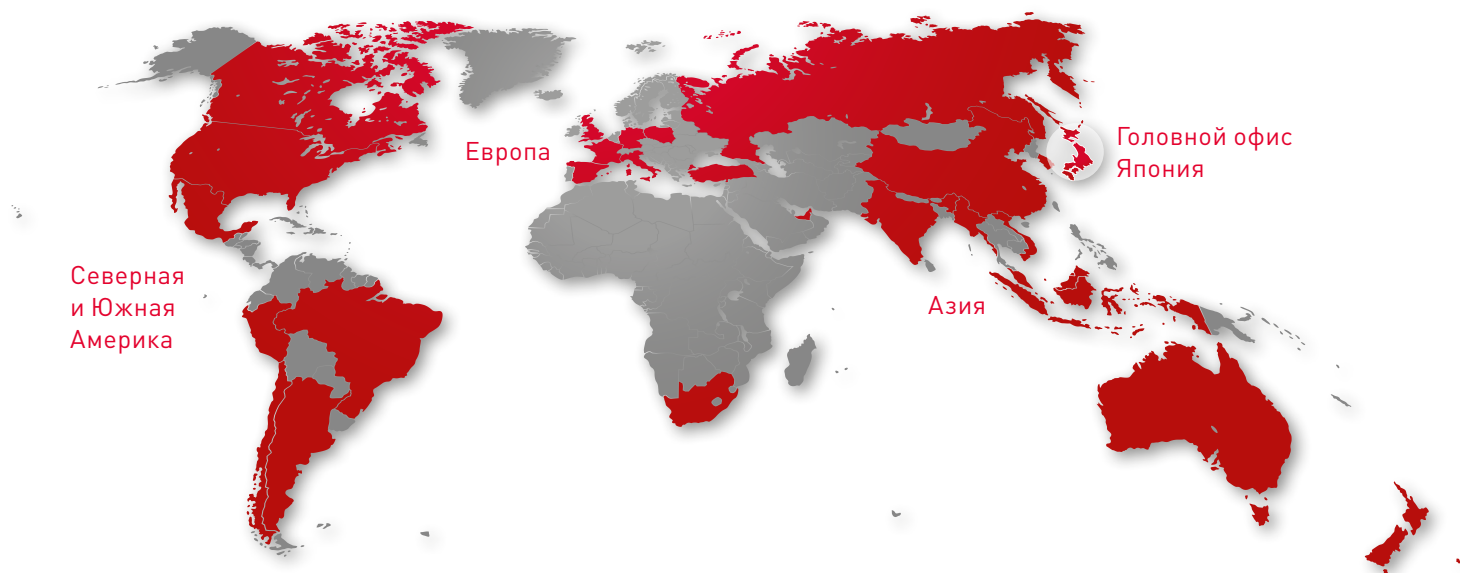


РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДШИПНИКОВ



Приближая будущее

Мы являемся одним из ведущих мировых производителей подшипников качения, компонентов для механизмов линейного перемещения и систем рулевого управления. Наша компания практически на всех континентах имеет свои производственные площадки, офисы продаж и технологические центры, что позволяет нам обеспечивать клиентам оперативное принятие решений, своевременные поставки и обслуживание на местах.



Компания NSK

Созданная в 1916 г. компания NSK стала первым японским производителем подшипников качения. С тех пор мы постоянно улучшаем и расширяем как ассортимент нашей продукции, так и набор услуг, предоставляемых нами для различных отраслей промышленности. Расположенные по всему миру производственные и научно-исследовательские центры NSK образуют единую глобальную технологическую сеть, основная

задача которой заключается не только в разработке новых технологий, но и в постоянном улучшении качества на каждом этапе процесса. Кроме того, наши научные исследования включают конструирование изделий, моделирование рабочих процессов с помощью различных аналитических систем, а также разработку различных видов сталей и смазок для подшипников качения.

Торговые знаки: все упомянутые в каталоге названия продуктов и услуг NSK являются торговыми знаками или зарегистрированными торговыми знаками, принадлежащими NSK Ltd.

Наш главный продукт – удовлетворение запросов наших клиентов

Наибольший интерес для нас представляет возможность помочь Вам повысить надежность оборудования и транспортных средств не только с помощью нашей высококачественной продукции, но в первую очередь благодаря нашему первоклассному сервису. Наши опытные инженеры, обладающие глубокими техническими знаниями, совместно с Вами оптимизируют продукты и процессы и подберут решение, работающее в долгосрочной перспективе. Таким образом, цель, которую мы преследуем в своей ежедневной работе, заключается в том, чтобы обеспечить Вашу конкурентоспособность на долгие годы вперед.

Узнайте больше о компании NSK на сайте www.nskeurope.ru



В целях обеспечения надлежащего обращения с подшипниками качения





Содержание

1. Меры предосторожности при обращении с подшипниками качения.....	6
2. Установка	7
2.1. Посадки и зазоры	7
2.2. Усилие запрессовки и температура нагрева для посадки с натягом	11
2.3. Установочные работы.....	12
2.4. Установка подшипников с коническим отверстием.....	14
2.5. Установка в корпус	16
2.6. Установка с преднатягом	18
2.7. Общие меры предосторожности при монтаже	21
2.8. Смазка.....	23
2.9. Пробная эксплуатация	26
3. Техническое обслуживание и проверка	28
3.1. Процедуры технического обслуживания и проверки	28
3.2. Способы смазывания.....	29
3.3. Повреждения подшипников	32
4. Демонтаж.....	37
4.1. Демонтаж наружных колец.....	38
4.2. Демонтаж внутренних колец.....	39
4.3. Чистка подшипников.....	40
5. Хранение подшипников.....	41
6. Приложения	42

1. Меры предосторожности при обращении с подшипниками качения

Подшипники качения используются в различных условиях эксплуатации с разными степенями нагрузки: от легкой до тяжелой. В связи с тем, что подшипники производятся с высокой степенью точности, обращаться с ними нужно аккуратно. Осторожное обращение настолько же важно, как и само целевое назначение подшипников.

Неправильная установка и ненадлежащее обращение являются наиболее частыми причинами преждевременного выхода подшипников из строя. Поэтому должное обращение, также как и правильный выбор и использование, крайне важны. Рекомендации по правильному обращению с подшипниками качения обобщенно выглядят следующим образом:

1. Храните подшипники и их комплектующие в чистом виде.
2. Убедитесь в том, что размеры и чистота обработки комплектующих деталей подходят для заданного использования.
3. Храните подшипники вдали от вредных веществ, в том числе исключите попадание инородных частиц и влажности.
4. Установка подшипников должна производиться в соответствии с их функциональным назначением и условиями эксплуатации.
5. Используйте соответствующие инструменты для установки и демонтажа.
6. Будьте осторожны при установке и демонтаже, чтобы не повредить или не деформировать подшипники.

7. Используйте правильное количество соответствующего смазочного материала.

8. При обращении с подшипниками руки должны быть, насколько это возможно, чистыми в целях предупреждения появления коррозии. По возможности рекомендуется использование перчаток.

Несмотря на то, что при обращении с подшипниками не требуются сложные устройства, следует использовать соответствующие инструменты в зависимости от обстоятельств, чтобы облегчить выполнение рабочих операций и обеспечить бесперебойное функционирование. Очевидно, что и инженеры, задействованные в работе с подшипниками и их проверке, должны быть осведомлены о должных способах обращения и методах установки подшипников в соответствии с их предполагаемым использованием. Целью правильного обращения с подшипниками является предотвращение появления любых потенциальных повреждений и обеспечение максимально эффективного функционирования в рамках предполагаемого использования.



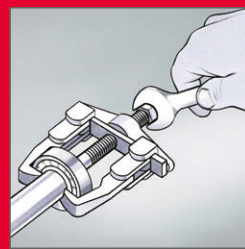
Храните подшипники и их комплектующие в чистом виде



Защищайте подшипники от коррозии



Обращайтесь с подшипниками осторожно



Используйте надлежащие инструменты

2. Установка

2.1 Посадки и зазоры

Стандартные подшипники с цилиндрическим отверстием, как правило, устанавливаются посредством посадки с натягом на соответствующие валы. В то же время требуется значительная сила, чтобы осуществить прессовую посадку внутреннего кольца на вал. Определенная степень посадки с натягом обеспечивается по той причине, что внутреннее кольцо может несколько увеличиться в размере, в целом сокращая зазор прямо пропорционально увеличению размера внутреннего кольца.

Несмотря на то, что зазор конического роликоподшипника можно регулировать после установки, шариковые и цилиндрические роликовые подшипники регулироваться таким образом не могут. Поэтому подшипники со значительным зазором должны подбираться в соответствии со степенью натяга. Подшипники, как правило, производятся на основании зазора CN, который подходит к обычным условиям нагрузки. В случаях, когда посадка с натягом больше, чем зазор CN, необходимо подбирать подшипники с большим зазором (C3, C4, др.). В общем, уменьшение зазора в результате посадки между внутренним кольцом и валом можно выразить в виде следующих уравнений (1) и (2):

Для обработанных на станке валов:

$$\delta_i = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+3} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (1)$$

Для отшлифованных валов:

$$\delta_i = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+2} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (2)$$

Где

- δ_i :** Уменьшение зазора за счет подгонки (мм)
- Δd :** Эффективный натяг (мм)
- Δd_a :** Видимый натяг для измерения (мм)
- k :** $d/D_i = 0,70$ до $0,90$
- d :** Номинальный диаметр отверстия подшипника (мм)
- D_i :** Диаметр дорожки качения внутреннего кольца (мм)

2. Установка

2.1 Посадки и зазоры

Таблица 1: Посадка радиальных подшипников на вал

Условия нагрузки		Примеры	Диаметр вала (мм)			Допуск вала	Примечания
			Шарикоподшипник	Цилиндрический роликоподшипник Конический роликоподшипник	Сферический роликоподшипник		
Радиальные подшипники с цилиндрическим отверстием							
Нагрузка на вращающееся наружное кольцо	Легкое осевое смещение внутреннего кольца на валу желательно	Колеса на неподвижной оси	Все диаметры вала			g6	Используйте g5 и h5, если требуется точность. При применении крупногабаритных подшипников можно использовать f6, чтобы обеспечить легкое осевое движение
	Легкое осевое смещение внутреннего кольца на валу не нужно	Натяжной ролик, канатный шкив				h6	
Нагрузка на вращающееся внутреннее кольцо или направление нагрузки неопределено	Легкие нагрузки или переменные нагрузки ($\leq 0,06 C_r^{(1)}$)	Бытовые электроприборы, насосы, вентиляторы, транспортные средства, прецизионные станки, металлорежущие станки	≤ 18	-	-	js5	k6 и m6 могут использоваться для однорядных конических роликоподшипников и однорядных радиально-упорных шарикоподшипников вместо k5 и m5
			18-100	≤ 40	-	js6 (j6)	
			100-200	40-140	-	k6	
	-	140-200	-	m6			
	Нормальная нагрузка (от 0,06 до 0,13 $C_r^{(1)}$)	Общее применение подшипников, средние и крупные моторы, турбины, насосы, коренные подшипники моторов, приводы, деревообрабатывающие станки	≤ 18	-	-	js5-6 (j5-6)	
			18-100	≤ 40	≤ 40	k5-6	
			100-140	40-100	40-65	m5-6	
			140-200	100-140	65-100	m6	
			200-280	140-200	100-140	n6	
			-	200-400	140-280	p6	
-	-	280-500	r6				
-	-	> 500	r7				
Большие нагрузки или ударные нагрузки ($> 0,13 C_r^{(1)}$)	Железнодорожные осевые буксы, промышленные транспортные средства, тяговые электродвигатели, строительное оборудование, дробилки	-	50-140	50-100	n6		
		-	140-200	100-140	p6		
		-	> 200	140-200	r6		
		-	-	200-500	r7		
Только осевая нагрузка			Все диаметры вала			js6 (j6)	-
Радиальные подшипники с коническим отверстием и втулкой							
Все виды нагрузки	Общее применение подшипников, железнодорожные осевые буксы		Все диаметры вала			h9/IT5	IT5 и IT7 означают, что отклонение вала от его настоящей геометрической формы, например, круглость и цилиндричность, должны быть в пределах IT5 и IT7, соответственно
	Трансмиссионный вал, шпиндели деревообрабатывающих станков					h10/IT7	
Посадка упорных подшипников на вал							
Только центральная осевая нагрузка		Основные валы токарных станков	Все диаметры вала			h6 или js6 (j6)	
Комбинированная радиальная и осевая нагрузка (сферические упорные роликоподшипники)	Нагрузка на неподвижное внутреннее кольцо	Конусные дробилки	Все диаметры вала			js6 (j6)	
	Нагрузка на вращающееся внутреннее кольцо или направление нагрузки неопределено	Целлюлозный рафинер, экструдер для пластика	≥ 200			k6	
			200 - 400			m6	
			> 400			n6	

Примечания: Данная таблица относится только к сплошным стальным валам.
(1) C_r указывает динамическую грузоподъемность подшипника.

Таблица 2: Посадка радиальных подшипников в корпуса

Условия нагрузки		Примеры	Допуски для отверстий корпусов	Осевое смещение наружного кольца	Примечания	
Посадка радиальных подшипников в корпуса						
Неразъемный корпус	Нагрузка на вращающееся наружное кольцо	Тяжелые нагрузки на подшипник в тонкостенном корпусе или тяжелые ударные нагрузки	Автомобильные ступицы (роликподшипники) Ходовое колесо подъемного крана	P7	Невозможно	-
		Нормальные или тяжелые нагрузки	Автомобильные ступицы (шарикоподшипники) Вибрационные сита	N7		
		Легкая или переменная нагрузка	Конвейерный ролик Канатный шкив Натяжной шкив	M7		
Неразъемный или разъемный корпус	Направление нагрузки неопределенное	Тяжелые ударные нагрузки	Тяговой электродвигатель	K7	Невозможно	Если осевое смещение наружного кольца не требуется
		Нормальные или тяжелые нагрузки	Насосы Коренной подшипник коленчатого вала			
		Нормальные или легкие нагрузки	Моторы средних и больших размеров	JS7 (J7)	Возможно	Осевое смещение наружного кольца необходимо
Неразъемный корпус	Нагрузка на вращающееся внутреннее кольцо	Нагрузки всех видов	Общее применение подшипников Осевые буксы	H7	Легко возможно	-
		Нормальные или легкие нагрузки	Опорный подшипник	H8		
		Высокий рост температуры внутреннего кольца через вал	Сушильные шкафы для бумаги	G7		
Неразъемный корпус	Направление нагрузки неопределенное	Желательна точная работа при нормальных или легких нагрузках	Задние подшипники шлифовального шпинделя	JS6 (J6)	Возможно	При тяжелых нагрузках применяется посадка с натягом более плотная, чем K. Если требуется высокая точность, при посадке необходимо выдерживать строгие допуски
			Подшипники плавающей опоры центробежного компрессора	K6		
	Нагрузка на вращающееся наружное кольцо	Желательна точная работа и высокая жесткость при переменных нагрузках	Передние подшипники шлифовального шпинделя		M6 или N6	
			Подшипники фиксирующей опоры центробежного компрессора	H6		
Посадка упорных подшипников в корпуса						
Только осевая нагрузка	Упорные шарикоподшипники	Зазор > 0,25 мм	Общее применение			
				H8	Когда требуется точность	
		Сферические упорные роликподшипники Конические роликподшипники (конус с большим углом)	Наружное кольцо имеет радиальный зазор	Когда радиальные нагрузки воспринимаются другими подшипниками		
Комбинированная радиальная и осевая нагрузка	Нагрузка на неподвижное наружное кольцо	Сферические упорные роликподшипники	H7 или JS7 (J7)	-		
			K7	Нормальные нагрузки		
	Нагрузка на вращающееся наружное кольцо или направление нагрузки неопределенно		M7	Сравнительно тяжелые радиальные нагрузки		

Примечания: (1) Данная таблица применима для чугуновых и стальных корпусов. Для корпусов из легких сплавов натяг должен быть более тугим, чем указанный в данной таблице.
 (2) Информацию для других типов подшипников можно найти в каталогах NSK.

