

# Руководство по эксплуатации ПОДШИПНИКОВ



# Торговая марка NSK признана во всем мире

Подшипники компании NSK имеют широчайший спектр применения, начиная от бытовых приборов, капитального оборудования, автомобильных узлов и комплектующих, и заканчивая авиакосмической промышленностью. Деятельность компании NSK основана на применении технологий, которые в точности отвечают требованиям мировой промышленности, что позволило ей добиться успеха в мировом масштабе.

Для удовлетворения потребностей наших клиентов, имеющих на всех континентах, наша компания создала систему научно-исследовательских отделов, а также специальные службы поддержки. Получив мировое признание, компания NSK продолжает занимать лидирующее положение в отрасли.

## Продолжая движение по всему миру

### ШТАБ-КВАРТИРЫ

#### Америка

(Северная и Южная)

- Анн-Арбор

#### Азия

- Шанхай
- Сингапур

#### Европа

- Мэйденхед

#### Япония

- Токио

### ОФИСЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

#### Америка

(Северная и Южная)

- Анн-Арбор

#### Азия

- Куншан

#### Европа

- Ньюарк
- Кельце

#### Япония

- Фудзисава
- Маэбаси

### ЗАВОДЫ

#### Америка Северная

- Анн-Арбор
- Кларинда
- Франклин
- Либерти
- Беннингтон

#### Америка Южная

- Сузано

#### Азия

- Куншан
- Аншун
- Донгуан
- Нанкин
- Сюйчжоу
- Ханчжоу
- Мадрас
- Джакарта
- Чаньён
- Селангор
- Чонбури
- Чачоенгсао

#### Европа

- Питерли
- Ньюарк
- Кельце
- Баден-Вюртемберг
- Турин

#### Япония

- Фудзисава
- Каноя
- Цу
- Конан
- Такасаки
- Харуна
- Маэбаси
- Танакура
- Юкиха

### ОФИСЫ ПРОДАЖ

#### Африка

- Йоханнесбург

#### Америка Северная

- Анн-Арбор
- Индианаполис
- Чикаго
- Сан-Хосе
- Лос-Анджелес
- Беннингтон
- Майами
- Атланта
- Монреаль
- Торонто
- Ванкувер

#### Америка Южная

- Буэнос-Айрес
- Сан-Паулу
- Белу-Оризонте
- Джонвилл
- Порту-Алегри
- Ресифи
- Мехико

#### Азия

- Пекин
- Шанхай
- Гуанчжоу
- Аншун
- Ченду
- Гонконг
- Тайбэй
- Тайчжун
- Тайнань
- Сеул
- Мадрас
- Джакарта
- Манила
- Бангкок
- Куала-Лумпур
- Прай
- Джохор-Бару
- Джессельтон  
(Кота Кинабалу)
- Сингапур

### Европа

- Мэйденхед
- Ньюарк
- Ковентри
- Париж
- Дюссельдорф
- Штутгарт
- Лейпциг
- Милан
- Тилбург
- Барселона
- Варшава
- Стамбул

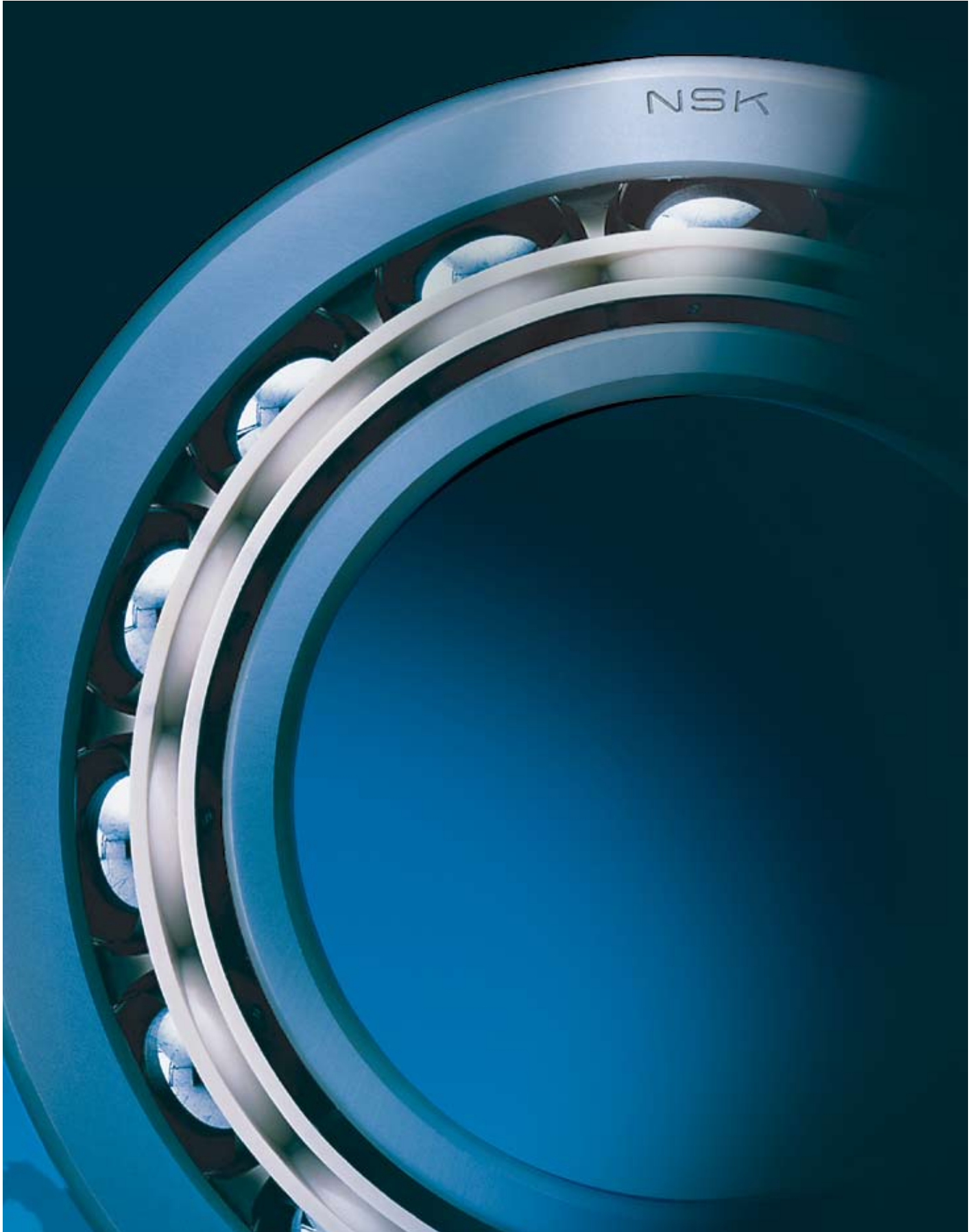
### Япония

- Токио
- Осака
- Нагоя

### Океания

- Мельбурн
- Сидней
- Брисбен
- Аделаида
- Перт
- Окленд

и еще 27 офисов





# Надлежащее обращение с подшипниками качения

<b>1. Меры предосторожности при обращении с подшипниками качения</b>	<b>1</b>
<b>2. Установка</b>	<b>1</b>
2.1 Посадка на вал	1
2.1.1 Посадки и зазоры	1
2.1.2 Сила запрессовки и температура нагрева для тугой посадки	4
2.1.3 Посадка	5
2.1.4 Установка подшипников с коническим отверстием	7
2.2 Установка в корпусе	7
2.3 Установка с предварительным натягом	9
2.3.1 Предварительный натяг радиальных подшипников	9
2.3.2 Предварительный натяг упорных подшипников	11
2.4 Общие меры предосторожности при установке	12
2.5 Смазка	13
2.6 Проведение испытаний	14
<b>3. Техническое обслуживание и проверка</b>	<b>16</b>
3.1 Процедуры технического обслуживания и проверки	16
3.2 Способы смазки	16
3.2.1 Смазка консистентными веществами	16
3.2.2 Смазка маслом	17
3.3 Повреждения подшипника	18
<b>4. Разборка</b>	<b>22</b>
4.1 Разборка наружных колец	22
4.2 Разборка внутренних колец	22
4.3 Чистка подшипников	23
4.4 Проверка подшипников	24
<b>5. Хранение подшипников</b>	<b>24</b>
<b>6. Приложения</b>	<b>25</b>

# 1. Меры предосторожности при обращении с подшипниками качения

Подшипники качения используются в различных условиях эксплуатации, начиная с легкой и заканчивая большой степенью нагрузки. В связи с тем, что они производятся с высокой степенью точности, обращаться с ними нужно аккуратно и должным образом; осторожное обращение настолько же важно, как и само целевое назначение подшипников.

Неправильная установка и ненадлежащее обращение являются наиболее частыми причинами преждевременного выхода изделий из строя. Следовательно, понятно, что должное обращение, также как и соответствующие выбор и использование, крайне важны. Инструкции 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 предназначенным функциональным назначением и установленными условиями эксплуатации.
- 5 Используйте соответствующие инструменты для установки и демонтажа.
- 6 Будьте осторожны в ходе установки и демонтажа, 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 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 особых 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 любых потенциальных повреждений и обеспечение максимально эффективного функционирования в рамках предполагаемого использования.

## 2. Установка

### 2.1 Посадка на вал

#### 2.1.1 Посадки и зазоры

Стандартные подшипники с цилиндрическим отверстием, как правило, устанавливаются посредством обеспечения 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 объеме, в целом сокращая зазор прямо пропорционально увеличению объема 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:

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

Для отшлифованных валов:

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

где

$\delta_f$  – Уменьшение зазора за счет подгонки (мм)

$\Delta d$  – Эффективный натяг (мм)

$\Delta d_a$  – Видимый натяг для измерения (мм)

$k$  –  $d/D_i = 0.70 - 0.90$

$d$  – Номинальный диаметр отверстия подшипника (мм)

$D_i$  – Диаметр дорожки качения внутреннего кольца (мм)

Таблица 1. Посадка радиальных подшипников на вал.

ПОСАДКА РАДИАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ НА ВАЛ							
Условия нагрузки	Примеры	Диаметр вала (мм)			Допуск вала	Примечания	
		Шарикоподшипник	Цилиндрический роликоподшипник Конический роликоподшипник	Сферический роликоподшипник			
<b>РАДИАЛЬНЫЕ ПОДШИПНИКИ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ОТВЕРСТИЕМ</b>							
Нагрузка на наружное кольцо при вращении	Легкое осевое смещение внутреннего кольца на валу желательно	Колеса на неподвижной оси	Все диаметры вала			g6	Используйте g5 и h5, где требуется точность. В случае применения крупных подшипников можно использовать f6, чтобы позволить легкое осевое движение
	Легкое осевое смещение внутреннего кольца на валу не нужно	Натяжной ролик, канатный шкив				h6	
Нагрузка на внутреннее кольцо при вращении или направление нагрузки неопределено	Легкие нагрузки или варьирующиеся нагрузки [ $\leq 0.06 Cr^{(1)}$ ]	Бытовые электроприборы, насосы, вентиляторы, транспортные средства, прецизионные станки, металлорежущие станки	$\leq 18$	—	—	js5	Используйте класс 5 и прецизионные подшипники, если требуется точность. Для высокоточных шарикоподшипников с диаметром менее 18 мм используйте h5.
			18 ~ 100	$\leq 40$	—	j6 (j5)	
			100 ~ 200	40 ~ 140	—	k6	
			—	140 ~ 200	—	m6	
	Нормальная нагрузка [ $0.06 - 0.13 Cr^{(1)}$ ]	Общее применение подшипников, средние и крупные моторы, турбины, насосы, коренные подшипники моторов, приводы, деревообрабатывающие станки	$\leq 18$	—	—	js5 ~ 6 (j5 ~ 6)	k6 и m6 могут использоваться для однорядных конических роликоподшипников и однорядных радиально-упорных шарикоподшипников вместо k5 и m5
			18 ~ 100	$\leq 40$	$\leq 40$	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 ~ 280	140 ~ 280	p6	
	Тяжелая нагрузка или ударная нагрузка [ $> 0.13 Cr^{(1)}$ ]	Осевые буксы железных дорог, промышленные транспортные средства, тяговые электродвигатели, строительное оборудование, дробильные установки	—	50 ~ 140	50 ~ 100	n6	Необходим внутренний зазор больший, чем CN
			—	140 ~ 200	100 ~ 140	p6	
			—	$> 200$	140 ~ 200	r6	
			—	—	200 ~ 500	r7	
Только центральная осевая нагрузка		Используемая часть каждого вида подшипников	Все диаметры вала			js6 (j6)	—
<b>РАДИАЛЬНЫЕ ПОДШИПНИКИ С КОНИЧЕСКИМ ОТВЕРСТИЕМ И ВТУЛКОЙ</b>							
Все виды нагрузки		Общее применение подшипников	Все диаметры вала			h9/IT5 <sup>(2)</sup>	IT5 и IT7 означают, что отклонение вала от его настоящей геометрической формы, например, круглость и цилиндричность, должны быть в пределах IT5 и IT7, соответственно.
		Передачный вал, деревообрабатывающий шпиндель				h10/IT7 <sup>(2)</sup>	

Примечание: <sup>(1)</sup> Cr представляет общую номинальную нагрузку на подшипник.  
<sup>(2)</sup> Значения IT смотрите в приложении, таблица 3 (стр. 29).  
 Данная таблица применима только к валам из твердой стали.

