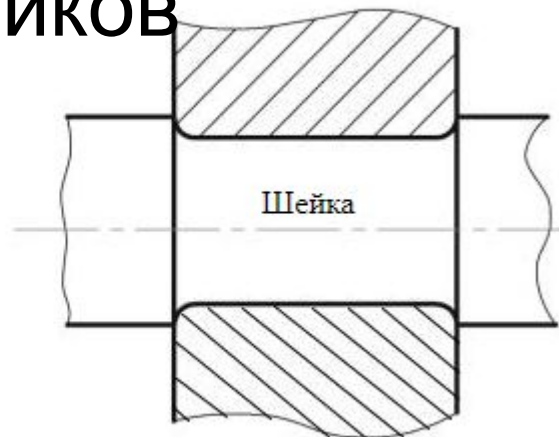
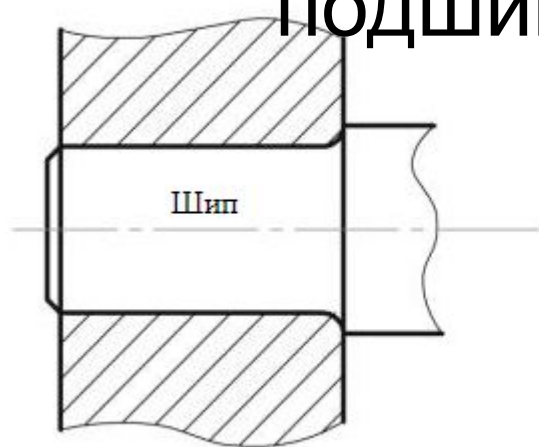
ПОДШИДНИКОВ

Номограмма для определения первоначальной вязкости ν масла, обеспечивающей требуемую вязкость ν_1 при рабочей температуре t

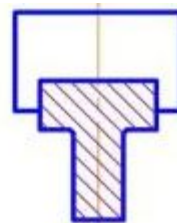


ПОДШИПНИКИ СКОЛЪЖЕНИЯ

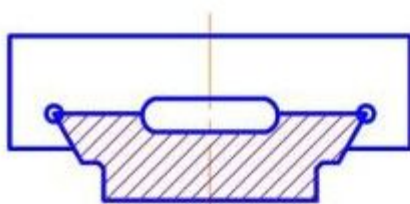
ПОДШИПНИКОВ



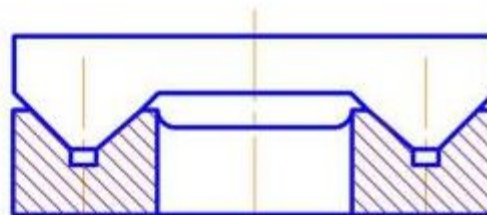
a



б

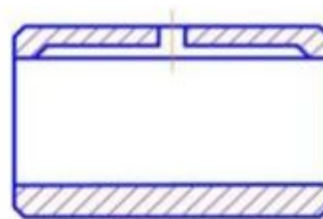
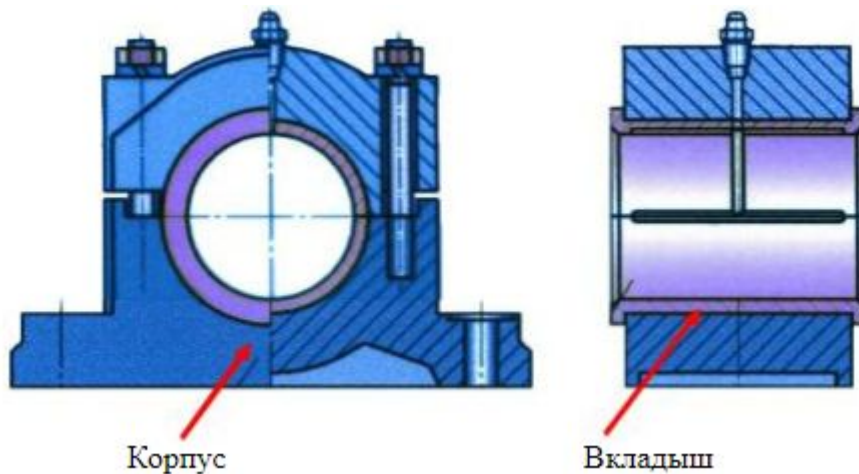