2. Установка

2.1 Посадки и зазоры

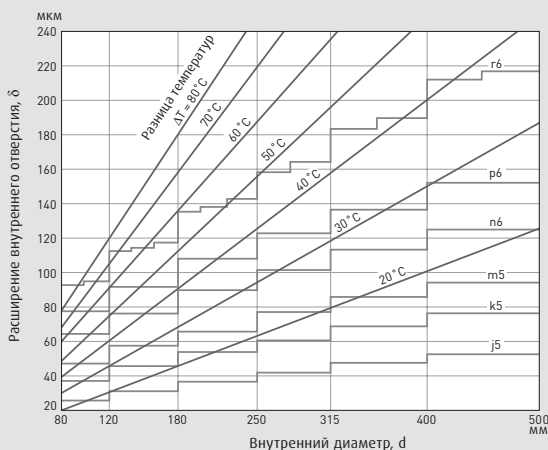
Таблица 3: Значения μ

Примеры	Значение μ (среднее)
Прессовая посадка внутреннего кольца на цилиндрический вал	0,120
Извлечение внутреннего кольца с цилиндрического вала	0,180
Прессовая посадка внутреннего кольца на конический вал и коническую втулку	0,165
Прессовая посадка внутреннего кольца на конический вал	0,135
Прессовая посадка втулки на область между валом и коническим отверстием подшипника	0,300
Извлечение втулки из области между валом и коническим отверстием подшипника	0,330

Таблица 4: Значения $(1-k^2)$

D/d	$(1-k^2)$
1,5	0,25
2,0	0,41
2,5	0,52
3,0	0,61
3,5	0,67

Рис. 1: Температура и тепловое расширение внутреннего кольца



Таким образом, 70-90% натяга появляется в виде уменьшения зазора. (Меньшее сокращение зазора принимается для подшипников с диаметром серии 4). Более того, разница рабочей температуры между внутренним и наружным кольцами составляет 5-10°C. Однако данная разница температур будет даже больше при повышении температуры внутреннего кольца или при охлаждении наружного кольца. Уменьшение зазора вследствие разницы температур между внутренним и наружным кольцами:

$$\delta_t = \alpha \cdot \Delta t \cdot D_e \dots \dots \dots (3)$$

где

δ_t : Уменьшение радиального зазора вследствие разницы температур между внутренним и наружным кольцами (мм)

α : Коэффициент линейного расширения подшипниковой стали $12,5 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$

Δt : Разница температур внутреннего и наружного колец ($^\circ\text{C}$)

D_e : Диаметр дорожки качения наружного кольца (мм)

$$\text{Роликовый подшипник} = \frac{1}{4} \cdot (3D + d)$$

$$\text{Шариковый подшипник} = \frac{1}{5} \cdot (4D + d)$$

d : Номинальный внутренний диаметр подшипника (мм)

D : Номинальный наружный диаметр подшипника (мм)

В таблицах 1 и 2 приводятся примеры того, как определяется плотность посадки, исходя из нагрузки и температурных условий.

Подшипники с зазором C3 и C4 (больше чем зазор CN) должны использоваться в зависимости от плотности посадки и температурных условий.

2. Установка

2.2 Усилие запрессовки и температура нагрева для посадки с натягом

При плотном присоединении внутреннего кольца к валу сила прессовой посадки внутреннего кольца в осевом направлении варьируется в зависимости от натяга и диаметра вала. Однако сила возрастает по мере увеличения давления поверхности на поверхность посадки и коэффициента трения. Когда требуется большая сила прессовой посадки, внутреннее кольцо перед сборкой обычно расширяют путем нагрева в масле, но в некоторых случаях кольцо устанавливается с помощью прессы или специального инструмента, при этом степень натяга измеряется так же, как и при запрессовке. Давление на поверхность p_m и сила прессовой посадки или усилие разъединения насаживаемой поверхности, которые применяются к сплошному валу, можно выразить в следующих уравнениях (4) и (5):

$$p_m = \frac{1 - k^2}{2} \cdot \frac{\Delta d}{d} \cdot E \dots \dots \dots (4)$$

$$k = \mu p_m \cdot \pi \cdot d \cdot B$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot E \cdot \pi \cdot B \cdot (1 - k^2) \cdot \Delta d \dots (5)$$

где

k: d/D_i

d: Номинальный диаметр отверстия подшипника (мм)

D_i: Диаметр дорожки качения внутреннего кольца (мм)

B: Номинальная ширина внутреннего кольца (мм)

Δd: Эффективный натяг (мм)

E: Модуль упругости при растяжении = 208 000 МПа

μ: Коэффициент трения пригоняемой поверхности

Трение на посадочной поверхности существенно различается в зависимости от условий посадки. В общих случаях можно использовать значения μ , указанные в **таблице 3**. Также величина $(1 - k^2)$ относительно каждого соотношения D/d наружного диаметра к внутреннему диаметру подшипника может быть примерно выражена, как это показано в **таблице 4**.

Таким образом рассчитывается сила прессовой посадки внутреннего кольца на вал. Во многих случаях, однако, проще устанавливать внутреннее кольцо, нагрев его в

масле для расширения. Несмотря на то, что применяемые температуры отличаются в зависимости от натяга и диаметра вала, рекомендуется по возможности нагревать подшипник при температуре 120 °С или ниже, так как жесткость подшипника уменьшится, если его нагревать до 150 °С или выше. На **рис. 1** показана температура нагрева и расширение диаметра отверстия подшипника относительно диаметра вала, здесь также указаны необходимые разницы температур нагрева и показан максимальный натяг различных посадок. В процессе самой установки подшипник остывает и его нелегко установить на вал. Поэтому следует нагревать подшипник на 20–30 °С выше минимальной температуры, необходимой для установки. Обычно рекомендуется погружать подшипник в масло для нагрева на 20 минут. Например, когда подшипник с внутренним диаметром 120 мм устанавливается с посадкой п6, то максимальный натяг составляет 65 мкм. В данном случае требуемая температура нагрева может составлять 50 °С плюс комнатная температура, как показано на **рис. 1**, однако температуру необходимо дополнительно повысить на 20–30 °С для того, чтобы легко посадить подшипник на вал. Следовательно, требуемая температура нагрева может равняться комнатной температуре +70–80 °С. Мы кратко рассмотрели силу прессовой посадки и горячей посадки для обеспечения посадки с натягом. Однако чрезмерный натяг может иногда вызывать аномально большое напряжение во внутреннем кольце, что может привести к его раскалыванию или другому повреждению. При этом максимальное напряжение возникает по внутреннему диаметру посадочной поверхности, и его величина может быть выражена следующим уравнением (6):

$$\sigma_{\text{imax}} = p_m \cdot \frac{1 + k^2}{2} \dots \dots \dots (6)$$

где

p_m: поверхностное давление (МПа)

k: d/D_i

В качестве общего правила рекомендуется выбирать посадку, при которой максимальная величина напряжения для подшипниковой стали не превышает 98 МПа или в крайнем случае 127 МПа.

2. Установка

2.3 Установочные работы

Внутреннее кольцо обычно устанавливается на вал посредством прессовой посадки или горячей посадки. Прессовая посадка, однако, требует большой силы. Требуемая сила для прессовой посадки может быть определена при помощи вышеприведенного уравнения (5).

Во время прессовой посадки на поверхности дорожек качения могут появиться вмятины, образованные телами качения (шариками или роликами) в случае применения силы к наружному кольцу. Более того, прямое ударное воздействие на бортики внутреннего кольца может привести к разрушению кольца. В то же время не следует применять силовое воздействие на сепаратор подшипника. Поэтому будьте очень осторожны при проведении работ по прессовой посадке.

Так как для малогабаритных подшипников и подшипников средних размеров с маленьким натягом требуется лишь небольшая сила прессовой посадки, то внутреннее кольцо может быть посажено на соответствующий вал при комнатной температуре. Как показано на **рис. 2**, слегка ударьте латунную планку по боковой поверхности внутреннего кольца, затем вбейте ее, чтобы посадить кольцо на вал. В этот момент кончик латунной планки, которая была заранее разрезана в поперечном направлении, вступает в контакт с боковой поверхностью внутреннего кольца таким образом, что наружная часть боковой поверхности кольца не будет испытывать ударное воздействие, а кольцо будет установлено в плотный контакт с заплечиком вала. Следите за тем, чтобы латунная стружка не попадала в подшипники.

Более эффективный способ сборки включает в себя использование монтажного инструмента в виде трубы (**рис. 3**), сделанного из мягкой стали, который касается всей боковой поверхности внутреннего кольца. При использовании такого инструмента, прессовая посадка может быть выполнена при оказании сильного воздействия на кольцо, которое при этом не повреждается. Использование пресса, сжатого воздуха или гидравлического давления обеспечивает параллельную вставку нажатием и позволяет контролировать давление посадки для правильной установки. Соответственно, эти инструменты можно использовать и для того, чтобы проверить, не слишком ли сильный или слабый сделан натяг.

Перед проведением работ по прессовой посадке на внутреннюю поверхность внутреннего кольца и наружную поверхность вала необходимо нанести высоковязкое масло, предпочтительнее противозадирную смазку. Также имейте в виду, что нанесение смазки, произведенной из дисульфида молибдена (MoS_2), в пастообразном виде, на области прессовой посадки предотвращает образование задиров и способствует легкому демонтажу, потому как предотвращает прилипание подшипника к посадочной поверхности.

Горячая посадка рекомендуется в качестве простого метода монтажа подшипников с более тугим натягом. Температуру нагрева можно определить по **рис. 1** в соответствии с размерами подшипника и предполагаемым натягом. Для нагрева необходимо использовать минеральное масло высокого качества.

Масляная ванна должна быть достаточных размеров, чтобы в ней поместились от двух до пяти подшипников, и содержать достаточное количество масла, чтобы полностью покрыть подшипники. На **рис. 4** показаны меры предосторожности по использованию масляной ванны. Следует использовать металлическую сетку или подобное приспособление в ванне, чтобы предотвратить контакт подшипников с нагревателем или дном ванны. Для удобства положите длинную перекладину поперек ванны, на которую прикрепите крюк для подвешивания подшипников.

Когда плотно насаживаемые внутренние кольца используются для цилиндрических роликоподшипников для прокатных станов, то для установки и демонтажа потребуются большая сила прессовой посадки и большие усилия разъединения. То же относится и к буксовым подшипникам для железнодорожных подвижных составов. По этой причине подшипники или валы могут быть повреждены из-за сложностей в эксплуатации в нормальных рабочих условиях. Для цилиндрических роликоподшипников, у которых внутренние кольца не имеют бортов, чтобы ускорить операции установки и демонтажа рекомендуется использовать индукционный ток для нагрева и расширения внутренних колец.

Используя данный механизм, компания NSK разработала нагревающее устройство для установки и демонтажа,

которое может питаться от сети переменного тока с промышленной частотой, и поставляет его для различных отраслей промышленности. Более того, компания NSK сделала доступным для приобретения нагреватель подшипников (рис. 5) для нагревания единичных изделий, таких как небольшой подшипник.

Расширенный в результате нагрева подшипник после посадки на вал быстро охлаждается и сжимается в поперечном направлении. Поэтому в некоторых случаях для того, чтобы избежать зазора между внутренним кольцом и заплечиком вала, сильно прижмите подшипник к заплечикам с помощью гайки вала или другого подходящего инструмента. После установки подшипника на место охладите его и нанесите смазку на внутреннюю и наружную поверхность. В этот момент удостоверьтесь в том, что подшипник чистый. За исключением случаев, когда устанавливается предварительный натяг подшипника, зазор обычно необходим для подшипника после установки. Поэтому убедитесь в том, что подшипник вращается плавно. У роликоподшипников зазор можно измерить с помощью щупа для измерения зазоров.

Так как у цилиндрических роликоподшипников внутреннее кольцо может отделяться от наружного, то наружное кольцо необходимо убирать при установке внутреннего кольца. Избегайте приложения чрезмерного усилия на этапе, когда наружное кольцо монтируется на внутреннее, которое присоединено к валу, так как можно легко повредить ролики и дорожки качения. Следует избегать данного вида повреждений, потому что это может вызвать шум и привести к преждевременному выходу из строя. Также роликоподшипники должны быть совместимыми. Поэтому заранее удостоверьтесь в совместимости, и будьте особо внимательны, чтобы избежать ошибочной комплектации несовместимых видов. Несмотря на то, что установка, предусматривающая свободную посадку на вал, не представляет собой проблемы, зазор между валом и внутренним кольцом должен быть минимальным.

Как правило, посадка между внутренним кольцом и валом упорного подшипника должна быть около js6 (j6). Обычно здесь обеспечивается некоторый зазор, за исключением случаев использования на станках, требующих более высокой степени точности.

Рис. 2: Установка подшипника

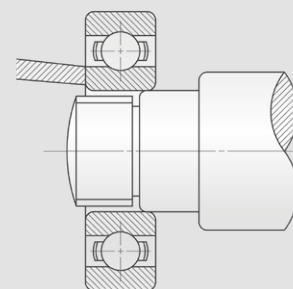


Рис. 3: Установка подшипника

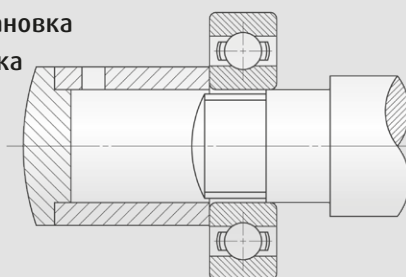
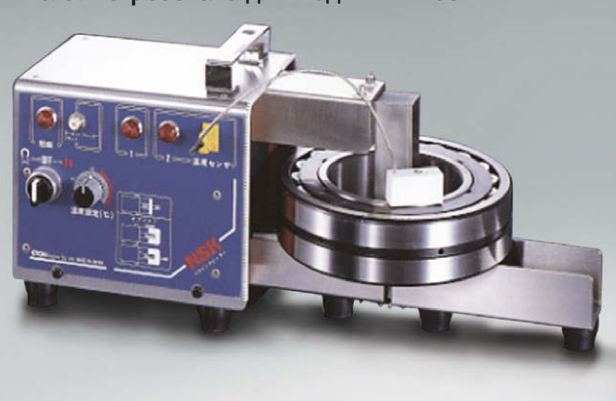


Рис. 4: Масляная ванна для нагрева



Рис. 5: Нагреватель для подшипников



2. Установка

2.4 Установка подшипников с коническим отверстием

Подшипники с коническим отверстием устанавливаются с помощью закрепительных или стяжных втулок или прямо на конических валах. Плотность посадки определяется уменьшением зазора и степенью продвижения втулок (или подшипников). Уменьшение зазора во время установки сферического роликоподшипника обычно измеряется с помощью щупа для измерения зазоров. Уменьшение зазора и остаточный зазор после установки показаны в **таблице 5**.

Сферические роликоподшипники с коническим отверстием, как правило, производятся с учетом уменьшения зазора, указанного в **таблице 5**.

В некоторых случаях вместо прямого измерения уменьшения зазора измеряется степень продвижения (осевое перемещение) внутреннего кольца или стяжной втулки. Однако надежнее измерять уменьшение зазора, так как определить изначальное положение для измерения сложно.

Когда щуп для измерения зазоров не может быть использован для небольших роликоподшипников после их установки, то следует измерять осевое перемещение. Измерение осевого перемещения должно также использоваться и в случаях, когда большие подшипники устанавливаются после нагревания их в масле для облегчения монтажа. В таком случае подшипник должен быть сначала установлен на вал до того, как его нагреют, чтобы снять замер начального положения. Затем конечное положение установки определяется степенью осевого перемещения от изначального положения после нагрева подшипника. На данном этапе необходимое уменьшение зазора должно быть подтверждено посредством измерения начального зазора до нагрева и конечного зазора после охлаждения подшипника.