ПОСАДКА УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ НА ВАЛ					
Условия нагрузки	Примеры	Диаметр вала (мм)	Допуск вала	Примечания	
Только центральная осевая нагрузка		Основные валы токарных станков	Все диаметры вала	h6 или js6 (j6)	Примечания
Комбинированная радиальная и осевая нагрузка (сферические радиально-упорные роликоподшипники)	Постоянная нагрузка на внутреннее кольцо	Конусные дробилки	Все диаметры вала	js6 (j6)	
	Нагрузка на внутреннее кольцо при вращении или направление нагрузки неопределенное	Целлюлозный рафинер, экструдер с пластмассовой матрицей	$\leq 200$	k6	
			200 ~ 400	m6	
		$> 400$	n6		

Таблица 2. Посадка радиальных подшипников с корпусами

ПОСАДКА РАДИАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ С КОРПУСАМИ									
Условия нагрузки			Примеры	Допуски для отверстий корпуса	Осевое смещение наружного кольца	Примечания			
Неразъемный корпус	Нагрузка на наружное кольцо при вращении	Тяжелые нагрузки на подшипник в тонкостенном корпусе или тяжелые ударные нагрузки	Автомобильные ступицы колес (роликподшипники) Ходовое колесо подъемного крана	P7	Невозможно	—			
		Нормальные или тяжелые нагрузки	Автомобильные ступицы колес (шарикоподшипники) Вибрационное сито	N7					
		Легкие или варьирующиеся нагрузки	Конвейерный ролик Канатный шкив Натяжной шкив	M7					
Неразъемный или разъемный корпус	Направление нагрузки неопределенное	Тяжелые ударные нагрузки	Тяговой электродвигатель	K7	Как правило, невозможно	Если осевое смещение наружного кольца не требуется.			
		Нормальные или тяжелые нагрузки	Насосы Коренной подшипник коленчатого вала Моторы средних и больших размеров				JS7 (J7)	Возможно	Осевое смещение наружного кольца необходимо.
		Нормальные или легкие нагрузки							
	Нагрузка на внутреннее кольцо при вращении	Нагрузки всех видов	Общее применение подшипников Осевые буксы железных дорог	H7	Возможно	—			
		Нормальные или легкие нагрузки	Опорный подшипник	H7					
		Высокий температурный рост внутреннего кольца через вал	Сушильные шкафы для бумаги	G7					
Неразъемный корпус	Направление нагрузки неопределенное	Желательна точная работа при нормальных или легких нагрузках	Шарикоподшипники для шлифовального шпинделя	JS6 (J6)	Возможно	—			
			Шарнирная опора шлифовального центробежного компрессора						
	Нагрузка на внутреннее кольцо при вращении	Желательна точная работа и высокая жесткость при варьирующихся нагрузках	Шарикоподшипники передней оси для шлифовального шпинделя	K6	В целом неподвижно	—			
			Неподвижная опора шлифовального центробежного компрессора						
		Цилиндрические роликподшипники для инструментального шпинделя станка	M6 или N6	Неподвижно					
		Требуется минимальный уровень шума	Бытовые электроприборы	H6	Очень возможно	—			

**Примечание:** 1. Данная таблица применима для чугунных и стальных корпусов. Для корпусов из легких сплавов натяг должен быть более тугим, чем указанные в данной таблице.  
2. Информацию по специфическим условиям сборки можно получить в каталогах NSK.

ПОСАДКА УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ С КОРПУСОМ				
Условия нагрузки		Виды подшипников	Допуски на отверстия корпусов	Примечания
Только центральная осевая нагрузка		Упорные шарикоподшипники	Зазор $\leq 0.25$ мм	Общее применение
			H8	Когда требуется точность
		Сферические упорные роликподшипники Конические роликподшипники (конус с большим углом)	Наружное кольцо имеет радиальный зазор	Когда радиальные нагрузки поддерживаются другими подшипниками
Комбинированная радиальная и осевая нагрузка	Постоянная нагрузка на наружное кольцо	Сферические упорные роликподшипники	H7 или JS7 (J7)	—
	Нагрузка на наружное кольцо при вращении или направление нагрузки неопределенное		K7	Нормальные нагрузки
			M7	Сравнительно тяжелые радиальные нагрузки

Таким образом, 70-90% натяга появляется в виде уменьшения зазора. (Меньшее уменьшение зазора принимается для подшипников с диаметром серии 4).

Более того, разница действующих температур между внутренними и наружными кольцами составляет 5–10°C. Однако данная разница температур превысит эти пределы при повышении температуры внутреннего кольца или при охлаждении наружного кольца. Уменьшение зазора вследствие разницы температур между внутренним и наружным кольцами:

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

где

$\delta_t$  – Уменьшение радиального зазора вследствие разницы температур между внутренним и наружным кольцами (мм).

$a$  – Коэффициент линейного расширения подшипниковой стали  
=  $12.5 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$

$\Delta t$  – Разница температуры внутреннего и наружного колец ( $^\circ\text{C}$ ).

$D_e$  – Диаметр дорожки качения наружного кольца (мм)

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

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

В **таблицах 1 и 2** приводятся примеры того, как определяется степень посадки, исходя из нагрузки и температурных условий и т.д. Подшипники с зазором C3 и C4 (больше чем зазор CN) должны использоваться в зависимости от степени посадки и температурных условий.

### 2.1.2 Сила запрессовки и температура нагрева для тугой посадки

При плотном присоединении внутреннего кольца к валу сила прессовой посадки внутреннего кольца в осевом направлении варьирует 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 расширяется путем нагрева в масле, но в некоторых случаях кольцо садится с помощью прессы или специального инструмента, при этом измеряется степень натяга так же, как и при запрессовке.

Давление на поверхность  $p_m$  и сила прессовой посадки или усилие разъединения насаживаемой поверхности, которые применяются к неразъемному валу, можно выразить в следующих уравнениях (4) и (5):

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

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

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

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)

$\Delta d$  – Эффективный натяг (мм)

$E$  – Модуль упругости при растяжении = 208 000 МПа

$\mu$  – Коэффициент трения пригоняемой поверхности

**Таблица 3. Величины  $\mu$ .**

Пример применения	Величина $\mu$ (средняя)
Прессовая посадка внутреннего кольца на цилиндрический вал	0.12
Извлечение внутреннего кольца с цилиндрического вала	0.18
Прессовая посадка внутреннего кольца на цилиндрический вал	0.165
Прессовая посадка внутреннего кольца на цилиндрический вал	0.135
Прессовая посадка втулки на область между валом и коническим отверстием подшипника	0.30
Извлечение втулки из области между валом и коническим отверстием подшипника	0.33

Трение по насаживаемой поверхности существенно отличается в зависимости от условий насаживаемой поверхности. В целом величины, указанные в **таблице 3**, могут применяться к величинам  $\mu$ . Также величина  $(1 - k^2)$  относительно каждого соотношения  $D/d$  наружного диаметра к диаметру отверстия подшипника может быть примерно выражена, как это показано в **таблице 4**.

Здесь показано то, как рассчитывать силу прессовой посадки внутреннего кольца на вал. Во многих случаях, однако, проще устанавливать внутреннее кольцо, прогрев 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°C или ниже, так как жесткость подшипника уменьшится, если его нагревать до 150°C или выше. **Рис.1** показывает температуру нагрева и расширение внутреннего диаметра подшипника относительно диаметра вала, в котором можно найти требуемые различия температур, так как на нем также показан максимальный натяг различных посадок.

В процессе самой установки, по мере охлаждения подшипника, его нелегко установить на вал. Поэтому следует нагревать подшипник на 20–30°C выше минимальной температуры, необходимой для установки. Обычно рекомендуется погружать подшипник в масло для подогрева на 20 минут. Например, когда подшипник с внутренним диаметром 120мм устанавливается с посадкой p6, то максимальный натяг составляет 65  $\mu\text{m}$ . В данном случае требуемая температура нагрева может составлять комнатную температуру + 50°C, как показано на **рис.1**, при том, что температуру необходимо повысить дополнительно на 20–30°C для того, чтобы с легкостью насадить подшипник на вал. Следовательно, требуемая температура нагрева может составлять комнатную температуру + 70–80°C.

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. Из-за напряжения во внутреннем кольце тангенциальное напряжение на насаживаемую поверхность во внутреннем диаметре является наибольшим, а его величина может быть выражена следующим уравнением (6):

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

где

$p_m$  – поверхностное давление (МПа)

$k$  –  $d/D_i$

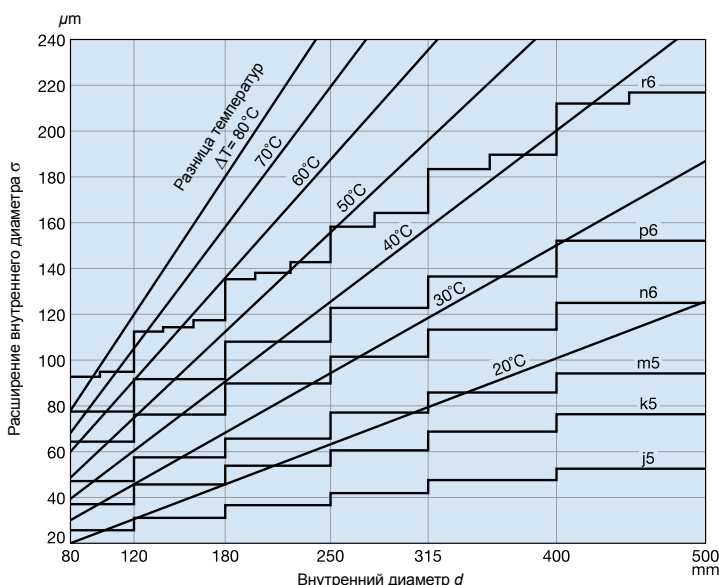
Пользуясь общим правилом, желательно выбирать посадку, для которой максимальная величина напряжения может достигать до 98 МПа или менее для подшипниковой стали, или же в худшем случае до 127 МПа или менее.

**Таблица 4. Величины  $(1 - k^2)$**

$D/d$	$(1 - k^2)$
1.5	0.25
2.0	0.41
2.5	0.52
3.0	0.61
3.5	0.67

$D$  : Номинальный наружный диаметр подшипника  
 $d$  : Номинальный диаметр отверстия

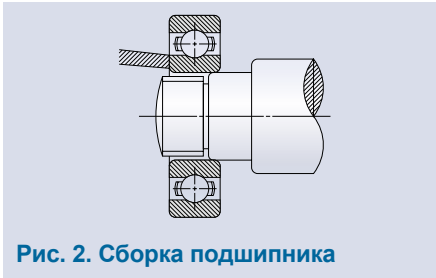
**Рис. 1. Температура и тепловое расширение внутреннего кольца.**



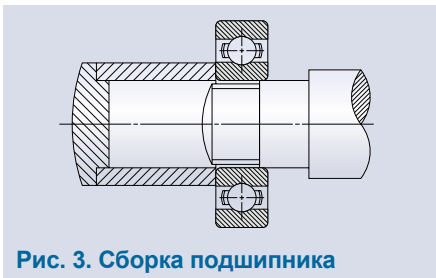
### 2.1.3 Установочные работы

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 зазубрины, вызванные элементами качения (шариками или роликами) в случае применения силы к наружному кольцу. Более того, прямое ударное воздействие на малые ребра внутреннего кольца могут 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 попала в подшипники.

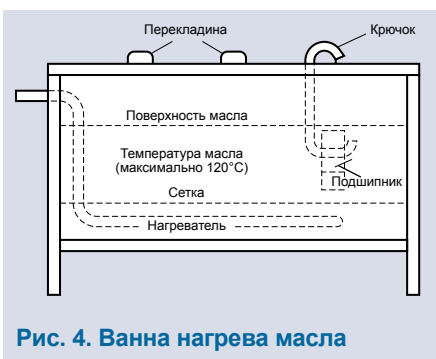


Более эффективный способ сборки включает использование трубчатого сборочного инструмента (**рис. 3**), сделанного из мягкой стали, которая контактирует со всей боковой поверхностью внутреннего кольца. При использовании такого инструмента, прессовая посадка может быть выполнена при оказании сильного воздействия на кольцо, которое при этом не несет повреждений. Использование прессованного сжатого воздуха или гидравлического пресса обеспечивает параллельную вставку нажатием и позволяет улавливать давление посадки для правильной установки. Соответственно, эти инструменты помогают проверить, не слишком ли сильный или слабый 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 ( $\text{MoS}_2$ ), в пастообразном виде, на области прессовой посадки предотвращает образование задиров и способствует легкой разборке, потому что предотвращает прилипание подшипника к присоединенной поверхности.