в

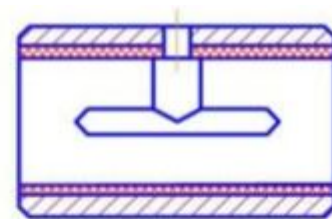


г

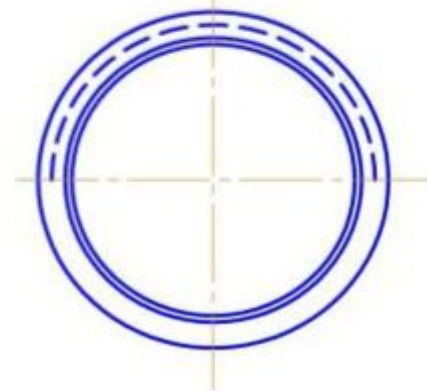
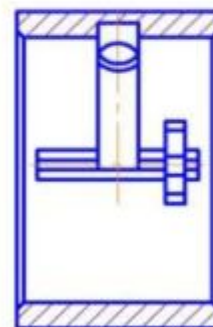
ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ



а



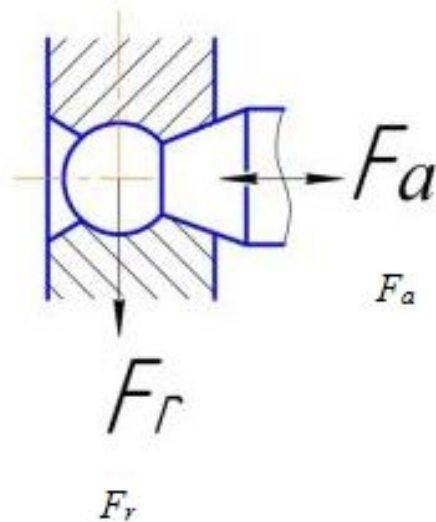
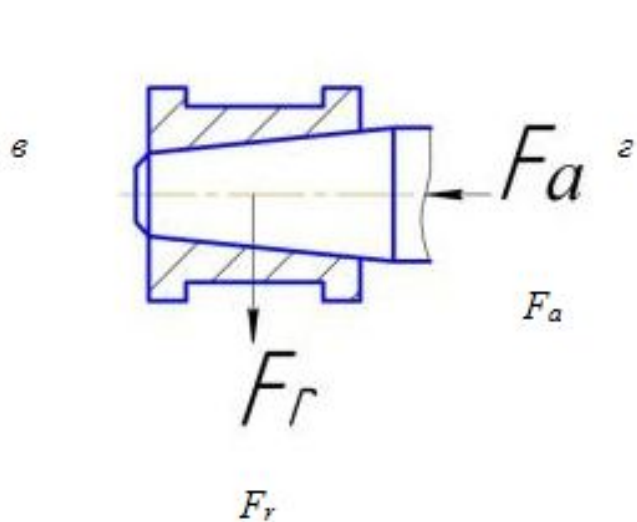
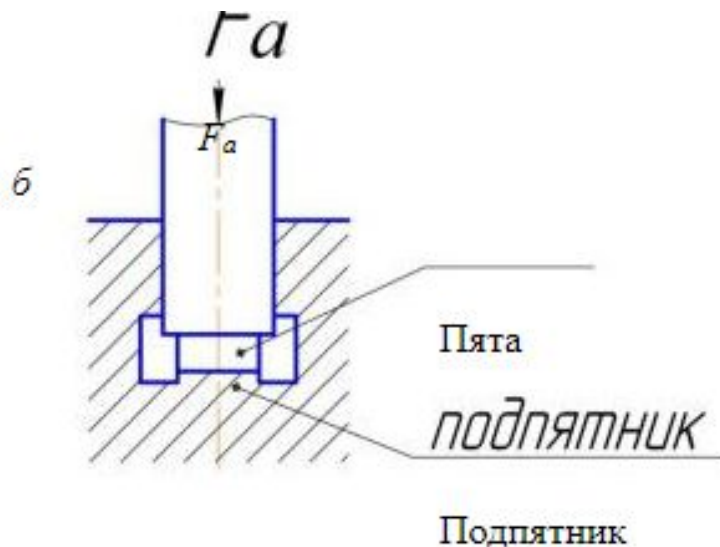
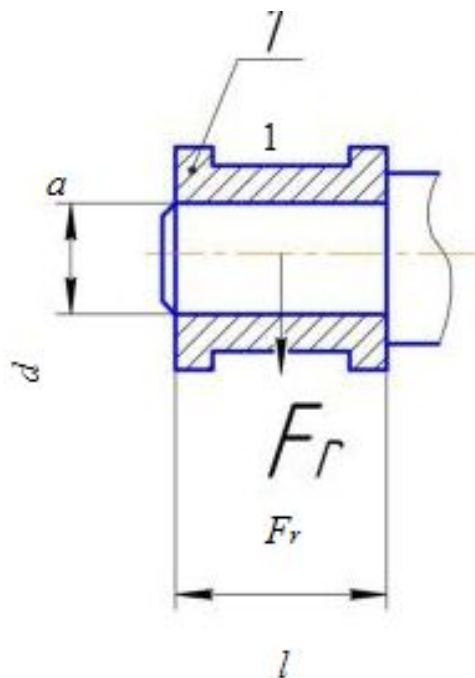
б