Таблица 5: Установка сферических роликоподшипников с коническим отверстием (мм)

Внутренний диаметр подшипника d		Уменьшение радиального зазора		Осевое смещение				Минимальный допустимый остаточный зазор	
				Конус 1:12		Конус 1:30			
Свыше	До вкл.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	CN	C3
30	40	0,025	0,030	0,40	0,45	—	—	0,010	0,025
40	50	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—	0,015	0,030
50	65	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—	0,025	0,035
65	80	0,040	0,045	0,60	0,70	—	—	0,030	0,040
80	100	0,045	0,055	0,70	0,85	1,75	2,15	0,035	0,050
100	120	0,050	0,060	0,75	0,90	1,90	2,25	0,045	0,065
120	140	0,060	0,070	0,90	1,10	2,25	2,75	0,055	0,080
140	160	0,065	0,080	1,00	1,30	2,50	3,25	0,060	0,100
160	180	0,070	0,090	1,10	1,40	2,75	3,50	0,070	0,110
180	200	0,080	0,100	1,30	1,60	3,25	4,00	0,070	0,110
200	225	0,090	0,110	1,40	1,70	3,50	4,25	0,080	0,130
225	250	0,100	0,120	1,60	1,90	4,00	4,75	0,090	0,140
250	280	0,110	0,140	1,70	2,20	4,25	5,50	0,100	0,150
280	315	0,120	0,150	1,90	2,40	4,75	6,00	0,110	0,160
315	355	0,140	0,170	2,20	2,70	5,50	6,75	0,120	0,180
355	400	0,150	0,190	2,40	3,00	6,00	7,50	0,130	0,200
400	450	0,170	0,210	2,70	3,30	6,75	8,25	0,140	0,220
450	500	0,190	0,240	3,00	3,70	7,50	9,25	0,160	0,240
500	560	0,210	0,270	3,40	4,30	8,50	11,00	0,170	0,270
560	630	0,230	0,300	3,70	4,80	9,25	12,00	0,200	0,310
630	710	0,260	0,330	4,20	5,30	10,50	13,00	0,220	0,330
710	800	0,280	0,370	4,50	5,90	11,50	15,00	0,240	0,390
800	900	0,310	0,410	5,00	6,60	12,50	16,50	0,280	0,430
900	1000	0,340	0,460	5,50	7,40	14,00	18,50	0,310	0,470
1000	1120	0,370	0,500	5,90	8,00	15,00	20,00	0,360	0,530

Примечания: Значения уменьшения радиального внутреннего зазора даны для подшипников с зазором CN.
Для подшипников с зазором C3 приведенные максимальные значения следует использовать
в качестве величины уменьшения радиального внутреннего зазора.

2. Установка

2.5 Установка в корпус

Подшипники обычно монтируются в корпуса после того, как они были присоединены к валу. Методы установки и меры предосторожности варьируются в зависимости от таких факторов, как конструкция корпуса, посадка и конфигурация горизонтальных и вертикальных валов. Общую информацию, рассматриваемую в данном разделе, следует применять во всех случаях использования. Посадка между корпусом и наружным кольцом определяется, исходя из условий нагрузки, шероховатости поверхности, жесткости материала и т.д. Однако если фактическая посадка плотнее, чем указанная, то подгонка должна быть произведена вручную посредством таких операций, как заточка/шлифовка. Если единственным способом увеличения корпуса является применение шабера, то необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать деформации посадочного отверстия в овальную форму или коническую.

В случае с разъемными корпусами не устанавливайте тонкую прокладку между верхней и нижней частями в целях ослабления посадки. На самом деле, если посадка очень свободная, ни в коем случае нельзя вставлять листы бумаги или металлической фольги в область между корпусом и наружным кольцом. Только если это абсолютно необходимо, корпус можно модифицировать посредством плакирования внутренней поверхности или вставки втулки таким образом, чтобы размеры корпуса можно было откорректировать в соответствии с указанными требованиями.

При установке корпуса не допускайте, чтобы лабиринтные уплотнения и другие детали терлись друг о друга. Избегайте приложения чрезмерной нагрузки или внецентрированной нагрузки на подшипник, что может быть вызвано неправильной установкой на основу или дефектными соединениями. Выберите только один из подшипников, который будет установлен в фиксирующей опоре, и во время техобслуживания следите за тем, чтобы подшипники устанавливались на те же самые места. В качестве подшипника фиксирующей опоры выберите такой тип подшипника, который может выдерживать радиальные и осевые нагрузки.

За исключением подшипника фиксирующей опоры, остальные подшипники должны быть плавающими и воспринимать только радиальную нагрузку, чтобы компенсировать тепловое расширение вала. Они также должны использоваться для регулировки установочного положения в осевом направлении. Если не будут приняты соответствующие меры по предупреждению сужения вала ввиду изменения температур, на подшипники будет оказываться избыточная осевая нагрузка, приводящая к их преждевременной поломке. Цилиндрические роликоподшипники (типа NU и N), в которых внутреннее кольцо может отделяться от наружного, и которые также могут перемещаться в осевом направлении, подходят для плавающих опор. Использование данных типов подшипников, как правило, еще больше облегчает процедуры установки и демонтажа.



Если для плавающей опоры используются неразъемные подшипники, то наружное кольцо и корпус должны иметь свободную посадку, чтобы компенсировать расширение вала во время работы и расширение подшипников, которое иногда может переместиться с посадочной поверхности между внутренним кольцом и валом. Если расстояние между подшипниками небольшое и сужение вала имеет меньшее воздействие на подшипники, используйте радиально-упорные шарикоподшипники и конические роликоподшипники или другие виды подшипников, которые могут воспринимать осевую нагрузку только в одном направлении, и устанавливайте их лицом к лицу или спиной к спине, чтобы сделать парную компоновку. Осевой зазор (перемещение в осевом направлении) после установки следует отрегулировать

гайкой или прокладкой. Устанавливая наружное кольцо с более плотной посадкой, используйте монтажный инструмент в виде трубы из мягкой стали, как показано на **рис. 7**. Если же наружные и внутренние кольца должны устанавливаться с плотной посадкой, или если внутреннее кольцо уже установлено на вал, или наружное кольцо уже прикреплено к корпусу подшипника, то используйте инструменты, показанные на **рис. 8** и **9**, чтобы избежать передачи усилия прессовой посадки на кольцо подшипника через тела качения. Более того, при монтаже узла, например, после установки корпусного подшипника на валу, необходимо выбирать такой способ установки, который позволяет избежать воздействия ударной нагрузки на подшипник.

Рис. 6: Фиксированный подшипник (слева) и плавающий подшипник (справа)

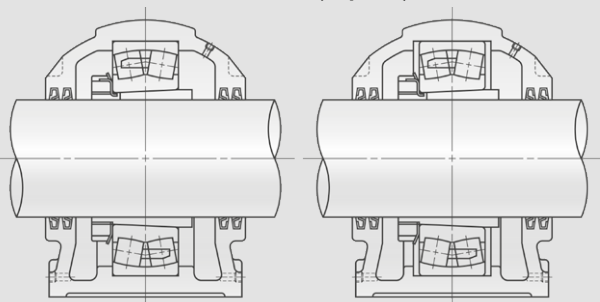


Рис. 7: Посадка наружного кольца с преднатягом

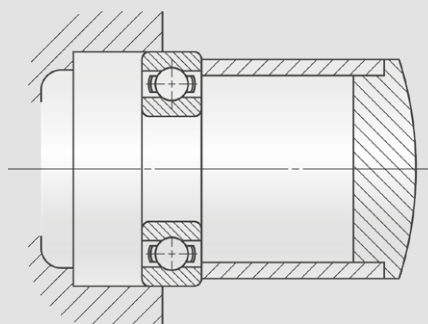


Рис. 8: Посадка наружного кольца с преднатягом

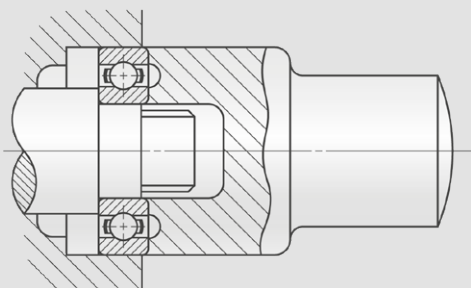
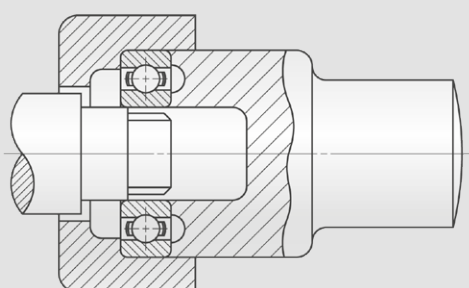


Рис. 9: Посадка внутреннего кольца с преднатягом



2. Установка

2.6 Установка с преднатягом

Рис. 10: Установка преднатяга при помощи винта

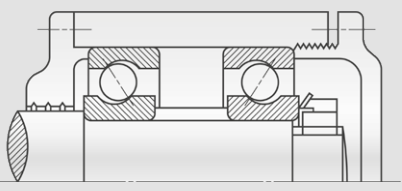


Рис. 11: Установка преднатяга при помощи пружины

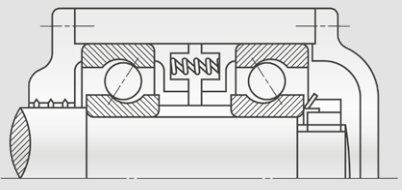


Рис. 12: Установка преднатяга при помощи проставочных колец (на плавающей опоре)

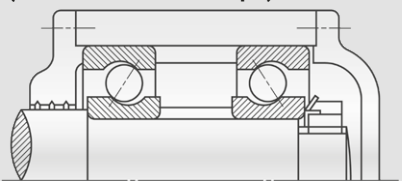
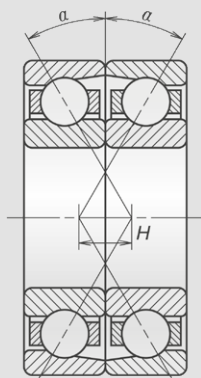


Рис. 13: Дуплексные подшипники с компоновкой «лицом к лицу»



Предварительный натяг радиальных подшипников

При установке радиально-упорных шарикоподшипников и конических роликоподшипников предварительный натяг должен применяться в зависимости от конкретных условий эксплуатации. Преднатяг представляет собой регулирование сборки, в котором требуемая нагрузка на шарики и ролики подшипника устанавливается заранее без приложения внешней нагрузки (или в условиях, когда тела качения сохраняют свое положение во время установки). Назначение предварительного натяга в том, чтобы минимизировать деформацию вала в радиальном или осевом направлениях во время эксплуатации в установленных допустимых пределах.

Сборка с предварительным натягом является очень эффективным способом уменьшения деформации. Однако ни при каких обстоятельствах не следует устанавливать преднатяг больше требуемого. На рис. 10 показана ситуация, в которой наружные кольца двух радиальных подшипников монтируются после установки преднатяга с помощью винтов торцевой крышки. Несмотря на то, что метод сборки прост, существенных результатов можно добиться только при аккуратной регулировке, осуществляемой опытным работником. Более того, степень предварительного натяга сложно в точности измерить при использовании данного способа. Поэтому необходимо заранее знать начальный момент трения и величину преднатяга. Чем меньше нагрузка, с которой требуется справиться подшипнику во время работы, тем слабее предварительный натяг, необходимый для установки. Существует также способ создания преднатяга с помощью пружины, как показано на рис. 11. Размер и сжатие пружины здесь определяется исходя из степени предварительного натяга. Несколько пружин необходимого

размера размещаются по окружности. Чаще всего преднатяг с помощью пружин применяется для уменьшения радиального смещения.

Как показано на рис. 12, создание преднатяга с помощью проставочных колец, вставленных как во внутренние, так и в наружные кольца, является отличным способом монтажа. Данный способ облегчает монтаж и обеспечивает правильное применение предварительного натяга. Так как мы не можем сказать, что кольца одинаковой длины могут применяться для всех подшипников, то при комбинировании подшипников длина проставочного кольца должна измеряться и определяться отдельно. Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники не используются по отдельности, а устанавливаются парами по схеме "лицом к лицу" (DF), как показано на рис. 13, или "спина к спине" (DB), как показано на рис. 14. На рис. 15 показана ситуация, когда не применяется осевой предварительный натяг, где «а» и «б» – требуемые отклонения внутренних и наружных колец в осевом направлении для предварительного натяга соответственно, а предварительный натяг T1 будет получен только после того, как «а» и «б» переместятся в осевом направлении после затягивания гайкой. Обычно «а» равно «б» у подшипников одного вида. В любом случае, если «а» и «б» правильно подобраны для конкретных условий эксплуатации, установка может легко проводиться посредством тугого затягивания гайки. Отношение между осевой нагрузкой и смещением в осевом направлении однорядных радиально-упорных шарикоподшипников может быть приблизительно выражено следующим уравнением (7):

$$\delta_a = \frac{4.4 \cdot 10^{-4}}{\sin \alpha} \cdot \left(\frac{Q^2}{D_a}\right)^{1/3} \dots \dots \dots (7)$$

где

- δ_a : Смещение в осевом направлении (мм)
- Q : Нагрузка, применяемая к единичному шарик (Н)
- α : Угол контакта
- D_a : Диаметр шарика (мм)

Если T – осевая нагрузка, которая должна применяться ко всему подшипнику, тогда Q – нагрузка, которая применяется к единичному шарик при количестве шариков в подшипнике Z , может быть выражена следующим уравнением (8):

$$Q = \frac{T}{Z \sin \alpha} \dots \dots \dots (8)$$

Следовательно, смещение в осевом направлении δ_a может быть выражено следующим уравнением:

$$\delta_a = C_a \cdot T^{2/3} \dots \dots \dots (9)$$

C_a – постоянная величина, определяемая видом и размером подшипника. На рис. 16 зазоры a и b между подшипниками могут быть выражены осевым отклонением δ_a . По мере увеличения предварительного натяга зазоры a и b будут уменьшаться, а предварительный натяг станет T_1 после того, как зазоры достигнут нуля. Если внешняя осевая нагрузка T применяется к подшипнику A , то A сместится на δ_i в осевом направлении. Смещение подшипника B также сократится на такую же величину. Тогда смещения подшипников A и B будут выглядеть следующим образом:

$$\delta_{aA} = \delta_a + \delta_i, \quad \delta_{aB} = \delta_a - \delta_i$$

Точнее, сила, включая предварительный натяг, применяемая к подшипнику A , равняется (T_1+T-G) , а (T_1-G) применяется к подшипнику B .

Если только δ_T смещается под воздействием осевой нагрузки T , когда предварительный натяг к подшипнику не применяется, итоговое уменьшение смещения подшипника от предварительного натяга может быть выражено в виде:

$$(\delta_T - \delta_i).$$

Также, в случае $G = T_1$ или $\delta_i = \delta_a$, подшипник B находится в ненагруженном состоянии, и смещение подшипника A δ_{aA} становится следующим:

$$\delta_{aA} = 2\delta_a = 2C_a \cdot T_1^{2/3} = C_a \cdot (2^{3/2} T_1)^{2/3} (10)$$

Более того, сила, примененная к подшипнику A , равна $G=T_1$, отсюда следует уравнение (11):

$$T_1 + (T - G) = G + (T - G) = T \dots \dots \dots (11)$$

Далее из уравнений 9, 10 и 11 следует уравнение:

$$\delta_{aA} = C_a \cdot T^{2/3} = C_a \cdot (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots \dots (12)$$

То есть $T = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot T_1$

При использовании преднатяга подшипник A должен обладать грузоподъемностью, позволяющей выдерживать осевую нагрузку $(T_1 + T - G)$ с учетом требований к ресурсу подшипника и рабочей скорости.