Горячая посадка рекомендуется в качестве простого метода сборки для подшипников с более тугим натягом. Температуру нагрева можно определить по **рис.1** в соответствии с определенными размерами подшипника и предполагаемым натягом. Для подогрева 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 перекладку поперек ванны, на которую прикрепите крюк для подвешивания подшипников.



Когда плотно насаживаемые внутренние кольца используются для цилиндрических роликоподшипников для прокатных станков, 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 снабжены ребрами, чтобы ускорить операции установки и демонтажа рекомендуется использовать индуцированный 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 узлов, таких как небольшой подшипник.

Подшипник, присоединенный к валу, охлаждается быстро, а после нагревания расширенный подшипник уплотняется 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 внутренние и наружные поверхности. В этот момент удостоверьтесь в том, что подшипник чистый.

За исключением случаев, когда производится 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 применения чрезмерной силы на поздней стадии, на которой наружное кольцо насаживается на внутреннее, которое присоединено к валу, так как можно легко повредить ролики и дорожки качения. Следует избегать данного вида повреждений, потому что он может привести к шуму и 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 станочных систем, требующих более высокой степени точности.



**Рис. 5.** Нагреватель для подшипников

#### 2.1.4 Установка подшипников с коническим отверстием

Подшипники с коническим отверстием устанавливаются на месте с помощью крепежных или стяжных втулок, или прямо на конических валах. Степень 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, в общем, производятся с учетом уменьшения зазора как показано в **таблице 5**. При применении очень большой нагрузки необходимо увеличить сокращение зазора примерно на 20% относительно соответствующих показателей, приведенных в **таблице 5**.

В некоторых случаях вместо прямого измерения сокращения зазора измеряется степень нажатия (осевое перемещение) внутреннего кольца или стяжной втулки. Однако надежнее измерять сокращение 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 операций установки. 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 предполагаемое сокращение зазора должно быть подтверждено посредством измерения начального зазора до нагрева и конечного зазора после охлаждения подшипника.

## 2.2 Установка в корпусе

Подшипники обычно устанавливаются в корпусах 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 реальная посадка плотнее, чем указанная, то модификации должны быть произведены вручную посредством таких операций, как заточка/шлифовка. Если единственным способом увеличения корпуса является применение шабера, то необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать деформации гнезда подшипника 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, когда 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 лабиринтовые уплотнения и другие детали терлись друг о друга. Принимайте меры по избеганию применения чрезмерной нагрузки или внецентренной нагрузки на подшипник, что может быть вызвано неправильной установкой на основу или дефектными соединениями.

Выберите только один из подшипников, который будет служить в качестве подшипника с закрепленным концом для фиксации и обслуживания установленных подшипников в четком положении по осевому направлению. В качестве подшипника с закрепленным концом выберите такой тип подшипника, который может выдерживать радиальные и осевые нагрузки.

Подшипники, за исключением подшипника с закрепленным концом, должны функционировать в качестве подшипников со свободным концом, к которым применима только радиальная нагрузка, для того, чтобы ослаблять расширение и сокращение вала ввиду изменений температуры. Они также должны использоваться для регулировки установочного положения в осевом направлении.

Пока не будут приняты соответствующие меры по предупреждению сужения вала ввиду изменения температур, на подшипники будет оказываться неправильная 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 подшипников со свободным концом. Использование данных типов подшипников, как правило, еще больше облегчает процедуры установки и демонтажа.

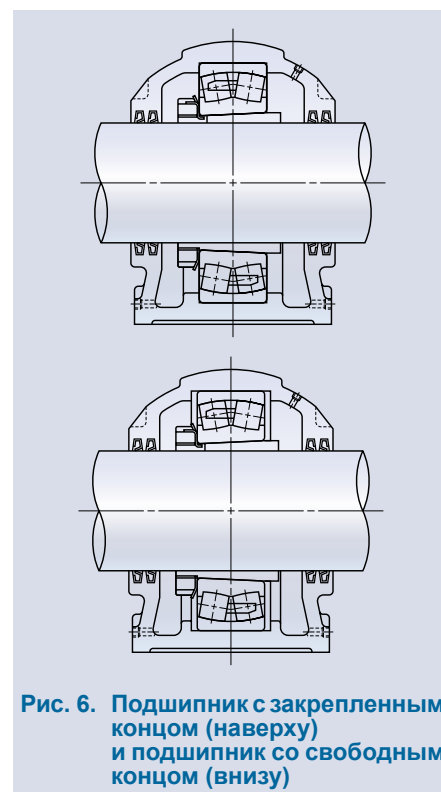


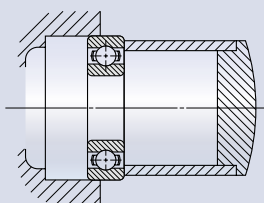
Рис. 6. Подшипник с закрепленным концом (наверху) и подшипник со свободным концом (внизу)

Таблица 5. Установка сферических роликоподшипников с коническим отверстием.

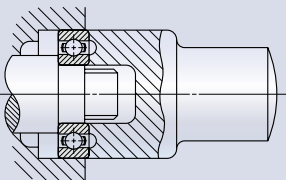
Диаметр отверстия d		Сокращение радиального зазора		Осевое смещение				Минимально допустимый остаточный зазор	
От	До	мин.	макс.	Конус 1:12		Конус 1:30		CN	C3
				мин.	макс.	мин.	макс.		
30	40	0.025	0.030	0.40	0.45	—	—	0.010	0.025
40	50	0.030	0.035	0.45	0.55	—	—	0.015	0.030
50	65	0.030	0.035	0.45	0.55	—	—	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	1.9	2.25	0.045	0.065
120	140	0.060	0.070	0.90	1.1	2.25	2.75	0.055	0.080
140	160	0.065	0.080	1.0	1.3	2.5	3.25	0.060	0.100
160	180	0.070	0.090	1.1	1.4	2.75	3.5	0.070	0.110
180	200	0.080	0.100	1.3	1.6	3.25	4.0	0.070	0.110
200	225	0.090	0.110	1.4	1.7	3.5	4.25	0.080	0.130
225	250	0.100	0.120	1.6	1.9	4.0	4.75	0.090	0.140
250	280	0.110	0.140	1.7	2.2	4.25	5.5	0.100	0.150
280	315	0.120	0.150	1.9	2.4	4.75	6.0	0.110	0.160
315	355	0.140	0.170	2.2	2.7	5.5	6.75	0.120	0.180
355	400	0.150	0.190	2.4	3.0	6.0	7.5	0.130	0.200
400	450	0.170	0.210	2.7	3.3	6.75	8.25	0.140	0.220
450	500	0.190	0.240	3.0	3.7	7.5	9.25	0.160	0.240
500	560	0.210	0.270	3.4	4.3	8.5	11.0	0.170	0.270
560	630	0.230	0.300	3.7	4.8	9.25	12.0	0.200	0.310
630	710	0.260	0.330	4.2	5.3	10.5	13.0	0.220	0.330
710	800	0.280	0.370	4.5	5.9	11.5	15.0	0.240	0.390
800	900	0.310	0.410	5.0	6.6	12.5	16.5	0.280	0.430
900	1000	0.340	0.460	5.5	7.4	14.0	18.5	0.310	0.470
1000	1120	0.370	0.500	5.9	8.0	15.0	20.0	0.360	0.530

Примечание: Значения сокращения радиального внутреннего зазора даны для подшипников с зазором CN.

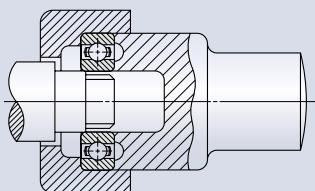
Для подшипников с зазором C3 приведенные максимальные значения следует использовать для сокращения радиального внутреннего зазора



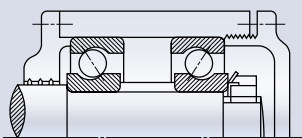
**Рис. 7. Посадка наружного кольца с предварительным натягом**



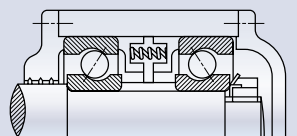
**Рис. 8. Посадка наружного кольца с предварительным натягом**



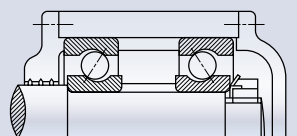
**Рис. 9. Посадка внутреннего кольца с предварительным натягом**



**Рис. 10. Применение предварительного натяга с помощью болта**



**Рис. 11. Применение предварительного натяга с помощью пружины**



**Рис. 12. Применение предварительного натяга с помощью распорки (на свободном конце)**

Если в качестве подшипников со свободным концом используются неразборные подшипники, то наружное кольцо и корпус должны иметь свободную посадку, чтобы учесть 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 роликоподшипники и конические роликоподшипники или другие виды подшипников, которые могут справляться с осевой нагрузкой только в одном направлении, и устанавливайте их лицом к лицу или спиной к спине, чтобы сформировать сдвоенный комплект. Осевой зазор (перемещение в осевом направлении) после установки следует отрегулировать гайкой или прокладкой.

Устанавливая наружное кольцо с более плотной посадкой, используйте полый инструмент из 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** для того, чтобы избежать возможного воздействия прессовой посадки на кольцо подшипника через тела качения. Более того, необходимо использовать соответствующий способ установки, чтобы избежать нагрузки на подшипник при монтаже соединения, например, после того как установлен на вал подшипник с корпусом.

## 2.3 Установка с предварительным натягом

### 2.3.1 Предварительный натяг радиальных подшипников

При установке радиально-упорных роликоподшипников и конических роликоподшипников предварительный натяг должен применяться в зависимости от специфических условий эксплуатации. Предварительный натяг представляет собой регулирование сборки, в которой требуемая нагрузка на шарики и ролики подшипника применяется заранее, в то время как никакая нагрузка не применяется извне (или при 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 функционирования в рамках заданного минимального припуска.

Сборка с предварительным натягом является очень эффективным способом уменьшения деформации. Однако ни при каких обстоятельствах не следует применять предварительный натяг больше требуемого. Поэтому всегда нужно внимательно следить за способом установки и применения во избежание ошибок, в полной мере понимая назначение предварительного натяга.

На **рис. 10** показана ситуация, в которой наружные кольца двух радиальных подшипников устанавливаются после применения предварительного натяга посредством болтов 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 степень предварительного натяга.

Чем меньше нагрузка, с которой требуется справиться подшипнику во время работы, тем слабее предварительный натяг, необходимый для установки. В этой связи есть другой способ применения предварительного натяга к подшипнику – использование пружины как показано на **рис. 11**. Размер и сжатие пружины здесь определяется исходя из степени предварительного натяга. Несколько пружин необходимого размера размещаются по окружности. Во многих случаях предварительный натяг посредством пружин производится в целях уменьшения радиального отклонения.

Как показано на **рис. 12**, применение предварительного натяга к подшипнику с помощью распорок, вставленных как во внутренние, так и в наружные кольца, является отличным способом установки. Данный способ облегчает сборку и обеспечивает правильное применение предварительного натяга. Одна распорка слегка длиннее другой, а размеры отдельных подшипников немного отличаются. Так как мы не можем сказать, что распорки одинаковой длины могут применяться для всех подшипников, то при комбинировании подшипников специфическая длина распорки должна измеряться и определяться отдельно.

Однорядные радиально-упорные роликоподшипники не используются самостоятельно, они используются всегда в парах. Они могут комбинироваться как сдвоенные подшипники, обращенные друг к другулицевыми сторонами (DF) (**рис. 13**), или как сдвоенные подшипники, обращенные друг к другу обратными сторонами (DB) (**рис. 14**).

**Рис. 15** демонстрирует ситуацию, когда не применяется осевой предварительный натяг, где «а» и «b» - 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 «b» переместятся в осевом направлении после затягивания гайкой. Обычно «а» равно «b» у подшипников одного вида. В любом случае, если «а» и «b» правильно сконструированы и изготовлены для использования в специальных условиях, установка может легко проводиться посредством тугого затягивания гайки.