г

- А- втулка
- Б – вкладыш из двух половин
- В – вкладыш из лент

ПОДШИПНИКИ

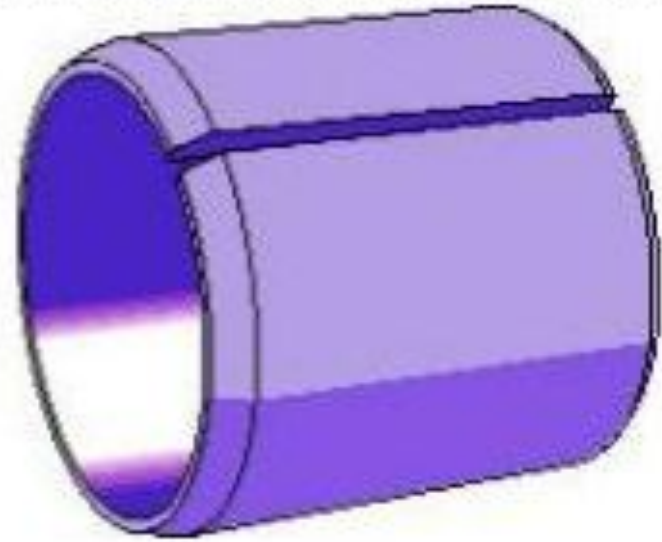


ПОДШИПНИКИ



a

С регулируемым
зазором



б

С нерегулируемым
зазором

ПОДШИПНИКИ

СКОЛЬЖЕНИЯ

Виды разрушений

1. Абразивный износ подшипников
2. Задир или заедание
3. Усталостное выкрашивание поверхности
4. Коррозия рабочих поверхностей

Виды расчетов

1. Расчет подшипников по удельному давлению
2. Расчет по отсутствию заедания
3. Расчет при полужидкостном трении
4. Расчет для жидкостного трения
5. Тепловой расчет ведется на основе теплового баланса: тепловыделение равно теплоотдаче.

ПОДШИПНИКИ

Допускаемые значения удельного давления $[p]$ и работы сил трения $[pv]$

Материал вкладыша	v , м/с, не более	$[p]$, МПа	$[pv]$, МПа м/с
Чугун серый СЧ-36	0,5	4	–
Чугун антифрикционный:			
АКЧ-1	5	0,5	2,5
АВЧ-2	1	12	12
Бронза:			
Бр0Ф10-1	10	15	15
БрАЖ9-4	4	15	12
Латунь ЛКС80-3-3	2	12	10
Баббит:			
Б16	30	15	10
Б6	6	5	5
Металлокерамика:			
бронзографит	2	4	–
железографит	2	5,5	–
Полиамидные пластмассы (капрон АК-7)	4	15–20	20
Пластифицированная древесина (смазка водой)	1	10	–
Резина (смазка водой)	10–20	4–10	–

Примечание. Значения v следует рассматривать как максимально допустимые.

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Максимальная высота микронеровностей R_z поверхности цапфы

Вид обработки поверхности	Максимальная высота микронеровностей R_z , мкм
Чистовое точение, шлифование средней чистоты	6–16
Гладкая обточка твердыми сплавами, чистовое шлифование	2,5–5
Алмазное точение и очень чистое шлифование	1,0–2,5
Суперфиниш, полирование	До 1,0