Рис. 14: Дуплексные подшипники с компоновкой «спина к спине»

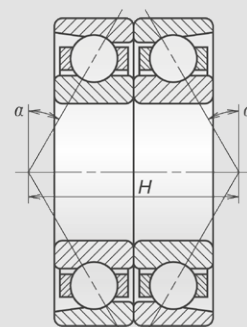


Рис. 15: Величина преднатяга

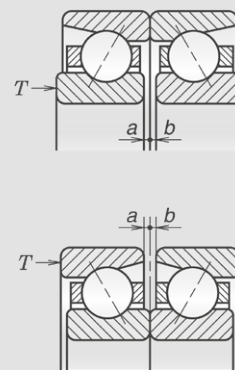
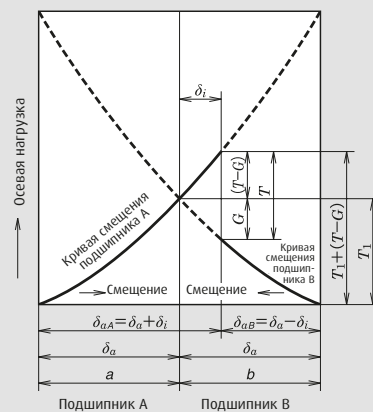


Рис. 16: Осевое смещение с преднатягом



2. Установка

2.6 Установка с преднатягом

Рис. 17: Установка преднатяга упорных шарикоподшипников (с помощью винта)

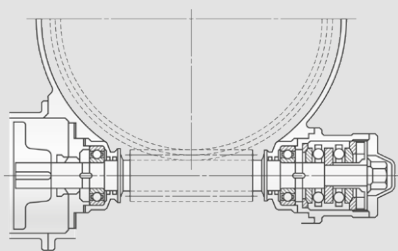


Рис. 18: Установка преднатяга упорных шарикоподшипников (с помощью пружины)

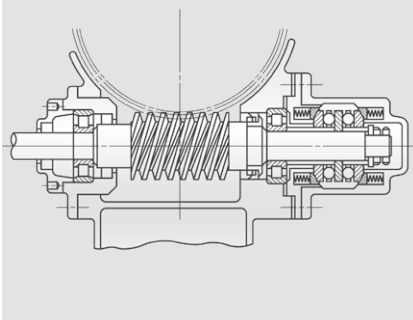
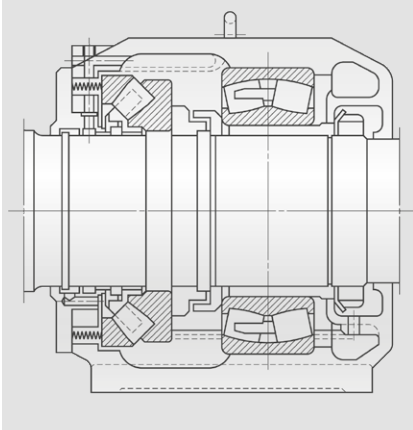


Рис. 19: Установка преднатяга упорных роликоподшипников (с помощью пружины)



Предварительный натяг упорных подшипников

Устанавливать упорные шарикоподшипники на горизонтальные валы надо очень осторожно, чтобы не позволить шарикам или кольцам выйти из заданного положения. Это особенно важно при установке на горизонтальные валы двойных упорных шарикоподшипников и двух одинарных упорных шарикоподшипников. Другими словами, если шарики на стороне, где не прилагается нагрузка, и сепараторы и/или кольца подшипников смещены книзу или от центра, а нагрузка прилагается на ряд подшипников, неизбежны повреждения или выход из строя по причине тепловыделения. Поэтому предварительный натяг в осевом направлении требуется в качестве предупредительной меры. Такое смещение шариков и сепараторов или колец подшипников ведет к неравномерной нагрузке на шарики, что служит причиной пробуксовки в направлении исходного положения, что в свою очередь ведет к тепловыделению и повреждениям.

Как и в случае радиальных подшипников, преднатяг может осуществляться посредством применения винта или регулировочной пластины, которые обеспечивают осевую регулировку, или с помощью пружины.

На рис. 17 и 18 показаны примеры данных способов регулировки. Однако если первый способ требует сложной регулировки и опыта, то последний способ с помощью пружины легче и может дать лучшие результаты. Данный способ установки предварительного натяга может быть применим не только к упорным шарикоподшипникам, но и к упорным роликоподшипникам, как показано на рис. 19.

Когда шарики в упорных шарикоподшипниках вращаются на сравнительно высоких скоростях, может происходить проскальзывание в силу гироскопического момента. Наибольшая из двух величин, полученных из уравнений 13 и 14 (см. ниже), должна быть принята за минимальную осевую нагрузку в целях предупреждения такого проскальзывания.

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{100} \cdot \left(\frac{n}{N_{\max}} \right)^2 \dots \dots \dots (13)$$

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

где

- $F_{a \min}$: Минимальная осевая нагрузка (Н)
- C_{oa} : Статическая грузоподъемность (Н)
- n : Скорость (об/мин)
- N_{\max} : Предельная скорость (смазка маслом) (об/мин)

При использовании сферических упорных роликоподшипников могут происходить такие повреждения, как задиры, вызванные проскальзыванием между роликами и дорожкой качения наружного кольца. Минимальная осевая нагрузка $F_{a \min}$, необходимая для предупреждения данного проскальзывания, может быть получена из следующего уравнения:

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

2. Установка

2.7 Общие меры предосторожности при монтаже

Для установки радиального подшипника на вал плотно прижмите подшипник к заплечикам вала и распорной втулке и зафиксируйте его, затянув гайку вала. Торцы заплечиков вала и втулки должны быть перпендикулярны центральной линии вала. Если компоненты будут не параллельны, то нарушится точность вращения и контакт тел качения, что может привести к избыточному тепловыделению и преждевременному выходу из строя. Те же самые меры предосторожности должны быть приняты для обеспечения правильного контакта между заплечиками корпуса и боковой поверхностью наружных колец. Так как высота заплечика вала и внешний диаметр проставочных колец или высота заплечика корпуса являются важными параметрами для демонтажа подшипников, то их стандартные размеры указаны в JIS (Японские промышленные стандарты) и в наших каталогах.

Наравне с высотой заплечиков, имеет значение и радиус кривизны галтели на концах валов и корпусов.

В **таблице 6** приведены значения высоты заплечиков и радиусы кривизны галтели. Сферические шайбы упорных шарикоподшипников, как правило, устанавливаются с зазором между шайбами и корпусом, за исключением основных шпинделей высокоточных станков. Для упорных шарикоподшипников с плоской опорной поверхностью особенно важно добиваться перпендикулярности между валами и заплечиками корпуса с такой же точностью, как это было описано ранее. При монтаже предельное внимание должно также уделяться эксцентриситету.

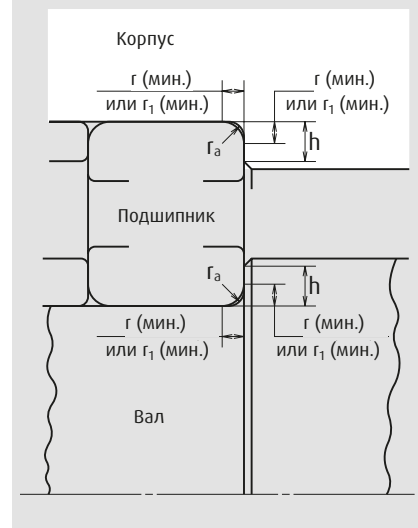
Несмотря на то, что для обеспечения общей точности функционирования станка могут требоваться подшипники с более высокой точностью, точность валов, корпусов и других комплектующих также должна быть на высоком уровне. Неточность комплектующих – одна из основных причин повреждений подшипников.

Более того, для обеспечения правильной установки важно хранить подшипники и комплектующие чистыми. Это значит, что они должны складироваться в чистых помещениях с невысокой влажностью. Во избежание появления коррозии и ржавчины, необходимо использовать промывочное масло.

Перед установкой проверьте каждую деталь. Проверьте герметичные участки, а также размеры, форму, внешний вид и точность валов и корпусов. Во время проверки избегайте попадания частиц пота с рук на поверхность деталей, а также мусора или посторонних частиц, имеющих на месте установки.

Итак, мы рассмотрели способы установки подшипников и измерения зазоров. В идеале следует тщательно планировать предстоящую процедуру установки и вести записи по каждой операции.

Рис. 20: Размеры фланца, радиусы кривизны галтели вала и корпуса, высота заплечиков



2. Установка

2.7 Общие меры предосторожности при монтаже

Таблица 6: Минимальная высота заплечиков и радиусы кривизны галтели вала и корпуса для метрических радиальных подшипников (в мм)

Номинальные размеры фаски г (мин.) или r_f (мин.)	Вал или корпус		
	Радиус галтели r_a (макс.)	Минимальная высота заплечика (мин.)	
		Радиальные шарикоподшипники ⁽¹⁾ , самоустанавливающиеся шарикоподшипники, цилиндрические роликоподшипники ⁽¹⁾ , игольчатые подшипники	Радиально-упорные шарикоподшипники, конические роликоподшипники ⁽²⁾ , сферические роликоподшипники
0,05	0,05	0,20	—
0,08	0,08	0,30	—
0,10	0,10	0,40	—
0,15	0,15	0,60	—
0,20	0,20	0,80	—
0,30	0,30	1,00	1,25
0,60	0,60	2,00	2,50
1,00	1,00	2,50	3,00
1,10	1,00	3,25	3,50
1,50	1,50	4,00	4,50
2,00	2,00	4,50	5,00
2,10	2,00	5,50	6,00
2,50	2,00	—	6,00
3,00	2,50	6,50	7,00
4,00	3,00	8,00	9,00
5,00	4,00	20,00	11,00
6,00	5,00	13,00	14,00
7,50	6,00	16,00	18,00
9,50	8,00	20,00	22,00
12,00	10,00	24,00	27,00
15,00	12,00	29,00	32,00
19,00	15,00	38,00	42,00

- Примечания:**
- (1) При применении высоких осевых нагрузок высота заплечика должна быть существенно больше приведенной в таблице.
 - (2) У подшипников с осевой нагрузкой высота заплечика должна быть существенно больше приведенной в таблице.
 - (3) Радиус галтели угла может также применяться и для упорных подшипников.
 - (4) В таблицах подшипников вместо высоты заплечика приводится диаметр заплечика.

2. Установка

2.8 Смазка

Таблица 7: Торговые марки консистентных смазок и сравнение их свойств

Марка	Загуститель	Базовое масло	Температура каплепадения (°C)	Консистенция	Диапазон рабочих температур (1) (°C)	Противозадирность	Максимальная рабочая скорость в соотношении с предельной скоростью (2) (%)	Кинематическая вязкость (мм ² /с)	
								40°	100°
ADREX	Литий	Минеральное масло	198	300	0-+110	Хорошая	70	197	15
APPOLOIL AUTOREX A	Литий	Минеральное масло	198	280	-10-+110	Средняя	60	185	15
Arpen RB 300	Литий/Кальций	Минеральное масло	177	294	-10-+ 80	Средняя	70	99	10
EA2 Grease	Мочевина	Полиальфаолефин	≥ 260	243	-40-+150	Средняя	100	47	7
EA3 Grease	Мочевина	Полиальфаолефин	≥ 260	230	-40-+150	Средняя	100	47	8
EA5 Grease	Мочевина	Полиальфаолефин	≥ 260	251	-40-+160	Хорошая	60	239	26
EA7 Grease	Мочевина	Полиальфаолефин	≥ 260	243	-40-+160	Средняя	100	46	7
ENC Grease	Мочевина	Полиолэфир + Минеральное масло	≥ 260	262	-40-+160	Средняя	70	51	7
ENS Grease	Мочевина	Полиолэфир	≥ 260	264	-40-+160	Средняя	100	33	5
ECZ	Литий + сажа	Полиальфаолефин	≥ 260	243	-10-+120	Средняя	100	30	5
ISOFLEX NBU 15	Бариевый комплекс	Синтетическое сложноефирное масло + Минеральное масло	≥ 260	280	-30-+120	Слабая	100	20	4
ISOFLEX SUPER LDS 18	Литий	Синтетическое сложноефирное масло	195	280	-50-+110	Слабая	100	15	3
ISOFLEX TOPAS NB52	Бариевый комплекс	Полиальфаолефин	≥ 260	280	-40-+130	Слабая	90	30	5
Aero Shell Grease 7	Микрогель	Синтетическое сложноефирное масло	≥ 260	288	-55-+100	Слабая	100	10	3
SH 33 L Grease	Литий	Силиконовое масло	210	310	-60-+120	Слабая	60	75	25
SH 44 M Grease	Литий	Силиконовое масло	210	260	-30-+130	Слабая	60	80	20
NS HI-LUBE	Литий	Полиолэфир + Дизфирное масло	192	250	-40-+130	Средняя	100	26	5
NSA	Литий	Полиальфаолефин + Сложноефирное синтетическое масло	201	311	-40-+130	Средняя	70	115	15
NSC Grease	Литий	Алкилированный дифениловый эфир + полиолэфир	192	235	-30-+140	Средняя	70	53	8
NSK Clean Grease LG2	Литий	Полиальфаолефин + Минеральное масло	201	199	-40-+130	Слабая	100	32	5
EMALUBE 8030	Мочевина	Минеральное масло	≥ 260	280	0-+130	Хорошая	60	415	31
MA8 Grease	Мочевина	Алкилированный дифениловый эфир + полиальфаолефин	≥ 260	283	-30-+160	Средняя	70	76	11
KRYTOX GPL-524	ПТФЭ	Перфторированное полиэфирное масло	≥ 260	265	0-+200	Средняя	70	90	10
KP1	ПТФЭ	Перфторированное полиэфирное масло	≥ 260	280	-30-+200	Средняя	60	420	36
Cosmo Wide Grease WR No.3	Терефталат натрия	Полиолэфир + Минеральное масло	≥ 230	227	-40-+130	Слабая	100	29	
G-40M	Литий	Силиконовое масло	223	252	-30-+130	Слабая	60	220	42
Shell Alvania EP Grease 2	Литий	Минеральное масло	187	276	0-+ 80	Хорошая	60	220	15
Shell Alvania Grease S1	Литий	Минеральное масло	182	323	-10-+110	Средняя	70	130	12
Shell Alvania Grease S2	Литий	Минеральное масло	185	275	-10-+110	Средняя	70	130	12
Shell Alvania Grease S3	Литий	Минеральное масло	185	242	-10-+110	Средняя	70	130	12
Shell Cassida Grease RLS 2	Алюминиевый комплекс	Полиолэфир	≥ 260	280	0-+120	Средняя	70	150	18
SHELL SUNLIGHT Grease 2	Литий	Минеральное масло	200	274	-10-+110	Средняя	70	182	15
WPH Grease	Мочевина	Полиальфаолефин	259	240	-40-+150	Средняя	70	95	14
DEMNUM Grease L-200	ПТФЭ	Перфторированное полиэфирное масло	≥ 260	280	-30-+200	Средняя	60	200	35
NIGACE WR-S	Мочевина	Смешанное масло	≥ 260	230	-30-+150	Слабая	70	56	11
NIGLUB RSH	Натриевый комплекс	Полиалкиленгликоль	≥ 260	270	-20-+120	Средняя	60	340	51
PYRONOC UNIVERSAL N6B	Мочевина	Минеральное масло	238	290	0-+130	Средняя	70	108	
PALMAX RBG	Литиевый комплекс	Минеральное масло	216	300	-10-+130	Хорошая	70	177	17
Beacon 325	Литий	Синтетическое сложноефирное масло	190	274	-50-+100	Слабая	100	11	3
MULTEMP PS No.2	Литий	Минеральное масло + Синтетическое сложноефирное масло	190	275	-50-+110	Слабая	100	15	4
MOLYKOTE FS-3451 Grease	ПТФЭ	Перфторированное силиконовое масло	≥ 260	285	0-+180	Средняя	70	580	74
UME Grease	Мочевина	Минеральное масло	≥ 260	268	-10-+130	Средняя	70	75	9
UMM Grease 2	Мочевина	Минеральное масло	≥ 260	267	-10-+130	Средняя	70	74	9
RAREMAX AF-1	Мочевина	Минеральное масло	≥ 260	300	-10-+130	Средняя	70	74	9

Примечание: (1) Если смазка будет использоваться при предельных температурах или особых условиях эксплуатации, например в вакууме, рекомендуется проконсультироваться со специалистами NSK.

(2) При кратковременной работе или надлежащем охлаждении смазка может применяться при скоростях, превышающих значения, указанные в таблице.

2. Установка

2.8 Смазка

Способы смазывания подшипников качения разделяются на смазку маслом и смазку консистентными веществами. Предпочтительным способом смазки подшипников качения является смазка консистентными веществами, так как такой способ обеспечивает более простую структуру для уплотнений подшипников и удобен в применении. Данный способ в последнее время приобрел более широкое применение благодаря усовершенствованиям и улучшению самой смазки. Тем не менее, особое внимание необходимо обратить на скорости вращения, рабочие температуры, количество смазки, срок годности и т.д.

Смазка консистентными веществами становится более сложной по мере возрастания скорости вращения подшипников. Верхний предел скорости вращения варьируется в зависимости от типа подшипника, его размеров, способов смазки и условий обслуживания. В таблице размеров каталога по подшипникам качения компании NSK приводятся предельные скорости при нормальных рабочих условиях.

Рабочая температура смазки варьируется в зависимости от вида используемого смазочного вещества. В **таблице 7** приведены рекомендуемые диапазоны температур. Когда смазка используется за пределами указанного диапазона, необходимо следить за пополнением смазки.