Отношение между осевой нагрузкой и смещением в осевом направлении однорядных радиально-упорных роликоподшипников может быть приблизительно выражено следующим уравнением (7):

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

где

- $\delta_a$  – смещение в осевом направлении (мм)
- $Q$  – нагрузка, применяемая к единичному шарик (N)
- $\alpha$  – 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, когда количество шариков в подшипнике является  $Z$ , может быть выражена следующим уравнением (8):

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

Следовательно, смещение в осевом направлении  $\delta_a$  может быть выражено следующим уравнением:

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

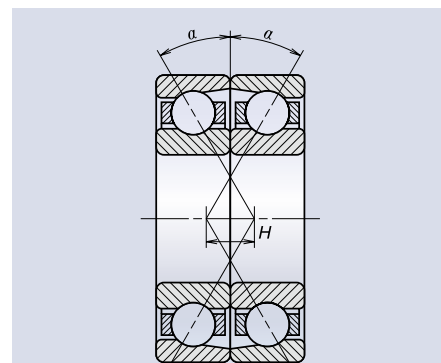
$C_a$  – постоянная величина, определяемая отдельным видом и размером подшипника.

На **рис. 16** зазоры  $a$  и  $b$  между подшипниками могут быть выражены осевым отклонением  $\delta_a$ . По мере увеличения предварительного натяга зазоры  $a$  и  $b$  будут уменьшаться, а предварительный натяг станет  $T_1$  после того, как зазоры достигнут нуля.

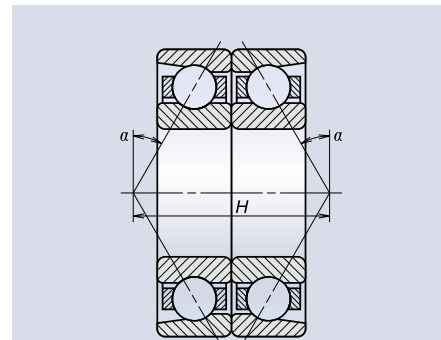
Если осевая нагрузка  $T$  применяется к подшипнику А внешне, то А будет далее смещаться посредством  $\delta_i$  в осевом направлении. Смещение подшипника В также сократится до такой же величины. Тогда смещения подшипников А и В будут выглядеть следующим образом:

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

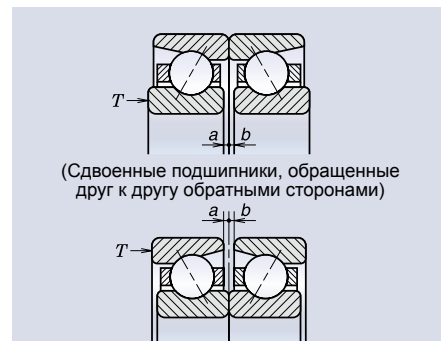
Точнее, сила, включая предварительный натяг, применяемая к подшипнику А является  $(T_1 + T - G)$ , а  $(T_1 - G)$  применяется к подшипнику В.



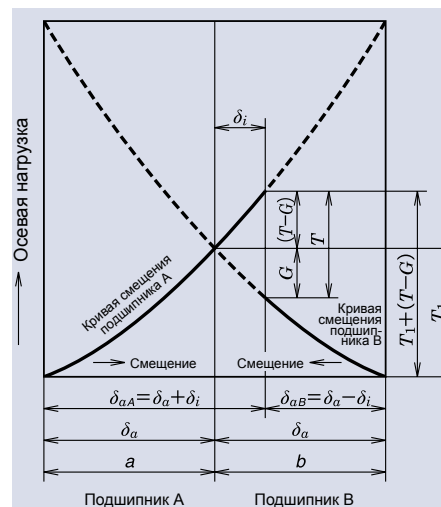
**Рис. 13. Сдвоенные подшипники, обращенные друг к другулицевыми сторонами**



**Рис. 14. Сдвоенные подшипники, обращенные друг к другу обратными сторонами**



**Рис. 15. Степень предварительного натяга**



**Рис. 16. Осевое смещение с предварительным натягом**

Если только  $\delta_T$  смещается под воздействием осевой нагрузки  $T$ , когда предварительный натяг к подшипнику не применяется, итоговое сокращение 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 В находится в ненагруженном состоянии, и смещение подшипника А,  $\delta_{aA}$ , становится следующим:

$$\delta_{aA} = 2\delta_a = 2C_a T = C_a(2T) \dots\dots\dots (10)$$

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

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

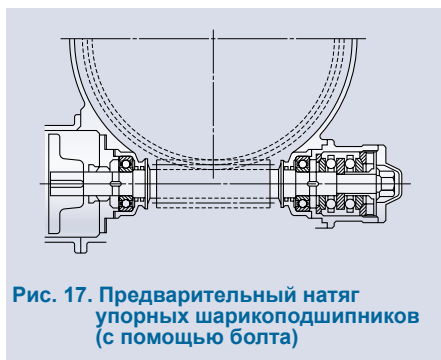
Далее из уравнений 9, 10 и 11 следует уравнение:

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

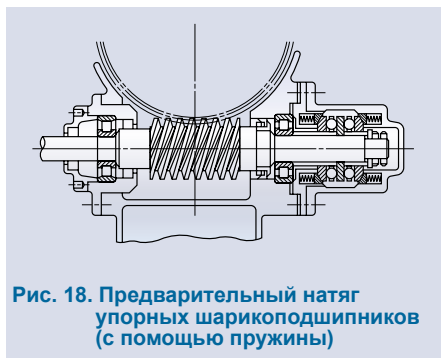
То есть

$$T = 2 \sqrt[3]{2} \cdot T_1$$

Когда обеспечивается предварительный натяг, подшипнику А требуется допустимая нагрузка, которая выдерживает осевую нагрузку  $(T_1 + T - G)$  относительно требуемой долговечности и скоростных условий.



**Рис. 17. Предварительный натяг упорных шарикоподшипников (с помощью болта)**



**Рис. 18. Предварительный натяг упорных шарикоподшипников (с помощью пружины)**

### 2.3.2 Предварительный натяг упорного подшипника

Необходимо проявлять осторожность при установке упорных шарикоподшипников на горизонтальные валы, 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 смещаются книзу или от центра шарики по стороне, где не применяется нагрузка, и сепараторы и/или кольца подшипников, а нагрузка применяется 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, способ предварительного натяга может осуществляться посредством применения болта или регулировочной пластины, которые производят 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 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 на шариках ввиду гироскопического момента. Наибольшая из двух величин, полученных из уравнений 13 и 14 (см. ниже), должны быть приняты за минимальную осевую нагрузку в целях предупреждения такого проскальзывания.

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

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{100} \dots \dots \dots (14)$$

где

$F_{a \min}$  – минимальная осевая нагрузка (N)

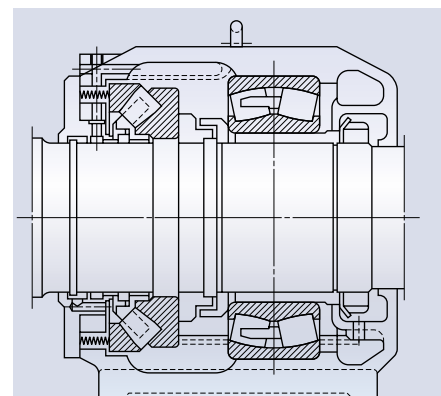
$C_{oa}$  – базовая статическая грузоподъемность (N)

$n$  – скорость ( $\text{min}^{-1}$ )

$N_{\max}$  – предельная скорость (смазка маслом) ( $\text{min}^{-1}$ )

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, получается из следующего уравнения:

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{1000} \dots \dots \dots (15)$$



**Рис. 19. Предварительный натяг упорных роликоподшипников (с помощью винта)**

## 2.4 Общие меры предосторожности при установке

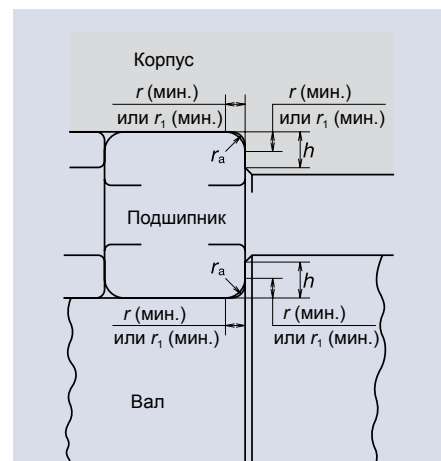
Для установки радиального подшипника на вал тесно прижмите подшипник к заплечикам вала и распорной втулке и зафиксируйте его, затянув гайку вала. Концы заплечиков вала и втулки должны быть перпендикулярными центральной линии вала. Если детали не перпендикулярны, то точность вращения подшипника и контакт при качении окажутся под вредным воздействием, приводя к 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 втулок или высота заплечика корпуса тесно связаны с разборкой подшипников, то их стандартные размеры описываются в JIS (Японские промышленные стандарты) и в наших каталогах в справочных целях. 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 высокоточных основных валов станочных систем. Для упорных шарикоподшипников с гладким седлом особенно важно добиваться перпендикулярности между валами и заплечиками корпуса с такой же точностью, как это было описано ранее. При операциях установки предельное внимание должно также уделяться эксцентриситету.

Несмотря на то, что подшипники с более высокой точностью могут требоваться для обеспечения общей точности функционирования станка, точность валов, корпусов и других комплектующих также должна повышаться в соответствии с точностью подшипника; несоответствие комплектующих – одна из основных причин повреждений подшипника.

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



**Рис. 20. Размеры фаски, радиусы кривизны галтели вала и корпуса, высота заплечиков**

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, или мусора или посторонних частиц, имеющихся на месте установки.

Итак, мы рассмотрели способы установки подшипников и измерения зазоров. В идеале, следует тщательно планировать предстоящую процедуру установки и всегда подробно документировать каждую операцию.

**Таблица 6. Рекомендуемая минимальная высота заплечиков и радиусы кривизны галтели вала и корпуса для использования с метрическими радиальными подшипниками**

Единица измерения: мм			
Номинальные размеры	Вал или корпус		
	Радиусы галтели	Минимальные высоты заплечиков $h$ (мин.)	
		$r_a$ (макс.)	Радиальные шарикоподшипники с глубокой смазочной канавкой <sup>(1)</sup> , самоустанавливающийся шарикоподшипник, цилиндрический роликоподшипник <sup>(1)</sup> , неразъемный игольчатый роликоподшипник
$r$ (мин.) или $r_i$ (мин.)			
0.05	0.05	0.2	—
0.08	0.08	0.3	—
0.1	0.1	0.4	—
0.15	0.15	0.6	—
0.2	0.2	0.8	—
0.3	0.3	1	1.25
0.6	0.6	2	2.5
1	1	2.5	3
1.1	1	3.25	3.5
1.5	1.5	4	4.5
2	2	4.5	5
2.1	2	5.5	6
2.5	2	—	6
3	2.5	6.5	7
4	3	8	9
5	4	20	11
6	5	13	14
7.5	6	16	18
9.5	8	20	22
12	10	24	27
15	12	29	32
19	15	38	42

<sup>(1)</sup> При применении высоких осевых нагрузок высота заплечика должна быть существенно больше приведенной в таблице.

<sup>(2)</sup> У подшипников с осевой нагрузкой высота заплечика должна быть существенно больше приведенной в таблице.

**Примечание:** 1. Радиусы кривизны галтели углов также применимы к упорным подшипникам.  
2. В таблицах подшипников вместо высоты заплечика приводится диаметр заплечика.