Внутри подшипника должно быть помещено достаточное количество смазки, покрывая направляющую поверхность сепаратора. Допустимое для заполнения смазкой пространство внутри корпуса, исключая подшипник и вал, зависит от скорости следующим образом:

- › **От 1/2 до 2/3 пространства**
(менее 50% предельной скорости)
- › **От 1/3 до 1/2 пространства**
(более 50% предельной скорости)

Так как качество и свойства смазок изменяются по мере использования, их нужно заменять после определенного периода времени. Пределы эксплуатационной пригодности определить для всех случаев нелегко, так как изменения качества и свойств смазки происходят в процессе работы и под воздействием внешних условий. Операторам тоже может быть нелегко определить время замены смазки, исходя из внешнего вида подшипника. При использовании смазки в нормальных рабочих условиях смотрите **рис. 22** и **23** на странице 29, в которых приведены интервалы замены смазки.

Смазка маслом широко применима. Масло демонстрирует замечательную текучесть и способность рассеяния тепла и подходит для циркуляционного смазывания и смазки под давлением, из которой легко удаляются соринки и абразивные частицы. Масло также оказывает положительное воздействие на вибрационные и акустические качества, и поэтому является оптимальным выбором в качестве смазочного материала.

Однако смазка маслом усложняет систему смазывания и требует внимательного обслуживания. Более того, уплотнения подшипника должны тщательно осматриваться во избежание протекания масла.

При выборе масла следует учитывать его вязкость при рабочей температуре применяемого подшипника. Как правило, лучше выбирать масло, имеющее следующую вязкость при соответствующих рабочих температурах для применяемых видов подшипников или вязкость выше указанного уровня:

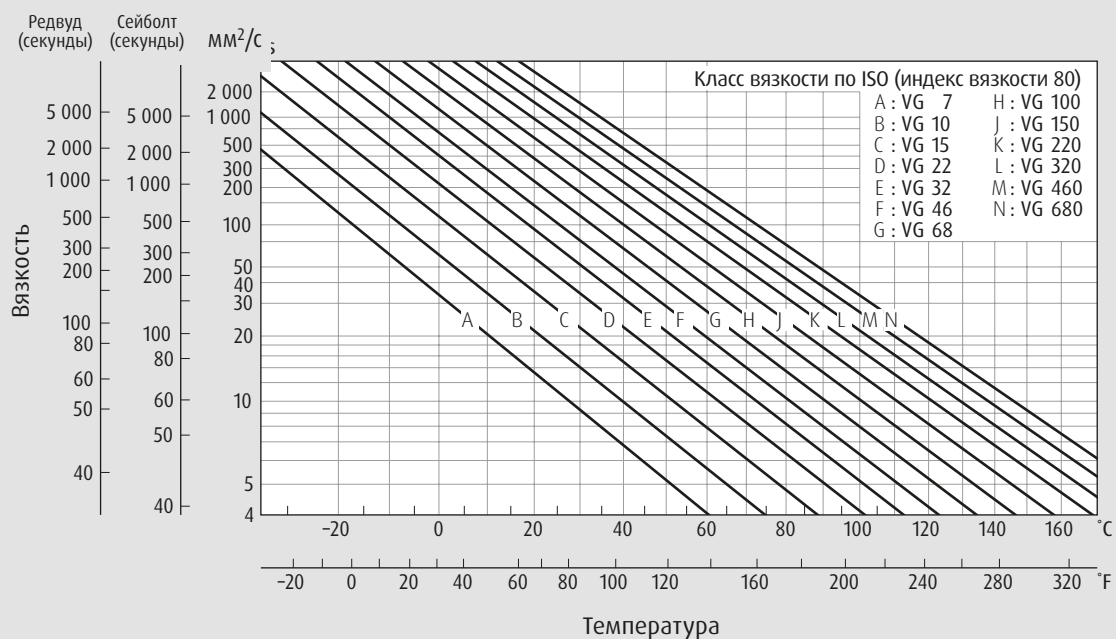
Шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники:
13 мм²/с или выше

Сферические и конические роликоподшипники:
20 мм²/с или выше

Сферические упорные роликоподшипники:
32 мм²/с или выше

На **рис. 21** показано общее соотношение вязкости масла и температуры, хотя возможны некоторые отклонения от этих цифр. Способы смазки включают в себя смазку в масляных ваннах, смазывание разбрызгиванием, циркуляционную смазку под давлением и смазку масляным туманом. Выбор соответствующего способа смазки зависит от конструкции подшипникового узла и рабочих условий. Наиболее характерные предельные скорости подшипников, для которых используется смазка в масляных ваннах, также приведены в таблице размеров в основном каталоге.

Рис. 21: График соотношения температуры и вязкости



2. Установка

2.9 Пробная эксплуатация

Пробную эксплуатацию подшипника следует осуществлять после завершения монтажа. Показатели, которые должны проверяться во время испытаний, включают в себя наличие аномального шума и чрезмерный рост температуры. Естественно, что вращение подшипника во время испытаний должно быть плавным.

Если во время испытаний обнаруживаются какие-либо недочеты, дефекты, то необходимо немедленно остановить испытание, разобрать подшипник и провести проверку в зависимости от обнаруженной неисправности.

На высокоскоростных станках начинайте проводить испытания на пониженных скоростях, постепенно увеличивая скорость. И хотя температуру подшипника можно в целом определить по температуре наружной поверхности корпуса, лучше напрямую измерять температуру наружного кольца, используя для доступа отверстия для масла. Изменения температуры можно также определить по температуре смазочного материала. Так как в целом температура подшипника постепенно растет и достигает через некоторое время температуры насыщения, то посредством мониторинга температуры можно подтвердить, была ли правильно проведена установка.

В случае возникновения проблем с подшипником или его установкой, или с тем и другим, температура подшипника не выравнивается, а возрастает до аномального уровня. Температура насыщения подшипника варьируется в зависимости от теплоемкости, теплоотдачи, количества вращений и нагрузки самого станка. Как правило, рост температуры варьируется от 20°C до 30°C.

Возможные причины постоянного роста температуры до аномальных пределов:

- › Чрезмерная подача консистентной смазки или масла
- › Непредусмотренная нагрузка на подшипник
- › Чрезмерное трение уплотнений подшипника
- › Неправильный контакт подшипника ввиду несоответствия вала, корпуса или заплочиков
- › Недостаточный зазор подшипника
- › Завышенная скорость по отношению к типу подшипника и способу смазки
- › Дефекты подшипника и др.

Более того, имеют место случаи неправильной установки, неточного изготовления или неверного выбора подшипника. Звук подшипника можно проверить с помощью шумомера или другого акустического прибора, приложив его к корпусу. Ненормальные звуки, такие как громкие звуки металла, странные необычные шумы, могут быть вызваны недостаточной смазкой, неподходящим выбором вала или корпуса, попаданием инородных частиц или загрязнений в подшипник или наличием дефекта подшипника.

Возможные причины поломок различных типов подшипников и соответствующие меры устранения приведены в **таблице 8**. Результаты проведения испытаний необходимо фиксировать в письменном виде после завершения установки. В будущем эти записи могут быть использованы в качестве помощи при устранении неисправностей.

Таблица 8. Причины отклонений в работе подшипников и способы их устранения

Отклонения		Возможные причины	Способы устранения
Шум	Громкий металлический звук ⁽¹⁾	Несоответствующая нагрузка	Отрегулировать посадку, внутренний зазор, предварительный натяг, положение корпуса
		Неправильная установка	Откорректировать точность станка и соосность вала и корпуса, точность метода монтажа
		Недостаточное количество смазки или несоответствующая смазка	Пополнить смазку или подобрать другую смазку
		Соприкосновение вращающихся деталей	Изменить лабиринтное уплотнение и т.д.
	Постоянный громкий звук	Трещины, коррозия, царапины на дорожке качения	Заменить или промыть подшипник, исправить состояние уплотнений, использовать чистую смазку
		Бринеллирование	Заменить подшипник и обращаться с подшипниками аккуратно
		Отслаивание на дорожке качения	Заменить подшипник
	Прерывистый звук	Слишком большой зазор	Отрегулировать посадку, внутренний зазор, предварительный натяг
		Попадание инородных частиц	Заменить или промыть подшипник, исправить состояние уплотнений, использовать чистую смазку
Трещины или отслаивание на шариках		Заменить подшипник	
Аномальное повышение температуры	Избыточное количество смазки	Уменьшить количество смазки или подобрать более густую смазку	
	Недостаточное количество смазки или несоответствующая смазка	Пополнить смазку или заменить на смазку более высокого качества	
	Несоответствующая нагрузка	Отрегулировать посадку, внутренний зазор, предварительный натяг, положение заплечика корпуса	
	Неправильная установка	Откорректировать точность станка и соосность вала и корпуса, точность метода монтажа	
	Проскальзывание в области посадочных поверхностей, сильное трение уплотнений	Исправить состояние уплотнения, заменить подшипник, откорректировать посадку и монтаж	
Вибрация (осевое биение)	Бринеллирование	Заменить подшипник и обращаться с подшипниками аккуратно	
	Отслаивание	Заменить подшипник	
	Неправильная установка	Обеспечить перпендикулярность вала по отношению к заплечикам корпуса или торцу проставки	
	Попадание инородных частиц	Заменить или почистить подшипник, исправить состояние уплотнение	
Утечка или изменение цвета смазки	Чрезмерное количество смазочного материала. Проникновение инородных веществ или частиц износа	Уменьшить количество смазки или подобрать более густую смазку. Заменить подшипник или смазку. Почистить корпус и сопряженные детали	

Комментарий: (1) При работе средне- и крупногабаритных цилиндрических роликоподшипников и шарикоподшипников, смазываемых пластичной смазкой, при низкой температуре может появиться скрип. При таких условиях температура подшипника не будет повышаться и влиять на долговечность или свойства смазки. Несмотря на появление скрипа в подшипнике, в таких условиях работы подшипник можно использовать и дальше.

3. Техническое обслуживание и проверка подшипников

3.1 Процедуры технического обслуживания и проверки подшипников

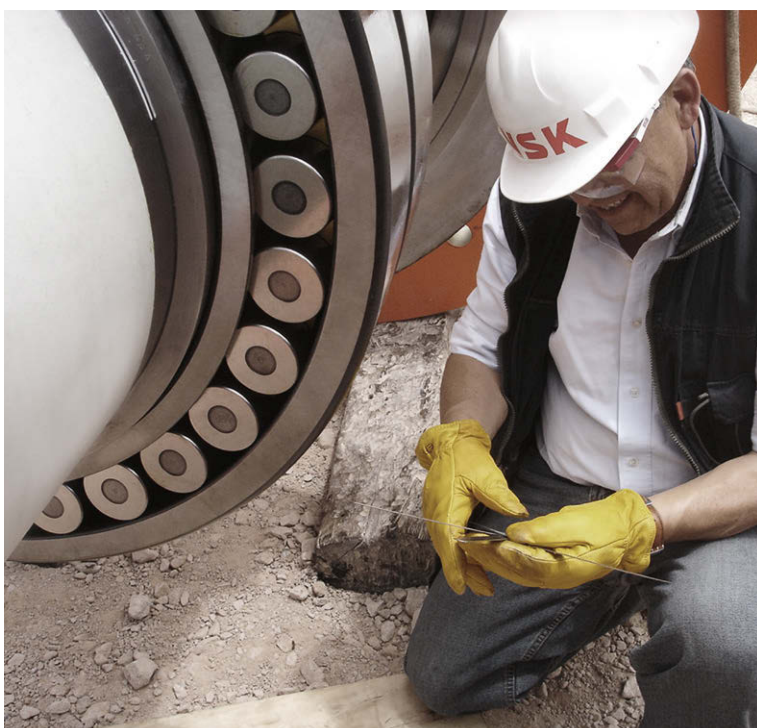
Техническое обслуживание и проверку подшипников необходимо проводить регулярно для обеспечения их непрерывной работы в течение всего срока службы, а также для того, чтобы проблемы можно было определить и разрешить до возникновения будущих (и потенциально нарастающих) проблем и неполадок.

Контроль подшипников во время эксплуатации включает периодическую проверку уровня шума, температуры и вибрации подшипника. Даже небольшое отслаивание подшипника создаст аномальный или прерывистый шум, который опытный работник с помощью локатора легко отличит от нормального шума.

Несмотря на то, что температуру можно примерно определить, просто прикоснувшись к поверхности корпуса, все же рекомендуется вставить термометр в отверстие для смазки или в подобное отверстие для непосредственного измерения температуры.

Подшипники для движущихся устройств, у которых невозможно проводить мониторинг шума или температуры во время функционирования, например, роликовые подшипники для транспортных средств, необходимо периодически проверять и смазывать свежей смазкой. Проверка состояния смазки во время работы также является полезным способом определения технического состояния подшипника. Техническое состояние может быть определено по количеству загрязнений и мелких частиц металла, содержащихся в смазке, а также по любому признаку утечки или ухудшения качества смазки.

При выявлении неисправностей или поломок подшипника в результате таких проверок подшипник необходимо разобрать для дальнейшего тщательного обследования и определения причин возникновения неполадок.



3. Техническое обслуживание и проверка подшипников

3.2 Способы смазывания

3.2.1 Смазывание консистентной смазкой

Смазка необходима для подшипников, при этом обычно ее требуется лишь небольшое количество без частого пополнения. Периодичность пополнения смазки зависит от типа подшипника, размеров, числа оборотов и других рабочих условий.

Эти факторы можно часто определить эмпирически. На **рис. 22** и **23** указаны временные интервалы пополнения смазки при использовании высококачественной консистентной смазки на основе литиевого мыла и минерального масла при температуре подшипника 70°C и нормальной нагрузке ($P/C=0,1$). Если температура подшипника превышает 70°C, временной интервал пополнения должен быть сокращен наполовину на каждые 15°C повышения температуры подшипника. Также интервал пополнения смазки зависит от величины нагрузки подшипника и вычисляется путем умножения на коэффициент нагрузки, указанный в **таблице 9**.

Рис. 22: Интервалы между пополнениями смазки в радиальных шарикоподшипниках и цилиндрических роликоподшипниках

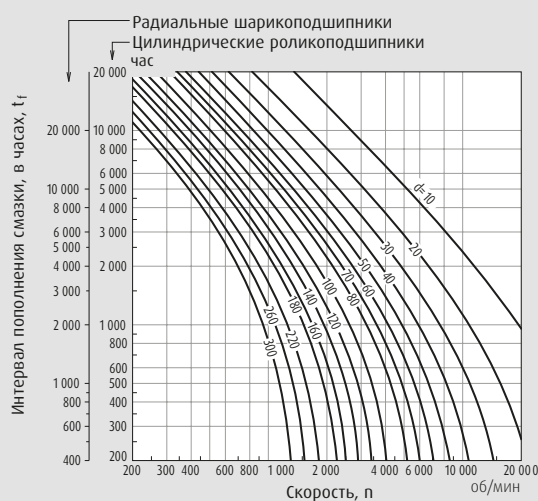


Рис. 23: Интервалы между пополнениями смазки в конических и сферических роликоподшипниках

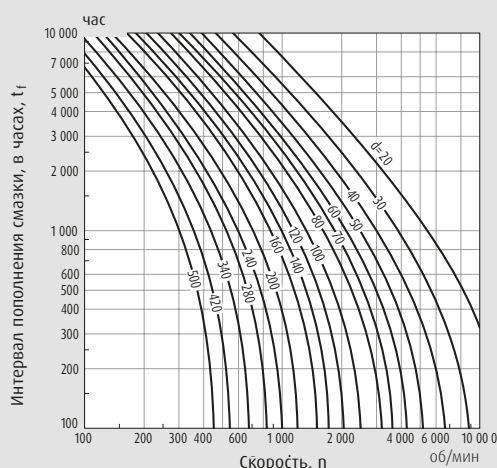


Таблица 9. Коэффициент нагрузки

P/C	≤ 0,06	0,1	0,13	0,16
Коэффициент нагрузки	1,5	1	0,65	0,45

3. Техническое обслуживание и проверка подшипников

3.2 Способы смазывания

В случае использования шариковых подшипников временной интервал можно увеличить в зависимости от вида используемой смазки. (Например, при применении высококачественной синтетической смазки на основе литиевого мыла временной интервал пополнения смазки, показанный на **рис. 22 и 23**, можно увеличить в два раза.)

Попадание воды или инородных веществ может привести к образованию эмульсии и разрушению смазки, что отражается на ее эксплуатационных характеристиках. Следовательно, если подшипник используется в жестких условиях, временной интервал пополнения (**рис. 22 и 23**) необходимо уменьшить с половины до одной десятой.

Корпус следует конструировать, принимая во внимание необходимость пополнения или замены смазки. Например, корпус, используемый в станках, требующих периодическую замену смазки, должен легко разбираться; а если смазка будет часто пополняться в ситуациях, когда избежать попадания воды через уплотнение невозможно, то корпус должен быть сделан так, чтобы старую смазку можно было легко удалить. Несмотря на то, что корпус может заполняться смазкой при работе подшипника на очень низкой скорости, все же следует избегать полного заполнения смазкой в условиях эксплуатации при высоких скоростях. Если корпус можно регулярно разбирать, то лучше не просверливать отверстие для пополнения смазки. Фактически смазка достигнет только периферии отверстия подачи, не доходя до подшипника, что может негативно повлиять на рабочие характеристики.

Однако подшипники больших размеров или подшипники, используемые на высокоскоростных операциях, требуют частой тщательной смазки. В данном случае следует просверливать отверстие для подачи смазки, так как разбирать корпус при каждой процедуре смазки будет сложно. Здесь рекомендуется разделить пространство корпуса на стороне отверстия подачи на несколько секторов (**рис. 24**) для того, чтобы вводить новую смазку в подшипник, не заполняя корпус. В корпусе необходимо предусмотреть широкое пространство на противоположной стороне от отверстия подачи для того, чтобы собирать старую смазку, которую периодически нужно удалять при открывании крышки.

Подшипники, используемые для высокоскоростных операций, могут смазываться более простым способом с помощью смазочного клапана. Этот способ подходит для подшипников, используемых для длительной непрерывной работы, например, в электромоторах и турбинных насосах. Смазочный клапан предназначен для исключения пополнения смазки.

На **рис. 25** показано расположение смазочных секторов и смазочного клапана в корпусе. На **рис. 26** показан корпус опорного подшипника, снабженного смазочным клапаном и разделенного тонкой железной пластиной b на смазочные сектора.

Рис. 24: Сектора смазки



Рис. 25: Смазочный клапан



Рис. 26: Смазочный клапан (опорный подшипник)



3.2.2 Смазывание маслом

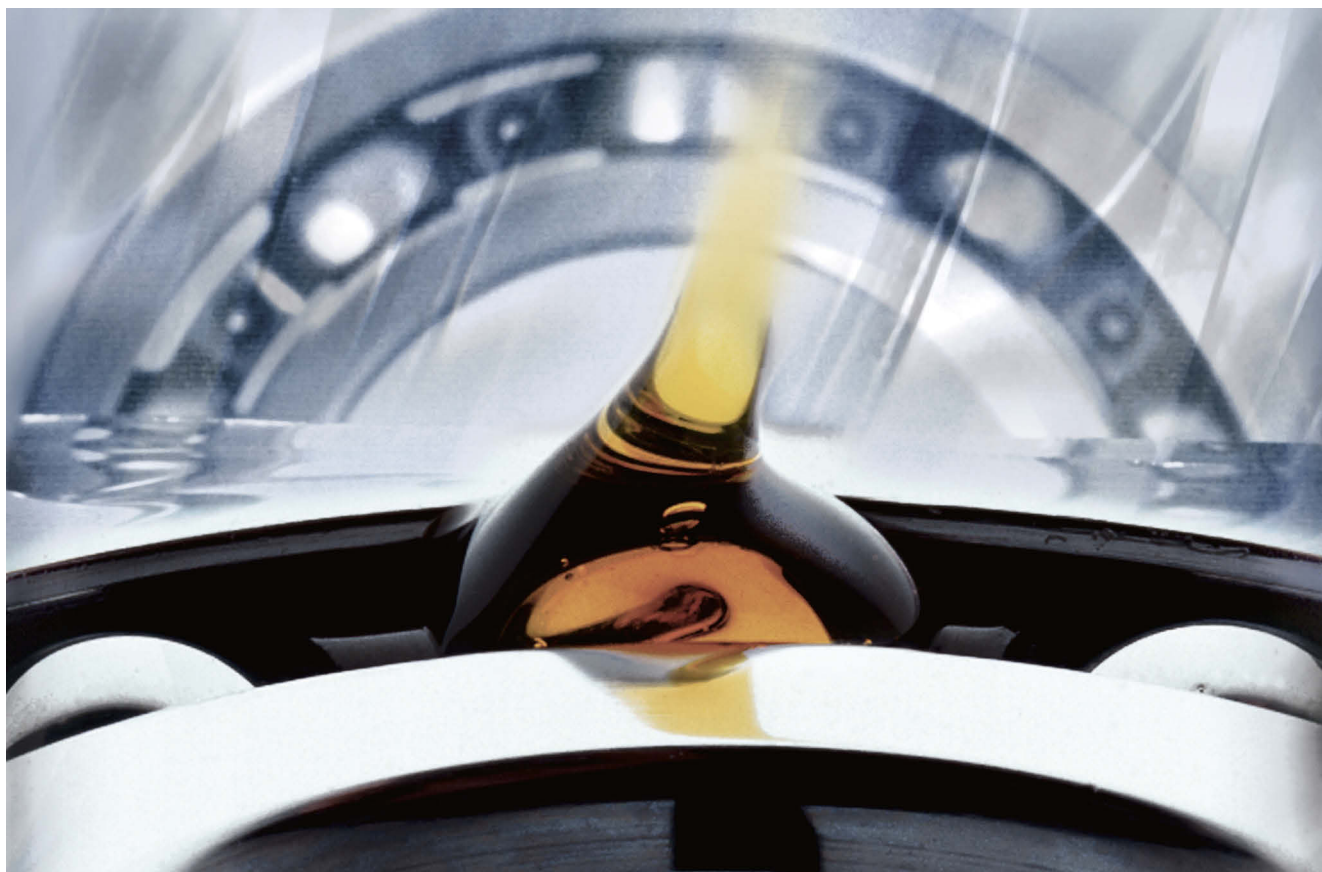
Показания индикатора уровня масла, который поставляется вместе с корпусом смазочной ванны, следует снимать тогда, когда подшипник не используется, с тем чтобы точно определить уровень масла и уменьшить вероятность возникновения неполадки.

В общем, если количество масла меньше необходимого, требуется пополнить его. Однако если уплотнительное устройство функционирует правильно без утечки, то существует меньшая потребность в пополнении смазки. Необходимость пополнения смазки зависит от рабочих условий. При использовании подшипника при температуре 50°C или ниже в благоприятной среде с небольшим количеством загрязнения достаточно менять масло раз в год.

Если подшипник применяется при рабочей температуре свыше 100°C с внешним источником нагрева, масло следует менять каждые два-три месяца или еще чаще, даже если используется термоустойчивое масло.

В случае капельной смазки количество капель должно регулироваться в соответствии с определенными условиями; тем не менее нескольких капель в минуту должно быть достаточно для нормальных условий.

В случае высокоскоростной работы, когда подшипник смазывается впрыскиванием масла, количество смазки регулируется давлением масла и диаметром отверстия сопла. Важно, чтобы подаваемое масло не скапливалось в области подшипника.



3. Техническое обслуживание и проверка подшипников

3.3 Повреждения подшипников

Во избежание повторной поломки важно внимательно обследовать подшипник, преждевременно вышедший из строя, и проверить условия смазывания и монтажа для того, чтобы определить причины, вызвавшие поломку. Вероятные причины включают в себя неправильную установку, обращение и смазку, несовершенную структуру уплотнений и недостаточное внимание к тепловому эффекту. Например, задиры на бортике, один из примеров выхода из строя подшипника, могут появиться из-за недостатка масла, неисправности системы смазки, использования неподходящего смазывающего вещества, попадания воды или инородного вещества, перекоса между внутренним и наружным кольцами из-за неправильного метода монтажа, чрезмерного отклонения вала или любой комбинации этих причин.

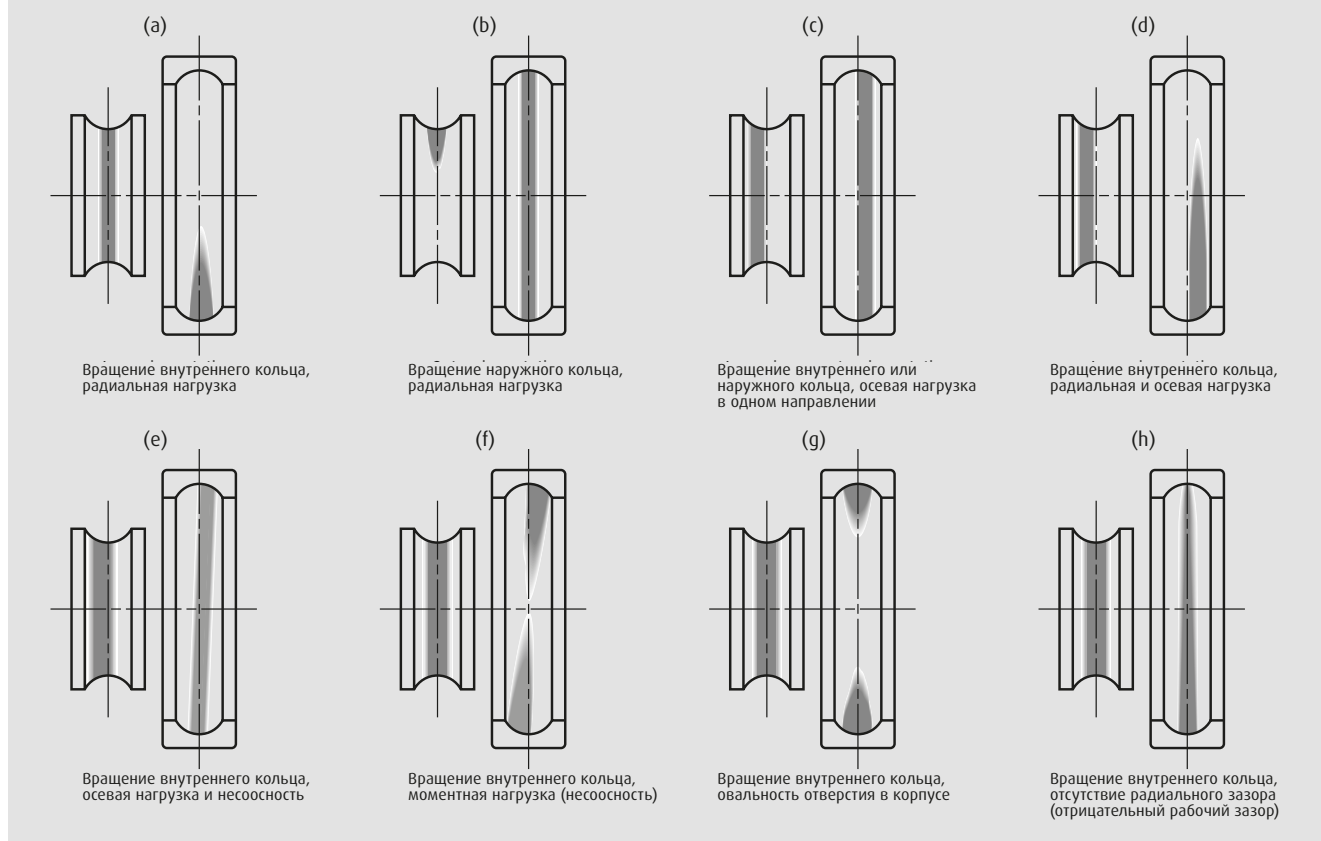
Таким образом, очень сложно выявить реальную причину, только проведя обследование вышедшего из строя подшипника. В то время как отслеживание условий до и после поломки, проверка станка и области, в которой применяется подшипник, а также проверка условий эксплуатации и предыстории применения дает возможность определить некоторые возможные причины. Это поможет предупредить повторение поломки. Наиболее быстрый способ определения причины – доскональный учет всех аспектов разрушенного подшипника, включая контактную коррозию или трещины на поверхности внутреннего и наружного диаметра, а также состояние внутренней части подшипника, например, состояние дорожки качения и области скольжения, включая бортик.

В то же время часто бывает полезно изучать подшипники, не поврежденные в подобных условиях эксплуатации. Важно проводить полное обследование оборудования, на котором используется подшипник. Далее описываются типичные виды неисправностей подшипников.





Рис. 27: Типичные следы вращения на радиальных шарикоподшипниках



Следы вращения и приложенные нагрузки

В процессе вращения подшипника дорожки качения внутреннего кольца и наружного кольца соприкасаются с телами качения. В результате появляются следы износа как на телах качения, так и на дорожках качения. Это нормально, что следы вращения остаются на дорожке качения, а степень и форма следов вращения дают полезную информацию об условиях нагрузки. При внимательном изучении следов вращения можно определить, несет ли подшипник радиальную нагрузку, большую осевую нагрузку или моментную нагрузку, или есть ли предельные изменения жесткости корпуса. Также можно определить непредвиденную нагрузку, примененную к подшипнику, или погрешности при сборке, обеспечивая тем самым информацию для выяснения причин выхода из строя.

Характерные следы вращения на радиальных шарикоподшипниках показаны на **рис. 27**. На **рис. 27** (a) – (d) показаны характерные следы вращения при радиальной и осевой нагрузках. Следы вращения варьируются в зависимости от того, оказывается ли нагрузка на внутреннее или наружное кольцо, и в зависимости от условий нагрузки. **Рис. 27** (e) показывает следы вращения при отклонении вала из-за несоосности; (f) показывает след вращения при моментной нагрузке; (g) показывает след вращения в корпусе, который имеет форму эллипса и низкую точность внутреннего диаметра; (h) показывает след вращения в подшипнике с недостаточным внутренним зазором. Следы вращения (e) – (h) часто служат признаком неисправной работы подшипника, в связи с чем за ними нужно внимательно наблюдать.

3. Техническое обслуживание и проверка подшипников

3.3 Повреждения подшипников



Рис. 28. Отслаивание



Рис. 29. Отслаивание

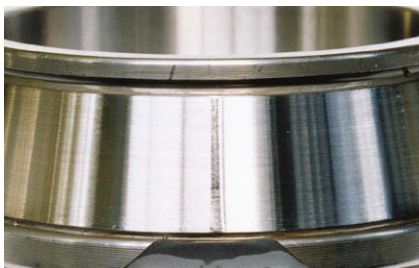


Рис. 30. Скол



Рис. 31. Трещина

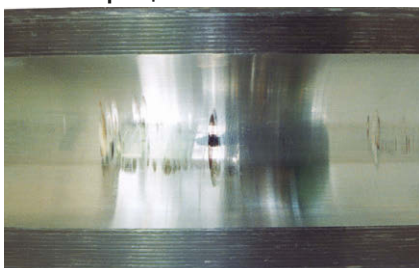


Рис. 32. Микровмятины

Отслаивание

Несмотря на то, что отслаивание в подшипнике сначала проявляется в чрезвычайно малой степени, оно значительно развивается за сравнительно короткий промежуток времени (**рис. 28**). Нелегко определить, появилось ли отслаивание в процессе обычной эксплуатации по истечении срока службы, или же это результат приложения неправильной нагрузки. К тому же в отличие от других неисправностей, отслаивание часто появляется в результате сложного взаимодействия факторов: смазки, нагрузки и вибрации, и, таким образом, сложно все свести к одной причине. Тем не менее, так как вероятность преждевременных трещин при правильном смазывании и нагрузках предельно мала, то следует рассматривать смазывание и величину нагрузки как возможные источники неисправностей.

На **рис. 29** показана ранняя стадия отслаивания, которое происходит только на одной стороне сферического роликоподшипника в результате чрезмерной осевой нагрузки. В дополнение к неправильной нагрузке причинами отслаивания на ранней стадии являются перекос при монтаже, неправильный выбор зазора подшипника и низкая точность корпуса.

Сколы и трещины

На **рис. 30** показан скол на опорном бортике внутреннего кольца конического подшипника. Это происходит, когда к подшипнику применяется неправильная осевая нагрузка или ударная нагрузка, или когда избыточное усилие передается на бортик во время установки или демонтажа подшипника.

Трещины появляются в результате применения тяжелой ударной нагрузки (**рис. 31**) и чрезмерного натяга. Когда подшипник опирается только на края наружного кольца, он может треснуть вдоль осевой плоскости.

А там, где есть проскальзывание между внутренним кольцом и валом или корпусом, трещины появляются под прямым углом к направлению проскальзывания. Данный феномен наблюдается в тех случаях, когда наружное кольцо слабо посажено на валу, и происходит пробуксовка.