## 2.5 Смазка

Таблица 7. Торговые марки консистентных смазок и сравнение их свойств

Марка	Сгуститель	Базовое масло	Температура каплевания °C	Консистенция	Пределы рабочих температур ( <sup>1</sup> ) °C	Баростойкость	Предел эксплуатации в сравнении с указанным ограничением скорости ( <sup>2</sup> ) (%)
ADREX	Литий	Минеральное масло	198	300	0~+110	Высокая	70
APPOLOIL AUTOREX A	Литий	Минеральное масло	198	280	-10~+110	Средняя	60
Arapen RB 300	Литий/Кальций	Минеральное масло	177	294	-10~+ 80	Средняя	70
EA2 Grease	Мочевина	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	243	-40~+150	Средняя	100
EA3 Grease	Мочевина	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	230	-40~+150	Средняя	100
EA5 Grease	Мочевина	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	251	-40~+160	Высокая	60
EA7 Grease	Мочевина	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	243	-40~+160	Средняя	100
ENC Grease	Мочевина	Высокозфирное полиоловое синтетическое масло + минеральное масло	$\geq 260$	262	-40~+160	Средняя	70
ENS Grease	Мочевина	Высокозфирное полиоловое синтетическое масло	$\geq 260$	264	-40~+160	Средняя	100
ECZ	Литий + углеродная сажа	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	243	-10~+120	Средняя	100
ISOFLEX NBU 1	Соединение бария	Синтетическое сложнзфирное масло + минеральное масло	$\geq 260$	280	-30~+120	Низкая	100
ISOFLEX SUPER LDS 18	Литий	Синтетическое сложнзфирное масло	195	280	-50~+110	Низкая	100
ISOFLEX TOPAS NB52	Соединение бария	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	280	-40~+130	Низкая	90
Aero Shell Grease 7	Микрогель	Синтетическое сложнзфирное масло	$\geq 260$	288	-55~+100	Низкая	100
SH 33 L Grease	Литий	Силиконовое масло	210	310	-60~+120	Низкая	60
SH 44 M Grease	Литий	Силиконовое масло	210	260	-30~+130	Низкая	60
NS HI-LUBE	Литий	Высокозфирное полиоловое синтетическое масло + Синтетическое сложнзфирное масло	192	250	-40~+130	Средняя	100
NSA	Литий	Полиолефиновое масло $\alpha$ + Высокозфирное синтетическое масло	201	311	-40~+130	Средняя	70
NSC Grease	Литий	Алкидифениловое простое зфирное синтетическое масло + Высокозфирное полиоловое синтетическое масло	192	235	-30~+140	Средняя	70
NSK Clean Grease LG2	Литий	Полиолефиновое масло $\alpha$ + минеральное масло	201	199	-40~+130	Низкая	100
EMALUBE 8030	Мочевина	Минеральное масло	$\geq 260$	280	0~+130	Высокая	60
MA8 Grease	Мочевина	Алкидифениловое простое зфирное масло + Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	283	-30~+160	Средняя	70
KRYTOX GPL-524	ПТФЭ	Перфторированное полиэфирное масло	$\geq 260$	265	0~+200	Средняя	70
KP1	ПТФЭ	Перфторированное полиэфирное масло	$\geq 260$	280	-30~+200	Средняя	60
Cosmo Wide Grease WR No.3	Терефталомит натрия	Высокозфирное полиоловое синтетическое масло + Минеральное масло	$\geq 230$	227	-40~+130	Низкая	100
G-40M	Литий	Силиконовое масло	223	252	-30~+130	Низкая	60
Shell Alvania EP Grease 2	Литий	Минеральное масло	187	276	0~+ 80	Высокая	60
Shell Alvania Grease S1	Литий	Минеральное масло	182	323	-10~+110	Средняя	70
Shell Alvania Grease S2	Литий	Минеральное масло	185	275	-10~+110	Средняя	70
Shell Alvania Grease S3	Литий	Минеральное масло	185	242	-10~+110	Средняя	70
Shell Cassida Grease RLS 2	Соединение алюминия	Полиолефиновое масло $\alpha$	$\geq 260$	280	0~+120	Средняя	70
SHELL SUNLIGHT Grease 2	Литий	Минеральное масло	200	274	-10~+110	Средняя	70
WPH Grease	Мочевина	Полиолефиновое масло $\alpha$	259	240	-40~+150	Средняя	70
DEMNUM Grease L-200	ПТФЭ	Перфторированное полиэфирное масло	$\geq 260$	280	-30~+200	Средняя	60
NIGACE WR-S	Мочевина	Смешанное масло	$\geq 260$	230	-30~+150	Низкая	70
NIGLUB RSH	Соединение натрия	Полиалкиленовое гликолевое масло	$\geq 260$	270	-20~+120	Средняя	60
PYRONOC UNIVERSAL N6B	Мочевина	Минеральное масло	238	290	0~+130	Средняя	70
PALMAX RBG	Соединение лития	Минеральное масло	216	300	-10~+130	Высокая	70
Beacon 325	Литий	Синтетическое сложнзфирное масло	190	274	-50~+100	Низкая	100
MULTEMP PS No.2	Литий	Минеральное + Синтетическое сложнзфирное масло	190	275	-50~+110	Низкая	100
MOLYKOTE FS-3451 Greas	ПТФЭ	Перфторированное силиконовое масло	$\geq 260$	285	0~+180	Средняя	70
UME Grease	Мочевина	Минеральное масло	$\geq 260$	268	-10~+130	Средняя	70
UMM Grease 2	Мочевина	Минеральное масло	$\geq 260$	267	-10~+130	Средняя	70
RAREMAX AF-1	Мочевина	Минеральное масло	$\geq 260$	300	-10~+130	Средняя	70

**Примечание:** (<sup>1</sup>) Если смазка будет использоваться при верхнем или нижнем пределе температуры или в специфической среде, например, в вакууме, пожалуйста, проконсультируйтесь в NSK.

(<sup>2</sup>) При краткосрочном использовании или при охлаждении смазка может использоваться на скоростях, превышающих приведенные выше пределы, при условии соответствующего обеспечения смазкой.

Способы смазывания роликовых подшипников разделяются на смазку маслом и смазку консистентными веществами.

Смазка консистентными веществами – предпочтительный способ смазки роликовых подшипников, так как он имеет 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 уделять скорости вращения, рабочей температуре, количеству смазки, сроку 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 обычно рекомендуемые диапазоны температур. Когда смазка используется за пределами указанного диапазона, необходимо следить за пополнением смазки.

Внутри подшипника должно быть помещено достаточное количество смазки, включая поверхность скольжения 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, основываясь на внешнем виде подшипника.

При использовании смазки в нормальных рабочих условиях, смотрите **рис. 22 и 23** на странице 26, в которых приведены интервалы замены смазки.

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

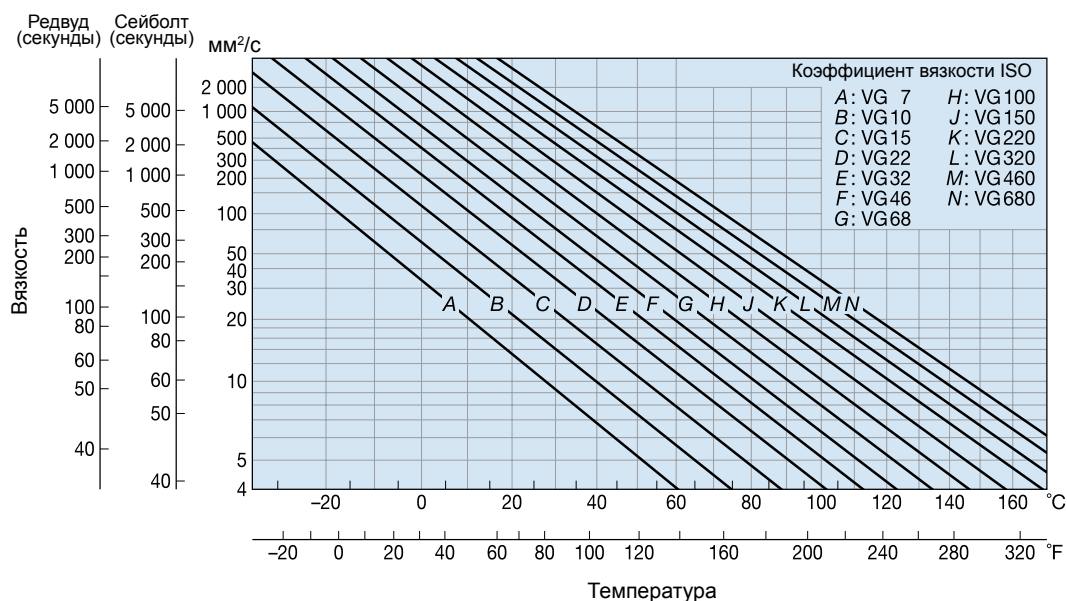
Однако смазка маслом явно добавляет сложности в систему смазывания и требует внимательного поддержания и обслуживания. Более того, уплотнения подшипника должны внимательно осматриваться во избежание протекания масла.

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 или цилиндрические шарикоподшипники .....13 мм<sup>2</sup>/S или выше  
Сферические роликоподшипники и конические роликоподшипники...20 мм<sup>2</sup>/S или выше  
Сферические упорные роликоподшипники.....32 мм<sup>2</sup>/S или выше

**Рис. 21** показывает общее отношение вязкости масла и температуры, хотя можно найти некоторые отклонения от этих цифр.

Способы смазки включают смазку в масляных ваннах, смазывание разбрызгиванием, циркуляционную смазку под давлением и смазку масляным туманом. Выбор соответствующего способа смазки зависит от имеющихся устройств и рабочих условий. Наиболее характерные предельные скорости подшипников, при которых используется смазка в масляных ваннах, также приведены в таблице размеров в каталоге.



**Рис. 21. График соотношения температуры и вязкости**

## 2.6 Проведение испытаний

Проведение испытаний работы подшипника следует осуществлять после завершения установки. Показатели, которые должны проверяться во время испытаний, включают наличие аномального шума и чрезмерный рост температуры. Не стоит говорить о том, что вращение подшипника во время испытаний должно быть плавным.

Если во время испытаний обнаруживаются какие-либо недочеты, дефекты, то испытание должно быть немедленно остановлено, подшипник разобран и необходимо 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 вычислить по температуре наружной поверхности корпуса, лучше напрямую измерять температуру наружного кольца, используя для доступа отверстия для масла. Изменения температуры тоже могут быть вычислены по температуре смазочного материала. Так как в целом температура подшипника постепенно растет и достигает через некоторое время температуры насыщения, то посредством мониторинга температуры возможно 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 вырастает до аварийного уровня.

Температура насыщения подшипника варьируется в зависимости от теплоемкости, теплоотдачи, количества вращений и нагрузки центральной машины. Как правило температура варьируется от 20°C до 30°C.

Возможные причины неудержимого роста температуры до аварийных пределов следующие:

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

Более того, это могут быть случаи неправильной установки, неточного изготовления или неверного выбора подшипника.

Звук подшипника можно проверить с помощью локатора шума или другого устройства, приложенного к корпусу. Ненормальные звуки, такие как громкие звуки металла, странные необычные шумы, могут быть вызваны недостаточной смазкой, неподходящим выбором вала или корпуса, попаданием чужеродных частиц или соринки в подшипник, или наличием дефекта подшипника.

Возможные причины поломок различных видов подшипников и соответствующие меры устранения приведены в **таблице 8**.

Результаты проведения испытаний должны всегда фиксироваться в письменном виде после завершения установки. В будущем эти записи могут быть использованы в качестве помощи при устранении неисправностей.

**Таблица 8. Причины и способы устранения нарушений работы**

ПОСАДКИ УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ С КОРПУСАМИ			
Нарушения работы		Возможные причины	Способы устранения
Шум	Громкий звук металла <sup>(1)</sup>	Неправильная нагрузка	Улучшите посадку, внутренний зазор, предварительный натяг, положение заплечика корпуса и т.д.
		Неправильная установка	Улучшите точность обработки на станке и выравнивание вала и корпуса, выберите правильный способ установки.
		Недостаточная смазка или неподходящее смазочное вещество	Пополните смазку или подберите другую смазку.
	Громкий регулярный звук	Контакт вращающихся частей	Измените лабиринтное уплотнение и т.д.
		Трещины, коррозия или царапины на дорожках качения	Замените или почистите подшипник, улучшите уплотнения и используйте чистую смазку.
		Бринеллирование	Замените подшипник. Аккуратно обращайтесь с подшипником.
	Нерегулярный звук	Отслаивание на дорожке качения	Замените подшипник.
		Излишне большой зазор	Улучшите посадку, внутренний зазор, предварительный натяг.
		Проникновение инородных частиц	Замените или почистите подшипник, улучшите уплотнения и используйте чистую смазку.
Ненормальный рост температуры	Трещины или отслаивание на шариках	Замените подшипник.	
	Чрезмерное количество смазки	Сократите количество смазки. Подберите более плотное смазывающее вещество.	
	Недостаточная смазка или неподходящее смазочное вещество	Пополните смазку или подберите другую смазку.	
	Неправильная нагрузка	Улучшите посадку, внутренний зазор, предварительный натяг, положение заплечика корпуса и т.д.	
	Неправильная сборка	Улучшите точность обработки на станке и необходимо выровнять вал и корпус, выбрать правильный способ установки.	
Вибрация (осевое биение)	Проскальзывание на пригнутой поверхности, чрезмерное трение уплотнений	Поправьте уплотнения, замените подшипник, поправьте посадку или сборку.	
	Бринеллирование	Замените подшипник. Аккуратно обращайтесь с подшипником.	
	Отслаивание	Замените подшипник.	
	Неправильная сборка	Проверьте перпендикулярность между валом и заплечиком корпуса или боковой поверхностью распорной втулки.	
Утечка или обесцвечивание смазки	Проникновение инородных частиц	Замените или почистите подшипник, улучшите уплотнения.	
	Много смазки. Проникновение инородных частиц или абразивной стружки.	Сократите количество смазки. Подберите более плотное смазывающее вещество. Замените подшипник или смазывающее вещество. Почистите корпус и примыкающие части.	

**Примечание:** <sup>(1)</sup> Скрип можно услышать в цилиндрических роликоподшипниках и шарикоподшипниках средних и больших размеров, которые работают при низких температурах, при смазке консистентными веществами. В таких условиях, даже когда появляется скрип, температура подшипника не поднимется, и это не влияет на усталостную долговечность или долговечность смазки. Следовательно, такой подшипник может использоваться дальше.

## 3. Техническое обслуживание и контроль

### 3.1 Процедуры технического обслуживания и контроля

Последовательное техническое обслуживание и регулярный контроль требуются для обеспечения непрерывного использования подшипника в течение всей его эксплуатационной службы с тем, чтобы проблемы можно было определить и разрешить до возникновения будущих (и потенциально нарастающих) проблем и неполадок.

Контроль подшипников во время функционирования сводится в такие мероприятия как периодическое прослушивание звуков подшипников, мониторинг температуры подшипника или наблюдение за вибрацией подшипника. Даже небольшое отслаивание подшипника создаст ненормальный или неровный шум, который опытный работник с помощью локатора легко отличит от нормального шума. Несмотря на то, что температуру можно грубо 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, должны проходить периодический контроль и смазываться свежей смазкой.

Проверка состояния смазки во время работы также является полезным способом определения технического состояния подшипника. Техническое состояние может быть определено по количеству грязи и мелкого железного порошка, содержащегося в смазке, а также по любому признаку утечки или ухудшения качества смазки.

Каждый раз при выявлении неисправностей или поломок подшипника в результате таких проверок подшипник должен быть разобран для дальнейшего тщательного обследования и определения причин их возникновения.

### 3.2 Способы смазки

#### 3.2.1 Смазка консистентными веществами

Смазка незаменима для подшипников. Несмотря на это для смазки требуется лишь небольшое количество смазывающего вещества, и оно не требует частого восполнения. Интервал смазки варьируется в зависимости от вида подшипника, размеров, числа оборотов и других рабочих условий. Эти факторы можно часто определить эмпирически.

**Рис. 22 и 23** представляют собой руководство по временному интервалу пополнения в условиях высококачественной консистентной смазки, загущённой литиевыми мылами и минералами, температуры подшипника 70°C и нормальной нагрузки (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 временной интервал пополнения зависит от размера нагрузки подшипника, и он вычисляется путем умножения коэффициента нагрузки как показано в **таблице 9**.

**Таблица 9. Коэффициент нагрузки**

P/C	≤ 0.06	0.1	0.13	0.16
Коэффициент нагрузки	1.5	1	0.65	0.45

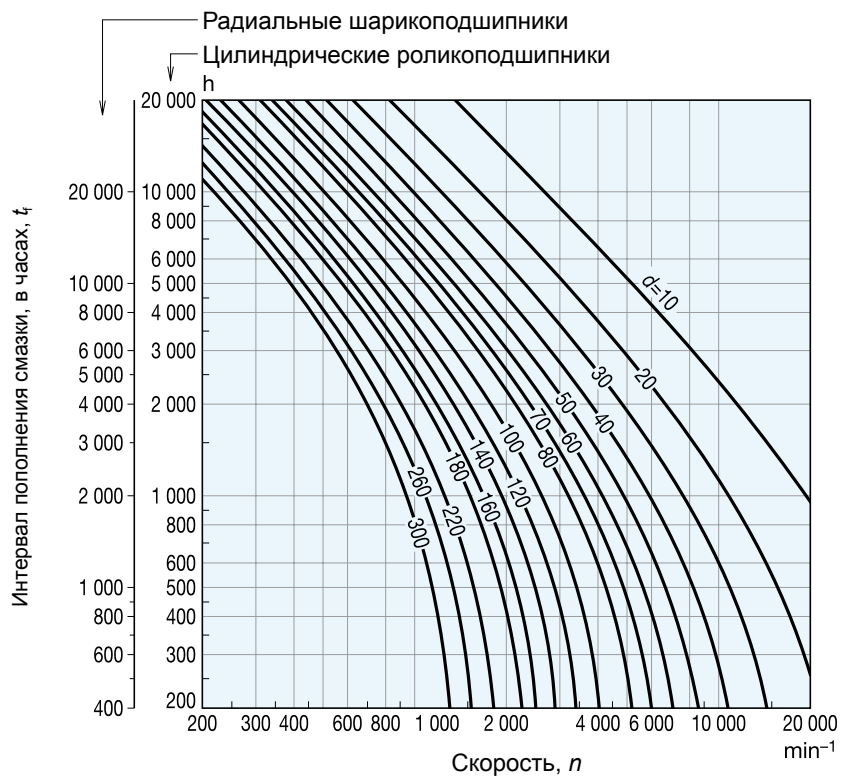


Рис. 22. Временной интервал пополнения смазки в радиальных шарикоподшипниках, цилиндрических роликоподшипниках.

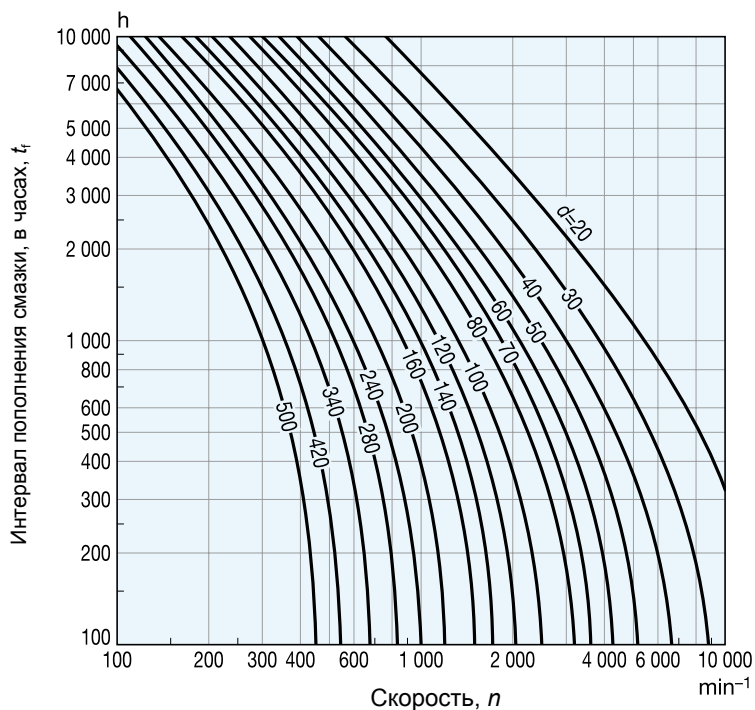


Рис. 23. Временной интервал пополнения смазки для конических роликоподшипников, сферических роликоподшипников.

В случае использования шариковых подшипников временной интервал можно расширить в зависимости от вида используемой смазки. (Например, применение высококачественной смазки, загущенной литиевыми мылами и синтетикой, может расширить временной интервал пополнения, показанный на **рис. 22 и 23**, в два раза).

Технические характеристики смазки консистентными веществами снижаются путем эмульгирования или ухудшения качества из-за попадания инородных частиц или воды. Следовательно, если подшипник используется в таких жестких условиях, необходимо сокращать временной интервал пополнения (**рис. 22 и 23**) с половины до десяти.

Корпус следует конструировать, принимая во внимание необходимость пополнения или замены смазки. Например, корпус, используемый для станков, требующих периодическую замену смазки, должен легко разбираться; и поскольку смазка будет часто пополняться в ситуациях, когда не избежать попадания воды через уплотнение, то корпус должен быть сконструирован так, чтобы старая смазка могла быть без труда удалена.

И хотя корпус может заполняться смазкой при работе подшипника на чрезвычайно низкой скорости, все же следует избегать полного заполнения смазкой на высоких скоростях.

Если корпус можно регулярно разбирать, то лучше не просверливать отверстие для пополнения смазки. С практической точки зрения, смазка достигнет только периферии отверстия подачи, не доходя до подшипника, что может по-настоящему нарушить рабочие характеристики.

Однако подшипники больших размеров или подшипники, используемые на высокоскоростных операциях, требуют частой тщательной смазки. В данном случае следует просверливать отверстие подачи смазки, так как разбирать корпус при каждой смазке будет сложно. Здесь рекомендуется разделить пространство корпуса на стороне отверстия подачи на несколько секторов (**рис. 24**) с тем, чтобы вводить новую смазку в подшипник, не заполняя корпус. Широкое пространство должно обеспечиваться на противоположной стороне 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. Это подходит для подшипников, используемых для длительной непрерывной работы, например, в электромоторах и турбинных насосах. Смазочный клапан предназначен для смазки без пополнения. **Рис. 25** иллюстрирует расположение смазочных секторов и обеспечение смазочного клапана в корпусе.

На **рис. 26** показан корпус опорного подшипника, снабженного смазочным клапаном и разделенного тонкой железной пластиной *b* на смазочные корпуса.

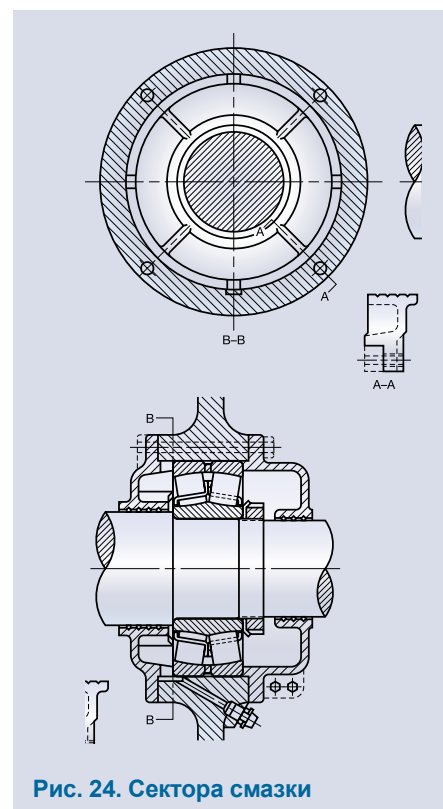


Рис. 24. Сектора смазки

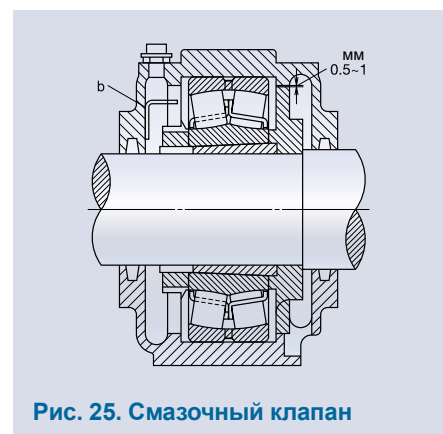


Рис. 25. Смазочный клапан

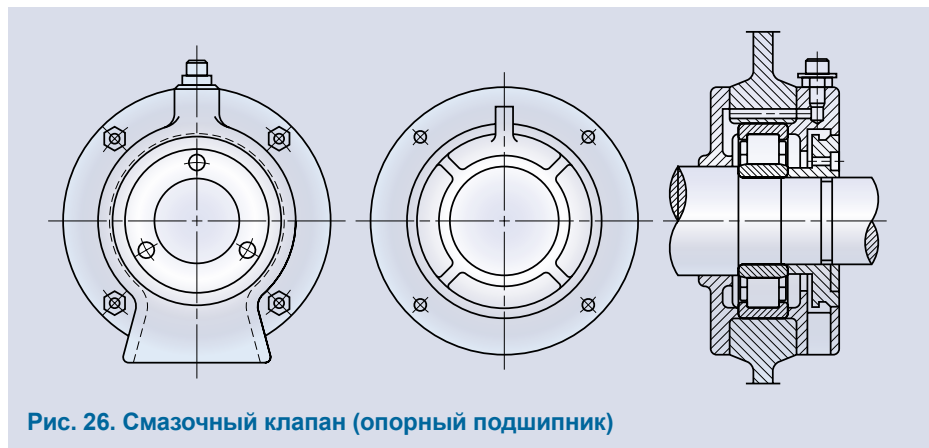


Рис. 26. Смазочный клапан (опорный подшипник)

### 3.2.2. Смазка маслом

Показания индикатора уровня масла, снабженного корпусом смазочной ванны, следует снимать тогда, когда подшипник не используется, с тем, чтобы точно определить уровень масла и снизить вероятность ошибки. В общем, если количество масла меньше необходимого, требуется пополнить его. Однако если уплотнительное устройство функционирует правильно без утечки в гидросистеме, 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 загрязнением, интервал смены масла до одного года должен быть достаточным.

При использовании подшипника при рабочей температуре выше 100°C с внешним источником нагрева, масло следует менять каждые два-три месяца или еще чаще, даже если используемое масло теплоустойчиво.

В случае капельной смазки количество капель должно регулироваться в соответствии с определенными условиями; тем не менее, нескольких капель в минуту должно быть достаточно при нормальных условиях. В случае высокоскоростной работы, когда подшипник смазывается струей масла, количество смазки регулируется давлением масла и диаметром отверстия форсунки. Важно, чтобы подаваемое масло не аккумулировалось на калибровочном участке.