Микровмятины

Микровмятины на дорожках качения (вмятины Бринелля) могут появиться в результате небрежного обращения с подшипником, попадания посторонних частиц или тяжелой ударной нагрузки, примененной к подшипнику в состоянии покоя. Также микровмятины могут появляться в результате сильного истирания в зоне контакта тел качения и дорожек качения, вызванного вибрациями и колебательными движениями. Этот феномен, известный как ложное бринеллирование, часто наблюдается особенно в тех случаях, когда подшипник транспортируется будучи установленным в оборудование (**рис. 32**).

Образование задиров

В роликоподшипниках задиры появляются на поверхности бортика или на торцах роликов в результате череды небольших заеданий, вызванных недостаточным смазыванием или попаданием инородных частиц (рис. 33, 34). Следовательно, повреждение возникает на поверхности бортика и торцах роликов до того, как оно появляется на поверхности качения.

Износ

Факторы, влияющие на износ, включают в себя попадание соринки, недостаточное смазывание и использование неправильного смазывающего вещества (рис. 35), а также попадание воды вызывает коррозионный износ поверхности скольжения или поверхности качения.

Также абразивный износ посадочной поверхности вала может быть вызван проскальзыванием по причине неправильной посадки.

Ржавчина

Ржавчина внутри подшипника вызывается попаданием жидкости или использованием неправильного смазывающего вещества. На рис. 36 показан пример ржавчины, вызванной недостаточным смазыванием из-за попадания жидкости. Красно-коричневый или черный налет может появиться на посадочной поверхности вала между валом/корпусом и внутренним/наружным кольцом.

Окисление посадочной поверхности происходит в результате небольшого проскальзывания между валом/корпусом и внутренним/наружным кольцом, которое возникает из-за недостаточного контакта между ними, и часто наблюдается в сферах, где применяются вибрация и тяжелые нагрузки. Данный феномен, известный как фреттинг-коррозия, на первый взгляд похож на ржавчину.




Рис. 33. Задиры на бортике сферического роликоподшипника




Рис. 34. Задиры на торцевой поверхности роликов



Рис. 35. Износ



Рис. 36. Ржавчина

3. Техническое обслуживание и проверка подшипников

3.3 Повреждения подшипников



Рис. 37. Электрическая коррозия

Электрическая коррозия

Когда электрический ток во время эксплуатации проходит через подшипник, область контакта между внутренним/наружным кольцом и шариком/роликом расплавляется из-за дугового разряда, проходящего через очень тонкую масляную пленку, и формируется рифление. Такое явление может появиться в виде рябизны или полосатой неровной поверхности (**рис. 37**).

Значительная степень электрической коррозии вызывает отслаивание или нарушается жесткость поверхности дорожки качения, в результате чего происходит ускоренное абразивное истирание.



Рис. 38. Истирание

Истирание

Истирание представляет собой повреждение поверхности, которое происходит между поверхностью дорожки качения и поверхностью качения, вызванное во время работы небольшими заеданиями, возникающими в результате проскальзывания и разрыва масляной пленки. Поверхность поврежденной зоны становится грубой в результате накопления мгновенных схватываний, как показано на **рис. 38**. Для исключения такой проблемы требуются более качественная смазка и улучшение метода смазки.



Рис. 39. Проскальзывание

Проскальзывание

Проскальзывание – это явление, при котором происходит относительное перемещение сопряженных поверхностей относительно друг друга, тем самым создавая между ними зазор. В результате на поверхности появляются блестящие участки иногда со следами износа и задирами.

На **рис. 39** приведен пример данной проблемы. Для предупреждения проскальзывания необходимо проверять натяг пригоняемой поверхности и выполнять поперечную затяжку наружного кольца. Смазывание между подшипником и валом/корпусом эффективно предотвращает появление задиров и износа.

4. Демонтаж

Подшипники демонтируют для периодического осмотра или замены. Если снятый подшипник будет использоваться вновь, или его снимают только для осмотра, то разборку нужно производить так же аккуратно, как и установку, чтобы не нанести повреждения подшипнику или отдельным деталям. Так как плотно установленные подшипники особенно трудно снимать, то должное внимание на стадии проектирования нужно уделять узлу, в котором будет использоваться подшипник, чтобы подшипник можно было легко снять. Также важно проектировать и изготавливать необходимые инструменты для операций разборки/демонтажа.

К демонтажу подшипников необходимо тщательно подготовиться, изучив способы демонтажа, последовательность действий и условия посадки подшипника, как это показано на чертежах. При проведении исследования причин неисправности подшипника также необходимо соблюдать меры предосторожности, как описывалось выше, чтобы сохранить состояние подшипника до демонтажа. При разборке подшипника старайтесь не поцарапать его и не стереть смазку или не удалить пыль, грязь или частицы металла, так как эти действия могут помешать в определении причины неисправности.

И если свободно установленный подшипник можно снять с легкостью, при разборке плотно установленного подшипника необходимо соблюдать предельную осторожность.



4. Демонтаж

4.1 Демонтаж наружных колец

На **рис. 40** показан простой и эффективный способ разборки подшипника с плотно посаженным наружным кольцом. При этом способе демонтажные болты сначала помещаются в выжимные отверстия в трех местах корпуса, которые обычно закрыты заглушками.

Способ, показанный на **рис. 41**, рекомендуется для корпусов с задними и передними крышками, посаженными на стяжные болты. Дорожки качения внутренних/наружных колец должны быть защищены от вмятин или царапин при извлечении подшипника с помощью специальной гайки, которая одновременно поддерживает внутреннее и наружное кольцо подшипника.

В зависимости от обстоятельств подшипник может быть демонтирован посредством нагрева корпуса; при этом нагрев должен производиться равномерно по всей окружности, иначе корпус может деформироваться или треснуть. Также имейте в виду, что если корпус нагревается слишком долго, то подшипник может расшириться, и его будет трудно извлечь.

Рис. 40: Демонтаж наружного кольца

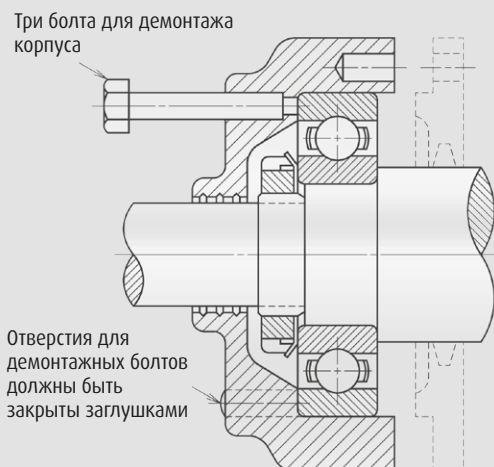
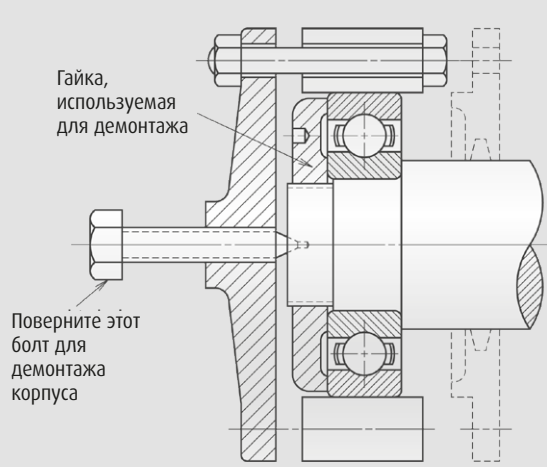


Рис. 41: Разборка наружного кольца



4. Демонтаж

4.2 Демонтаж внутренних колец

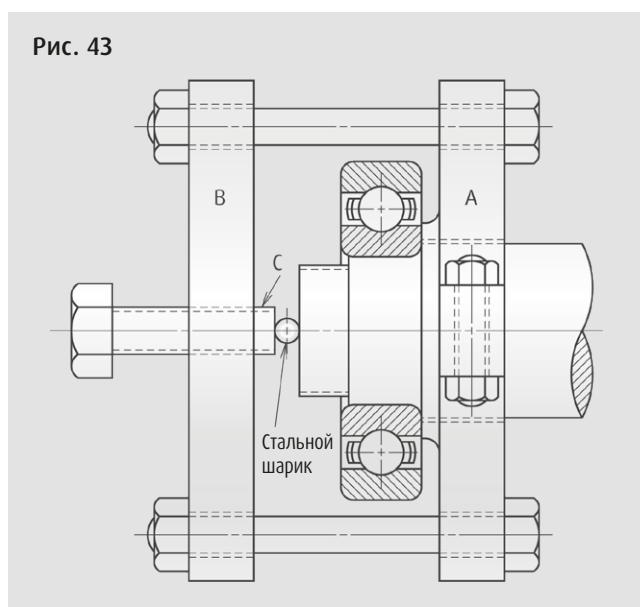
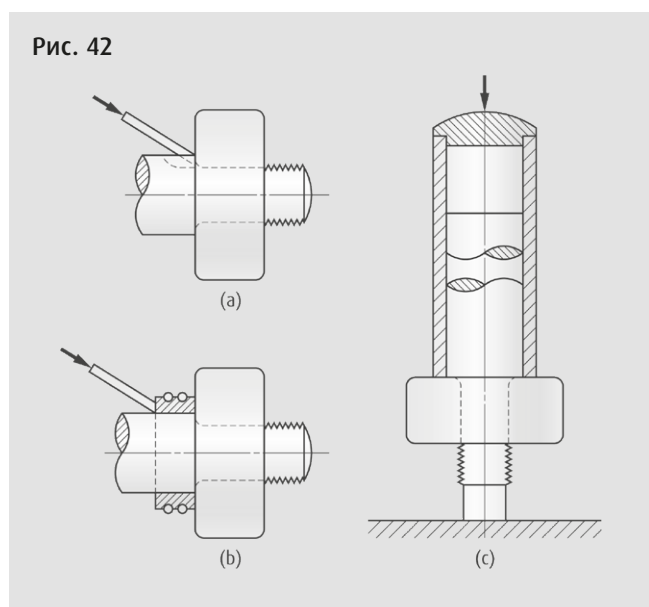
Демонтаж внутреннего кольца является более сложной процедурой, чем установка, если кольцо установлено плотно. И хотя для разборки внутреннего кольца, как правило, используются клещи, их применение для извлечения наружного кольца может оставить вмятины на дорожке качения или испортить подшипник. Простой способ, который часто используется при сравнительно небольшом натяге (**рис. 42-а**), включает в себя нанесение двух-трех насечек на заплечик вала, а затем постукивание молотком через накладку для извлечения внутреннего кольца. Однако чтобы удары были более безопасными можно использовать двойное кольцо, как показано на **рис. 42-б**, так как есть риск того, что накладка соскользнет от сильного постукивания, что может привести к повреждению малого бортика внутреннего кольца.

Другие безопасные способы включают в себя использование трубки в качестве промежуточного вспомогательного элемента, как показано на **рис. 42-с**. Также рекомендуется использование винта или пресса. Инструмент, показанный на **рис. 43**, также эффективен при извлечении внутреннего кольца. Задняя пластина А, состоящая из верхней и нижней планки, закреплена болтами. Помещение стального шарика (упорный шарикоподшипник для крупногабаритного подшипника)

между передней пластиной В и болтом С увеличивает надежность.

В пластинах А и В высверливаются необходимые отверстия для болтов в соответствии с размером подшипника. Силу, необходимую для извлечения внутреннего кольца, можно рассчитать с помощью ранее рассмотренного уравнения (5) и **таблиц 3 и 4**. Задняя крышка корпуса может использоваться вместо задней пластины А в зависимости от особых условий. Крупногабаритные роликоподшипники с большим натягом могут извлекаться намного легче без повреждений внутреннего кольца в соответствии с ранее описанным способом установки/демонтажа посредством индукционного нагрева. Когда данное устройство недоступно, внутреннее кольцо может быть расширено посредством нагрева подшипника по окружности с помощью горелки или подобного оборудования. Данный способ направлен на предупреждение повреждений вала, не принимая во внимание возможное повторное использование подшипника.

Демонтаж подшипников необходимо тщательно планировать заранее, на стадии проектирования, а соответствующий способ должен выбираться и подготавливаться до его реализации. Другими словами, ни один из аспектов проектирования подшипника не будет полным, если процессы установки и разборки не приняты во внимание.



4. Демонтаж

4.3 Чистка подшипников

Когда подшипники используются в течение определенного периода времени и демонтируются в целях осмотра, то их следует чистить. В первую очередь осмотрите старое смазочное покрытие, затем очистите подшипник и проверьте его состояние. Демонтированные подшипники должны сначала пройти предварительную чистку, а затем окончательную промывку. Во время предварительной очистки, не вращая подшипник, необходимо щеткой мягко удалить смазку, содержащую пыль, грязь или абразивный порошок.

Новые подшипники перед упаковкой всегда покрываются антикоррозийным средством. Обычно такие подшипники не нужно чистить для того, чтобы удалить антикоррозийное средство. Так как поверхность подшипника покрыта тонким слоем антикоррозийного вещества, то оно не должно нанести вред даже при смешивании со смазочным материалом. Большой ущерб может быть нанесен чисткой подшипника в среде, содержащей загрязненные масла, пыль или грязь.



Однако с маленьких подшипников, используемых на высокоскоростных операциях, или с подшипников, которые будут использоваться с маловязкой смазкой или со смазкой масляным туманом, рекомендуется удалять антикоррозийное средство.

Таким образом, в общем, подшипники необходимо чистить при осмотре, если пыль и грязь налипли на подшипник, или когда станок, в котором используется подшипник, функционирует на таком уровне скорости или точности, который может быть нарушен даже легким сопротивлением вращению подшипника.

В качестве чистящего средства обычно используется керосин. Маловязкое шпиндельное масло может впрыскиваться с помощью форсунки. Сжатый воздух также используется для удаления пыли и грязи с подшипника, если только применяемый воздух не содержит влагу или пыль/грязь; воздух, как правило, содержит влагу, которая часто конденсируется в водяные капельки на кончике сопла. Поэтому нужно соблюдать осторожность при использовании сжатого воздуха. Кроме того, поскольку чистка подшипника во время его вращения путем обдува сжатым воздухом может повредить дорожку качения, то внутреннее кольцо/наружное кольцо должно быть зафиксировано для того, чтобы предупредить вращение.

При помещении подшипника на хранение его следует тщательно высушить и покрыть антикоррозийным средством. При нанесении смазки проверните подшипник, чтобы смазка равномерно распределилась на всех частях подшипника.

5. Хранение подшипников

В связи с тем, что подшипники не предназначены для длительного использования и подлежат замене через определенные промежутки времени, запасные подшипники должны храниться в складских условиях, схожих с рабочими условиями, с тем чтобы можно было производить незамедлительную замену.

При хранении подшипников следует уделять особое внимание предупреждению возникновения коррозии. И хотя подшипники, как правило, покрыты антикоррозийным веществом и упакованы, упаковочная бумага не может полностью обеспечить защиту от циркуляции атмосферного воздуха. Поэтому подшипники необходимо хранить в не содержащем влаги месте.

К тому же подшипники следует хранить в чистом хорошо проветриваемом месте с низкой влажностью и без попадания прямого солнечного света, в шкафах или на стеллажах, находящихся, по крайней мере, на высоте не менее 30 см от уровня пола. Подшипники следует хранить в упаковке, если не требуется другой способ хранения, так как их распаковка может привести к появлению ржавчины.

Когда подшипники распаковываются для осмотра, предшествующего приемке, перед их передачей на хранение, необходимо нанести антикоррозийное покрытие и переупаковать.