## 3.3 Повреждения подшипника

Во избежание повторной поломки важно внимательно обследовать подшипник, преждевременно вышедший из строя, и проверить условия смазывания и сборки с тем, чтобы определить послужившие поломке причины. Вероятные причины включают неправильную сборку, обращение и смазку; неполная система герметизации; и недостаточное внимание к тепловому эффекту. Например, задиранье ребра, один из примеров выхода из строя подшипника, может произойти из-за недостатка масла, неисправности системы смазки, использования неподходящего смазывающего вещества, попадания воды или инородного вещества, чрезмерного относительного угла наклона между внутренним и наружным кольцом ввиду многочисленных ошибок сборки или чрезмерного отклонения вала или любой комбинации этих причин. Таким образом, очень сложно выявить реальную причину, только проведя обследование вышедшего из строя подшипника. Тем не менее, отслеживание условий до и после поломки, проверка станка и области, в которой применялся 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 диаметра и поверхности наружного диаметра, а также состояние внутренней стороны подшипника, например, состояние беговой дорожки на дорожке качения и области скольжения, включая ребро. В то же время, часто бывает полезно изучать не разрушенные подшипники в подобных условиях эксплуатации. В общем, важно проводить полное обследование оборудования, на котором используется подшипник. Характерные случаи поломок подшипника приведены ниже в качестве справочной информации.

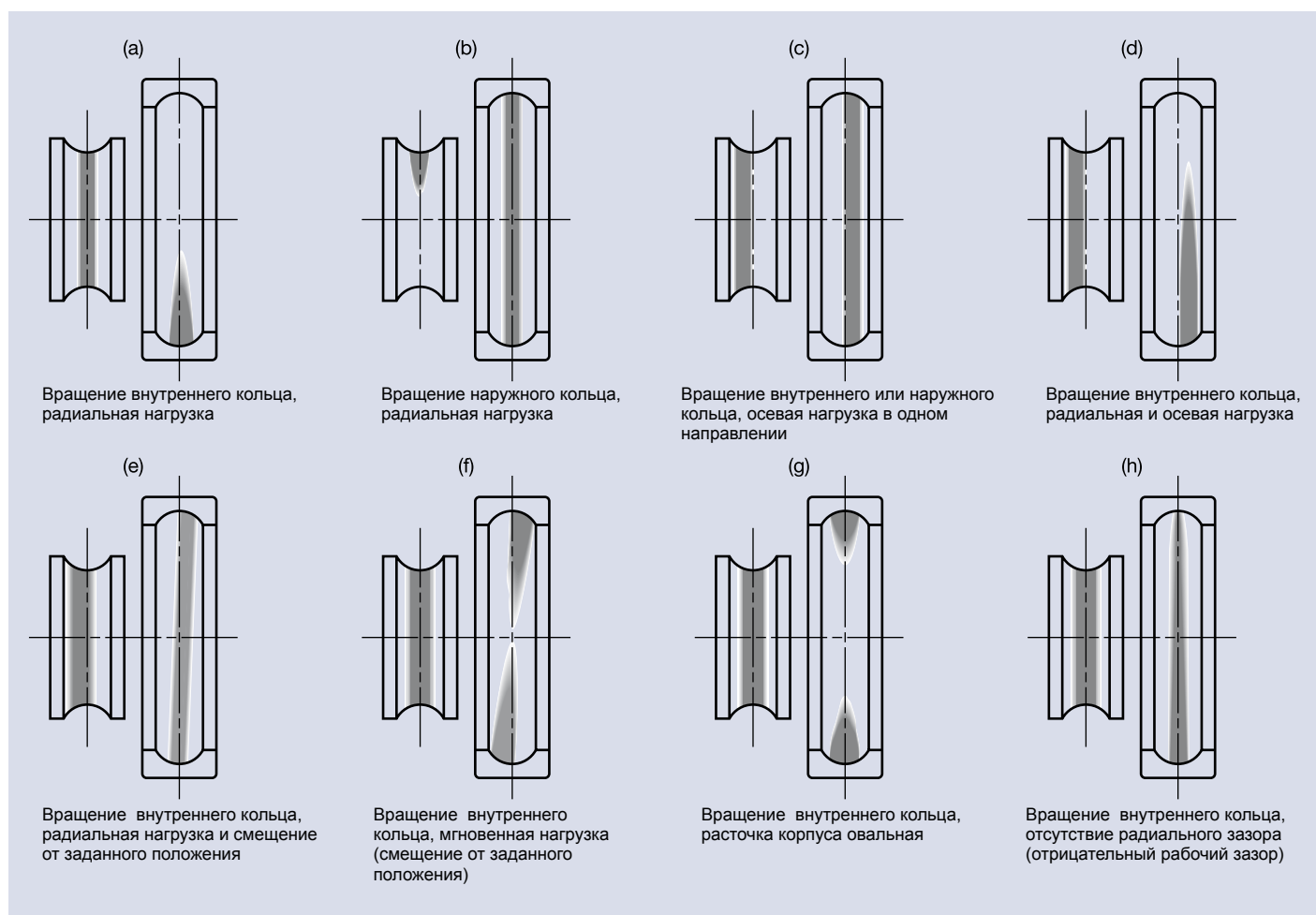
### Следы вращения и применяемые нагрузки

В процессе вращения подшипника дорожки качения внутреннего кольца и наружного кольца вступают в контакт с телом качения. Это приводит к дорожке 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 дает полезную информацию об условиях нагрузки.

При внимательном изучении следов вращения, возможно определить, несет ли подшипник радиальную нагрузку, большую осевую нагрузку или мгновенную нагрузку, или есть ли предельные изменения жесткости корпуса. Непредвиденную нагрузку, примененную к подшипнику, или чрезмерные погрешности в сборке также можно определить, обеспечивая тем самым информацию для выяснения причин выхода из строя. Характерные следы вращения на подшипниках с глубокой смазочной канавкой 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 от отклонения вала из-за смещения; (f) показывает след вращения при мгновенной нагрузке; (g) показывает след вращения в корпусе, который имеет форму эллипса и низкую точность внутреннего диаметра; и (h) показывает след вращения в подшипнике с недостаточным внутренним зазором. Следы вращения (e) – (h) часто служат причиной выхода из строя подшипника, и за ними нужно внимательно следить.



**Рис. 27.** Характерные следы вращения на радиальных шарикоподшипниках



Рис. 28. Отслаивание



Рис. 29. Отслаивание

## Отслаивание

Несмотря на то, что отслаивание в подшипнике сначала проявляется в чрезвычайно малой степени, оно значительно разрастается за сравнительно короткий промежуток времени (**рис. 28**). Нелегко определить здесь, появилось ли отслаивание в процессе обычной эксплуатации по истечении срока службы, или же это результат неправильной нагрузки.

К тому же, в отличие от других неисправностей, отслаивание часто наступает 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 размеры 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 отслоения на ранней стадии являются сборка в наклонном положении, неправильный выбор зазора подшипника и низкая точность корпуса.

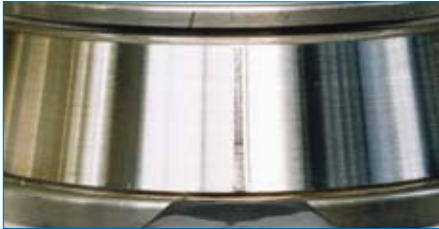


Рис. 30. Разлом



Рис. 31. Трещина

## Разломы и трещины

На **рис. 30** показан разлом на большом ребре внутреннего кольца конического подшипника. Это происходит, когда к подшипнику применяется неправильная осевая нагрузка или ударная нагрузка, или когда несоответствующая сила применяется к ребру во время сборки или разборки подшипника. Причины трещин включают применение тяжелой ударной нагрузки (**рис. 31**) и чрезмерного натяга. Когда подшипник поддерживается только за два края внешнего кольца, он может треснуть вдоль осевой плоскости. А там, где есть проскальзывание между внутренним кольцом и валом или корпусом, трещина появится в правых углах в направлении проскальзывания. Данный феномен наблюдается в тех случаях, когда наружное кольцо слабо посажено к валу, и происходит пробуксовка.



Рис. 32. Выбоина

## Выбоины

Выбоины на дорожках скольжения (выбоины Бринелля) могут появиться в результате небрежного обращения с подшипником, попадания посторонних частиц или тяжелой ударной нагрузки, примененной к подшипнику в состоянии покоя.

К тому же, выбоина, подобная выбоине Брюнелля, может быть вызвана повышенным истиранием в области контакта тела качения и дорожки качения из-за вибрации или качательного движения. Этот феномен, известный как ложное бринеллирование, часто наблюдается особенно в тех случаях, когда подшипник транспортируется во время установки в станок (**рис. 32**).

### Образование задиров

В роликоподшипниках шероховатости появляются на поверхности ребра или на ролике из-за аккумуляции маленьких задиров, образованных в результате недостаточной смазки или улавливания осколков на поверхности ребра или конца ролика до того, как задиры появятся на поверхности качения (рис. 33, 34). Следовательно, повреждение возникает на поверхности ребра или конца ролика до того, как оно появится на поверхности качения.



Рис. 33. Задир на поверхности ребра сферического роликоподшипника



Рис. 34. Задир на торцевой поверхности качения

### Износ

Факторы, влияющие на износ, включают попадание осколков, недостаточное смазывание и неправильное смазывающее вещество (рис. 35). Или же попадание воды вызывает коррозионный износ поверхности скольжения или поверхности качения. К тому же абразивное истирание может быть вызвано на пригнутой поверхности вала проскальзыванием по причине неправильной посадки.



Рис. 35. Износ

### Коррозия

Коррозия внутренней стороны подшипника вызывается попаданием жидкости или использованием неправильного смазывающего вещества. На рис. 36 показан пример коррозии, вызванной недостаточным смазыванием из-за попадания жидкости. Красно-коричневый или красно-черный абразивный порошок может появиться на пригнутой поверхности вала между валом/корпусом и внутренним/наружным кольцом. Окись образуется окислением пригнутой поверхности вала в результате небольшого скольжения между валом/корпусом и внутренним/наружным кольцом, которое возникает из-за малого контакта между ними, и часто наблюдается в сферах, где применяются вибрация и тяжелые нагрузки. Данный феномен, известный как коррозионное истирание (также называемый фреттинг-коррозия), на первый взгляд похож на ржавчину.



Рис. 36. Ржавчина



Рис. 37. Электрическая коррозия.

### Электрическая коррозия

Когда электрический ток проходит через подшипник в рабочем состоянии, область контакта между внутренним/наружным кольцом и шариком/роликом расплавится из-за лугового разряда, проходящего через очень тонкую масляную пленку для формирования желобообразных складок. Данные желобки могут появиться в виде рябины или полосатой неровной поверхности (рис. 37). Когда степень электрической коррозии значительная, это вызывает отслаивание, или нарушается жесткость поверхности дорожки качения, вызывая ускоренное абразивное истирание.

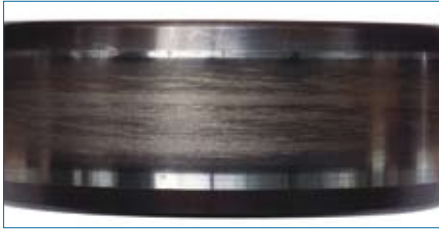


Рис. 38. Схватывание.

### Размывание

Размывание представляет собой повреждение поверхности, которое происходит между поверхностью дорожки качения и поверхностью качения, вызванное во время работы небольшими заеданиями, возникающих в результате скольжения и разрыва масляной пленки. Поверхность поврежденной зоны становится грубой в результате накопления мелких прилипаний, как показано на рис. 38. Требуются более качественная смазка и улучшение метода смазки.



Рис. 39. Проскальзывание.

### Проскальзывание

Проскальзывание – это феномен в подшипниках, когда относительное скольжение происходит на пригнанных поверхностях (между поверхностью отверстия внутреннего кольца и валом; и между внешней поверхностью наружного кольца и корпуса), образуя таким образом зазор на месте установки/подгонки. Проскальзывающая пригнанная поверхность образует блестящую или дымчатую поверхность с иногда появляющимися задирами или износом. На рис. 39 приведен пример данной проблемы.

Проверка натяга пригоняемой поверхности и боковой затяжки внешнего кольца эффективна в целях предупреждении проскальзывания. Смазывание между подшипником и валом/корпусом эффективно в предотвращении задилов и износа.

## 4. Разборка/демонтаж

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

Необходимо проводить всевозможные подготовительные работы для разборки подшипников, посредством изучения метод разборки, последовательности действий и условий посадки подшипника как это показано на чертежах.