6. Приложения

Приложение – Таблица 1. Допуски диаметров отверстий корпусов

Классификация диаметров (мм)		Отклонение среднего диаметра отверстия в единичной плоскости (нормальное) Δdmp	d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5	js6	
свыше	до вкл.															
3	6	0	-30	-20	-10	-4	-4	0	0	0	0	0	0	0	± 2,5	± 4,0
		-8	-38	-28	-18	-9	-12	-5	-8	-12	-18	-30	-48			
6	10	0	-40	-25	-13	-5	-5	0	0	0	0	0	0	0	± 3,0	± 4,5
		-8	-49	-34	-22	-11	-14	-6	-9	-15	-22	-36	-58			
10	18	0	-50	-32	-16	-6	-6	0	0	0	0	0	0	0	± 4,0	± 5,5
		-8	-61	-43	-27	-14	-17	-8	-11	-18	-27	-43	-70			
18	30	0	-65	-40	-20	-7	-7	0	0	0	0	0	0	0	± 4,5	± 6,5
		-10	-78	-53	-33	-16	-20	-9	-13	-21	-33	-52	-84			
30	50	0	-80	-50	-25	-9	-9	0	0	0	0	0	0	0	± 5,5	± 8,0
		-12	-96	-66	-41	-20	-25	-11	-16	-25	-39	-62	-100			
50	80	0	-100	-60	-30	-10	-10	0	0	0	0	0	0	0	± 6,5	± 9,5
		-15	-119	-79	-49	-23	-29	-13	-19	-30	-46	-74	-120			
80	120	0	-120	-72	-36	-12	-12	0	0	0	0	0	0	0	± 7,5	± 11,0
		-20	-142	-94	-58	-27	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140			
120	180	0	-145	-85	-43	-14	-14	0	0	0	0	0	0	0	± 9,0	± 12,5
		-25	-170	-110	-68	-32	-39	-18	-25	-40	-63	-100	-160			
180	250	0	-170	-100	-50	-15	-15	0	0	0	0	0	0	0	± 10,0	± 14,5
		-30	-199	-129	-79	-35	-44	-20	-29	-46	-72	-115	-185			
250	315	0	-190	-110	-56	-17	-17	0	0	0	0	0	0	0	± 11,5	± 16,0
		-35	-222	-142	-88	-40	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210			
315	400	0	-210	-125	-62	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	± 12,5	± 18,0
		-40	-246	-161	-98	-43	-54	-25	-36	-57	-89	-140	-230			
400	500	0	-230	-135	-68	-20	-20	0	0	0	0	0	0	0	± 13,5	± 20,0
		-45	-270	-175	-108	-47	-60	-27	-40	-63	-97	-155	-250			
500	630	0	-260	-145	-76	-	-22	-	0	0	0	0	0	0	-	± 22,0
		-50	-304	-189	-120	-	-66	-	-44	-70	-110	-175	-280			
630	800	0	-290	-160	-80	-	-24	-	0	0	0	0	0	0	-	± 25,0
		-75	-340	-210	-130	-	-74	-	-50	-80	-125	-200	-320			
800	1000	0	-320	-170	-86	-	-26	-	0	0	0	0	0	0	-	± 28,0
		-100	-376	-226	-142	-	-82	-	-56	-90	-140	-230	-360			
1000	1250	0	-350	-195	-98	-	-28	-	0	0	0	0	0	0	-	± 33,0
		-125	-416	-261	-164	-	-94	-	-66	-105	-165	-260	-420			
1250	1600	0	-390	-220	-110	-	-30	-	0	0	0	0	0	0	-	± 39,0
		-160	-468	-298	-188	-	-108	-	-78	-125	-195	-310	-500			
1600	2000	0	-430	-240	-120	-	-32	-	0	0	0	0	0	0	-	± 46,0
		-200	-522	-332	-212	-	-124	-	-92	-150	-230	-370	-600			



	j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Классификация диаметров (мм)	
													свыше	до вкл.
	+3 -2	+6 -2	+8 -4	+6 +1	+9 +1	+13 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +15	3	6
	+4 -2	+7 -2	+10 -5	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+9 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+34 +19	6	10
	+5 -3	+8 -3	+12 -6	+9 +1	+12 +1	+19 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+41 +23	10	18
	+5 -4	+9 -4	+13 -8	+11 +2	+15 +2	+23 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+49 +28	18	30
	+6 -5	+11 -5	+15 -10	+13 +2	+18 +2	+27 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +34	30	50
	+6 -7	+12 -7	+18 -12	+15 +2	+21 +2	+32 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+41 +62 +43	+71 +41 +73 +43	50	80
	+6 -9	+13 -9	+20 -15	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+51 +76 +54	+86 +51 +89 +54	80	120
	+7 -11	+14 -11	+22 -18	+21 +3	+28 +3	+43 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65 +93 +68	+105 +65 +108 +68	120	180
	+7 -13	+16 -13	+25 -21	+24 +4	+33 +4	+50 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80 +113 +84	+126 +80 +130 +84	180	250
	+7 -16	±16	±26	+27 +4	+36 +4	+56 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+94 +130 +98	+94 +150 +98	250	315
	+7 -18	±18	+29 -28	+29 +4	+40 +4	+61 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+108 +150 +114	+165 +108 +171 +114	315	400
	+7 -20	±20	+31 -32	+32 +5	+45 +5	+68 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+126 +172 +132	+189 +126 +195 +132	400	500
	-	-	-	-	+44 0	+70 0	-	+70 +26	+88 +44	+122 +78	+150 +199 +155	+220 +150 +225 +155	500	630
	-	-	-	-	+50 0	+80 0	-	+80 +30	+100 +50	+138 +88	+175 +235 +185	+255 +175 +265 +185	630	800
	-	-	-	-	+56 0	+90 0	-	+90 +30	+112 +46	+156 +100	+210 +276 +220	+300 +210 +310 +220	800	1000
	-	-	-	-	+66 0	+105 0	-	+106 +40	+132 +66	+186 +120	+250 +326 +260	+355 +250 +365 +260	1000	1250
	-	-	-	-	+78 0	+125 0	-	+126 +48	+156 +78	+218 +140	+378 +300 +408 +330	+425 +300 +455 +330	1250	1600
	-	-	-	-	+92 0	+150 0	-	+150 +58	+184 +92	+262 +170	+462 +370 +492 +400	+520 +370 +550 +400	1600	2000

6. Приложения

Приложение - Таблица 2. Допуски диаметров отверстий корпусов

Классификация диаметров (мм)		Отклонение среднего диаметра отверстия в единичной плоскости (нормальное) Δd_{mp}	E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7
свыше	до вкл.											
10	18	0 - 8	+ 43 + 32	+ 27 + 16	+ 34 + 16	+ 17 + 6	+ 24 + 6	+ 11 0	+ 18 0	+ 27 0	+ 6 - 5	+ 10 - 8
18	30	0 - 9	+ 53 + 40	+ 33 + 20	+ 41 + 20	+ 20 + 7	+ 28 + 7	+ 13 0	+ 21 0	+ 33 0	+ 8 - 5	+ 12 - 9
30	50	0 - 11	+ 66 + 50	+ 41 + 25	+ 50 + 25	+ 25 + 9	+ 34 + 9	+ 16 0	+ 25 0	+ 39 0	+ 10 - 6	+ 14 - 11
50	80	0 - 13	+ 79 + 60	+ 49 + 30	+ 60 + 30	+ 29 + 10	+ 40 + 10	+ 19 0	+ 30 0	+ 46 0	+ 13 - 6	+ 18 - 12
80	120	0 - 15	+ 94 + 72	+ 58 + 36	+ 71 + 36	+ 34 + 12	+ 47 + 12	+ 22 0	+ 35 0	+ 54 0	+ 16 - 6	+ 22 - 13
120 150	150 180	0 - 18 0 - 25	+ 110 + 85	+ 68 + 43	+ 83 + 43	+ 39 + 14	+ 54 + 14	+ 25 0	+ 40 0	+ 63 0	+ 18 - 7	+ 26 - 14
180	250	0 - 30	+ 129 + 100	+ 79 + 50	+ 96 + 50	+ 44 + 15	+ 61 + 15	+ 29 0	+ 46 0	+ 72 0	+ 22 - 7	+ 30 - 16
250	315	0 - 35	+ 142 + 110	+ 88 + 56	+ 108 + 56	+ 49 + 17	+ 69 + 17	+ 32 0	+ 52 0	+ 81 0	+ 25 - 7	+ 36 - 16
315	400	0 - 40	+ 161 + 125	+ 98 + 62	+ 119 + 62	+ 54 + 18	+ 75 + 18	+ 36 0	+ 57 0	+ 89 0	+ 29 - 7	- 39 - 18
400	500	0 - 45	+ 175 + 135	+ 108 + 68	+ 131 + 68	+ 60 + 20	+ 83 + 20	+ 40 0	+ 63 0	+ 97 0	+ 33 - 7	- 43 - 20
500	630	0 - 50	+ 189 + 145	+ 120 + 76	+ 146 + 76	+ 66 + 22	+ 92 + 22	+ 44 0	+ 70 0	+ 110 0	-	-
630	800	0 - 75	+ 210 + 160	+ 130 + 80	+ 160 + 80	+ 74 + 24	+ 104 + 24	+ 50 0	+ 80 0	+ 125 0	-	-
800	1000	0 - 100	+ 226 + 170	+ 142 + 86	+ 176 + 86	+ 82 + 26	+ 116 + 26	+ 56 0	+ 90 0	+ 140 0	-	-
1000	1250	0 - 125	+ 261 + 195	+ 164 + 98	+ 203 + 98	+ 94 + 58	+ 133 + 28	+ 66 0	+ 105 0	+ 165 0	-	-
1250	1600	0 - 160	+ 298 + 220	+ 188 + 110	+ 235 + 110	+ 108 + 30	+ 155 + 30	+ 78 0	+ 125 0	+ 195 0	-	-
1600	2000	0 - 200	+ 332 + 240	+ 212 + 120	+ 270 + 120	+ 124 + 32	+ 182 + 32	+ 92 0	+ 150 0	+ 230 0	-	-
2000	2500	0 - 250	+ 370 + 260	+ 240 + 130	+ 305 + 130	+ 144 + 34	+ 209 + 34	+ 110 0	+ 175 0	+ 280 0	-	-



	J56	J57	K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	Классификация диаметров (мм)	
														свыше	до вкл.
	± 5,5	± 9	+2 -6	+2 -9	+6 -12	- 4 - 12	- 4 - 15	0 - 18	- 9 - 17	- 9 - 20	- 5 - 23	- 15 - 26	- 11 - 29	10	18
	± 6,5	± 10,5	+ 1 - 8	+ 2 - 11	+ 6 - 15	- 5 - 14	- 4 - 17	0 - 21	- 12 - 21	- 11 - 24	- 7 - 28	- 18 - 31	- 14 - 35	18	30
	± 8	± 12,5	+ 2 - 9	+ 3 - 13	+ 7 - 18	- 5 - 16	- 4 - 17	0 - 25	- 13 - 24	- 12 - 28	- 8 - 33	- 21 - 37	- 17 - 42	30	50
	± 9,5	± 15	+ 3 - 10	+ 4 - 15	+ 9 - 21	- 6 - 19	- 5 - 24	0 - 30	- 15 - 28	- 14 - 33	- 9 - 39	- 26 - 45	- 21 - 51	50	80
	± 11	± 17,5	+ 2 - 13	+ 4 - 18	+ 10 - 25	- 8 - 23	- 6 - 28	0 - 35	- 18 - 33	- 16 - 38	- 10 - 45	- 30 - 52	- 24 - 59	80	120
	± 12,5	± 20	+ 3 - 15	+ 4 - 21	+ 12 - 28	- 9 - 27		0 - 40	- 21 - 39	- 20 - 45	- 12 - 52	- 36 - 61	- 28 - 68	120 150	150 180
	± 14,5	± 23	+ 2 - 18	+ 5 - 24	+ 13 - 33	- 11 - 31	- 8 - 33	0 - 46	- 25 - 45	- 22 - 51	- 14 - 60	- 41 - 70	- 33 - 79	180	250
	± 16	± 26	+ 3 - 20	+ 5 - 27	+ 16 - 36	- 13 - 36	- 8 - 37	0 - 52	- 27 - 50	- 25 - 57	- 14 - 66	- 47 - 79	- 36 - 88	250	315
	± 18	± 28,5	+ 3 - 22	+ 7 - 29	+ 17 - 40	- 14 - 39	- 9 - 41	0 - 57	- 30 - 55	- 26 - 62	- 16 - 73	- 51 - 87	- 41 - 98	315	400
	± 20	± 31,5	+ 2 - 25	+ 8 - 32	+ 18 - 45	- 16 - 43	- 10 - 50	0 - 63	- 33 - 60	- 27 - 67	- 17 - 80	- 55 - 95	- 45 - 108	400	500
	± 22	± 35	-	0 - 44	0 - 70	-	- 26 - 70	- 26 - 96	-	- 44 - 88	- 44 - 114	- 78 - 122	- 78 - 148	500	630
	± 25	± 40	-	0 - 50	0 - 80	-	- 30 - 80	- 30 - 110	-	- 50 - 100	- 50 - 130	- 88 - 138	- 88 - 168	630	800
	± 28	± 45	-	0 - 56	0 - 90	-	- 34 - 90	- 34 - 124	-	- 56 - 112	- 56 - 246	- 100 - 156	- 100 - 190	800	1000
	± 33	± 52,5	-	0 - 66	0 - 100	-	- 40 - 106	- 40 - 145	-	- 66 - 132	- 66 - 272	- 120 - 186	- 120 - 225	1000	1250
	± 39	± 62,5	-	0 - 78	0 - 125	-	- 48 - 126	- 48 - 173	-	- 78 - 156	- 78 - 203	- 140 - 218	- 140 - 265	1250	1600
	± 46	± 75	-	0 - 92	0 - 150	-	- 58 - 150	- 58 - 208	-	- 92 - 184	- 92 - 242	- 170 - 262	- 170 - 320	1600	2000
	± 55	± 87,5	-	0 - 110	0 - 175	-	- 68 - 178	- 68 - 243	-	- 110 - 220	- 110 - 285	- 195 - 305	- 195 - 370	2000	2500

Для заметок

A series of horizontal lines for writing notes. It begins with a thick grey horizontal line, followed by approximately 25 thin grey horizontal lines, providing a structured space for text.



A series of horizontal lines for writing, consisting of 18 evenly spaced lines across the page.

Офисы продаж NSK – Европа, Ближний Восток и Африка

Россия

NSK Polska Sp. z o.o.
Russian Branch
Office 1 703, Bldg 29,
18th Line of Vasilievskiy Ostrov,
Saint-Petersburg, 199178
Tel. +7 812 3325071
Fax +7 812 3325072
info-ru@nsk.com

Ближний Восток

NSK Bearings Gulf Trading Co.
JAFZA View 19, Floor 24 Office 2/3
Jebel Ali DOWntown,
PO Box 262163
Dubai, UAE
Tel. +971 (0) 4 804 8205
Fax +971 (0) 4 884 7227
info-me@nsk.com

Великобритания

NSK UK Ltd.
Northern Road, Newark
Nottinghamshire NG24 2JF
Tel. +44 (0) 1636 605123
Fax +44 (0) 1636 643276
info-uk@nsk.com

Германия, Австрия, Бенилюкс, Швейцария, Скандинавия

NSK Deutschland GmbH
Harkortstraße 15
40880 Ratingen
Tel. +49 (0) 2102 4810
Fax +49 (0) 2102 4812290
info-de@nsk.com

Испания

NSK Spain, S.A.
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo
2ª Planta, 08014 Barcelona
Tel. +34 93 2892763
Fax +34 93 4335776
info-es@nsk.com

Италия

NSK Italia S.p.A.
Via Garibaldi, 215
20024 Garbagnate
Milanese (MI)
Tel. +39 02 995 191
Fax +39 02 990 25 778
info-it@nsk.com

Турция

NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti.
Cevizli Mah. D-100 Güney Yan Yol
Kuruş Kule İş Merkezi No:2 Kat:4
Kartal - Istanbul
Tel. +90 216 5000 675
Fax +90 216 5000 676
turkey@nsk.com

Франция

NSK France S.A.S.
Quartier de l'Europe
2, rue Georges Guynemer
78283 Guyancourt Cedex
Tel. +33 (0) 1 30573939
Fax +33 (0) 1 30570001
info-fr@nsk.com

Центральная, Восточная Европа и СНГ

NSK Polska Sp. z o.o.
Warsaw Branch
Ul. Migdałowa 4/73
02-796 Warszawa
Tel. +48 22 645 15 25
Fax +48 22 645 15 29
info-pl@nsk.com

Южно-Африканская Республика

NSK South Africa (Pty) Ltd.
25 Galaxy Avenue
Linbro Business Park
Sandton 2146
Tel. +27 (011) 458 3600
Fax +27 (011) 458 3608
nsk-sa@nsk.com

Посетите наш веб-сайт: www.nskeurope.ru
Global NSK: www.nsk.com