При проведении исследования причин неисправности подшипника также необходимо соблюдать меры по осторожному обращению с подшипниками, как описывалось выше, чтобы сохранить состояние подшипника до разборки. В ходе разборки подшипника старайтесь не поцарапать его и не стереть смазку или не удалить пыль, грязь или железный порошок, так как эти действия могут помешать в определении причины неисправности.

Несмотря на то, что свободно установленный подшипник можно снять с легкостью, при разборке плотно установленного подшипника необходимо соблюдать предельную осторожность.

### Разборка наружных колец

На **рис. 40** показан простой эффективный способ разборки подшипника с плотно посаженным наружным кольцом. При этом способе разборочные болты сначала помещаются в нажимные отверстия в трех местах корпуса, которые обычно закрыты заглушками за исключением случаев, когда производится разборка.

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

В зависимости от обстоятельств подшипник может быть демонтирован посредством нагрева корпуса; однако окружность должна нагреваться равномерно, 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.

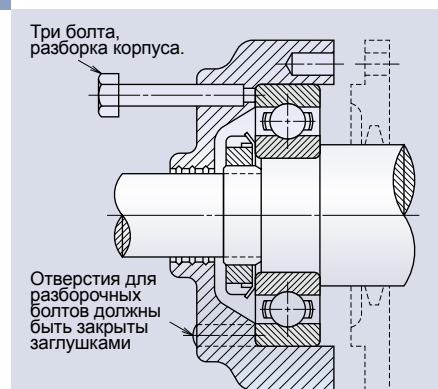


Рис. 40. Демонтаж наружного кольца.

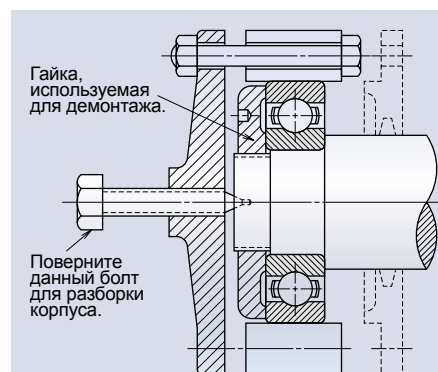
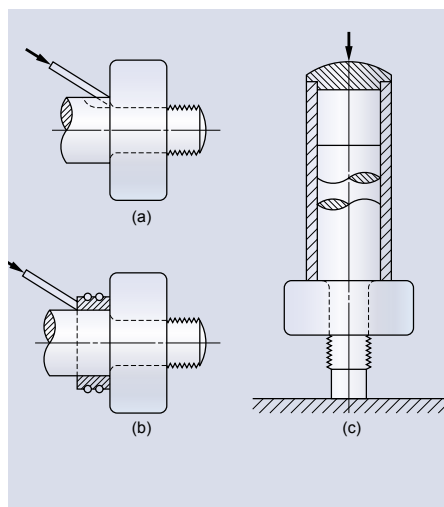


Рис. 41. Разборка наружного кольца

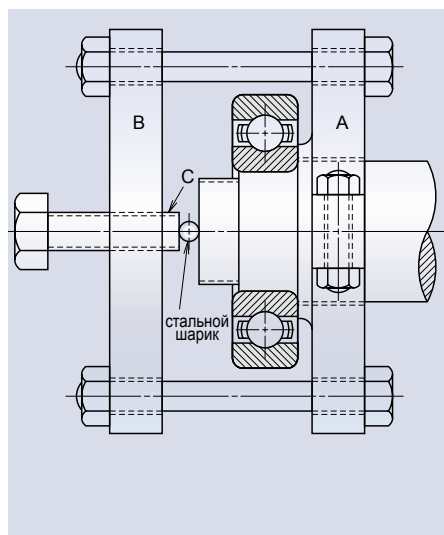
## 4.2 Разборка внутренних колец



Разборка внутреннего кольца является более сложной процедурой, чем установка, если оно плотно установлено. И хотя для разборки внутреннего кольца, как правило, используются клещи, их использование для извлечения наружного кольца может оставить вмятины на дорожке качения или испортить подшипник.

Простой способ, который часто используется при сравнительно небольшом вставленном натяге (**Рис. 42-а**), включает нанесение двух-трех выемок на заплечик вала, а затем постукивание молотком через накладку для извлечения внутреннего кольца. Однако удары можно наносить еще более безопасно через 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 ребра внутреннего кольца.

Другие безопасные способы включают использование трубки в качестве промежуточного вспомогательного элемента, как показано на **рис. 42-с**. Также рекомендуется использование шурупа 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 отдельного 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 разбираться намного легче без повреждений внутреннего кольца в соответствии с ранее описанным способом установки/разборки посредством индукционного нагрева. Когда данное устройство недоступно, внутреннее кольцо может быть расширено посредством нагрева окружности с помощью горелки или подобного оборудования. Данный способ направлен на предупреждение повреждений вала, не принимая во внимание возможное повторное использование подшипника.

Разборка подшипников должна тщательно продумываться 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, пока не будут приняты во внимание процессы установки и разборки.

## 4.3 Чистка подшипников

Когда подшипники используются в течение определенного периода времени и разбираются в целях осмотра, то их следует чистить. В первую очередь осмотрите старое смазочное покрытие, затем очистите подшипник и проверьте его состояние.

Разобранные подшипники должны сначала пройти предварительную чистку, а затем окончательную промывку. Во время предварительной очистки лучше использовать щетку для мягкого удаления смазки, содержащей пыль, грязь или абразивный порошок, не вращая подшипник.

Новые подшипники перед упаковкой всегда покрываются антикоррозийным средством. В общем, данные 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 смешении со смазочным материалом. Большой ущерб может быть нанесен чисткой подшипника в среде, содержащей загрязненные масла, пыль или грязь.

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

Следовательно, 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 распылителя. 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 каждой части подшипника.

## 5. Хранение подшипников

Так как подшипники не предназначены для длительного использования и должны заменяться через определенные промежутки времени, то 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 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 вентилируемом месте с низкой влажностью и без попадания прямого солнечного света, в шкафах или на стеллажах, находящихся, по крайней мере, на высоте 30см от уровня пола. Подшипники следует хранить упакованными, если не требуется другой способ хранения, так как распаковка может привести к появлению ржавчины.

Когда подшипники распаковываются для осмотра, предшествующего приемке, их следует хранить с учетом того, что им потребуется последующее нанесение антикоррозийного средства и переупаковка.

## 6. Приложения

Приложение. Таблица 2. Допустимые отклонения в диаметре отверстия корпуса.

Классификация диаметра (мм)		Отклонение среднего диаметра отверстия в единичной плоскости (нормальное) $\Delta D_{mp}$	d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5
От	До													
3	6	0	-30	-20	-10	-4	-4	0	0	0	0	0	0	±2.5
		-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	±3
		-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	±4
		-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	±4.5
		-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	±5.5
		-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	±6.5
		-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	±7.5
		-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	±9
		-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	±10
		-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	±11.5
		-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	±12.5
		-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	±13.5
		-45	-270	-175	-108	-47	-60	-27	-40	-63	-97	-155	-250	
500	630	0	-260	-145	-76	-	-22	-	0	0	0	0	0	-
		-50	-304	-189	-120	-	-66	-	-44	-70	-110	-175	-280	
630	800	0	-290	-160	-80	-	-24	-	0	0	0	0	0	-
		-75	-340	-210	-130	-	-74	-	-50	-80	-125	-200	-320	
800	1000	0	-320	-170	-86	-	-26	-	0	0	0	0	0	-
		-100	-376	-226	-142	-	-82	-	-56	-90	-140	-230	-360	
1000	1250	0	-350	-195	-98	-	-28	-	0	0	0	0	0	-
		-125	-416	-261	-164	-	-94	-	-66	-105	-165	-260	-420	
1250	1600	0	-390	-220	-110	-	-30	-	0	0	0	0	0	-
		-160	-468	-298	-188	-	-108	-	-78	-125	-195	-310	-500	
1600	2000	0	-430	-240	-120	-	-32	-	0	0	0	0	0	-
		-200	-522	-332	-212	-	-124	-	-92	-150	-230	-370	-600	

Единица измерения:  $\mu\text{м}$ 

js6	j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Классификация диаметра (мм)	
													От	До
$\pm 4$	+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
$\pm 4.5$	+4 -2	+7 -2	+10 -5	+7 +1	+10 +1	+16 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+34 +19	6	10
$\pm 5.5$	+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
$\pm 6.5$	+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
$\pm 8$	+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
$\pm 9.5$	+6 -7	+12 -7	+18 -12	+15 +2	+21 +2	+32 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+71 +41	50	65
											+62 +43	+73 +43	65	80
$\pm 11$	+6 -9	+13 -9	+20 -15	+18 +3	+25 +3	+38 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+86 +51	80	120
											+76 +54	+89 +54	80	120
$\pm 12.5$	+7 -11	+14 -11	+22 -18	+21 +3	+28 +3	+43 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63	+103 +63	120	180
											+90 +65	+105 +65	120	180
											+93 +68	+108 +68	120	180
$\pm 14.5$	+7 -13	+16 -13	+25 -21	+24 +4	+33 +4	+50 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77	+123 +77	180	250
											+109 +80	+126 +80	180	250
											+113 +84	+130 +84	180	250
$\pm 16$	+7 -16	$\pm 16$	$\pm 26$	+27 +4	+36 +4	+56 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+146 +94	250	315
											+130 +98	+150 +98	250	315
$\pm 18$	+7 -18	$\pm 18$	+29 -28	+29 +4	+40 +4	+61 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	+165 +108	315	400
											+150 +114	+171 +114	315	400
$\pm 20$	+7 -20	$\pm 20$	+31 -32	+32 +5	+45 +5	+68 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+189 +126	400	500
											+172 +132	+195 +132	400	500
$\pm 22$	-	-	-	-	+44 0	+70 0	-	+70 +26	+88 +44	+122 +78	+194 +150	+220 +150	500	630
											+199 +155	+225 +155	500	630
$\pm 25$	-	-	-	-	+50 0	+80 0	-	+80 +30	+100 +50	+138 +88	+225 +175	+255 +175	250	800
											+235 +185	+265 +185	250	800
$\pm 28$	-	-	-	-	+56 0	+90 0	-	+90 +30	+112 +56	+156 +100	+266 +210	+300 +210	315	1000
											+276 +220	+310 +220	315	1000
$\pm 33$	-	-	-	-	+66 0	+105 0	-	+106 +40	+132 +66	+186 +120	+316 +250	+355 +250	400	1250
											+326 +260	+365 +260	400	1250
$\pm 39$	-	-	-	-	+78 0	+125 0	-	+126 +48	+156 +78	+218 +140	+378 +300	+425 +300	500	1600
											+408 +330	+455 +330	500	1600
$\pm 46$	-	-	-	-	+92 0	+150 0	-	+150 +58	+184 +92	+262 +170	+462 +370	+520 +370	500	2000
											+492 +400	+550 +400	500	2000

Приложение. Таблица 2. Допустимые отклонения в диаметре отверстия корпуса.

Классификация диаметра (мм)		Отклонение среднего диаметра отверстия в единичной плоскости (нормальное) $\Delta D_{mp}$	E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7	JS6
От	До												
10	18	0	+43	+27	+34	+17	+24	+11	+18	+27	+6	+10	±5.5
		-8	+32	+16	+16	+6	+6	0	0	0	-5	-8	
18	30	0	+53	+33	+41	+20	+28	+13	+21	+33	+8	+12	±6.5
		-9	+40	+20	+20	+7	+7	0	0	0	-5	-9	
30	50	0	+66	+41	+50	+25	+34	+16	+25	+39	+10	+14	±8
		-11	+50	+25	+25	+9	+9	0	0	0	-6	-11	
50	80	0	+79	+49	+60	+29	+40	+19	+30	+46	+13	+18	±9.5
		-13	+60	+30	+30	+10	+10	0	0	0	-6	-12	
80	120	0	+94	+58	+71	+34	+47	+22	+35	+54	+16	+22	±11
		-15	+72	+36	+36	+12	+12	0	0	0	-6	-13	
120	150	0 -18	+110	+68	+83	+39	+54	+25	+40	+63	+18	+26	±12.5
150	180	0 -25	+85	+43	+43	+14	+14	0	0	0	-7	-14	
180	250	0	+129	+79	+96	+44	+61	+29	+46	+72	+22	+30	±14.5
		-30	+100	+50	+50	+15	+15	0	0	0	-7	-16	
250	315	0	+142	+88	+108	+49	+69	+32	+52	+81	+25	+36	±16
		-35	+110	+56	+56	+17	+17	0	0	0	-7	-16	
315	400	0	+161	+98	+119	+54	+75	+36	+57	+89	+29	-39	±18
		-40	+125	+62	+62	+18	+18	0	0	0	-7	-18	
400	500	0	+175	+108	+131	+60	+83	+40	+63	+97	+33	-43	±20
		-45	+135	+68	+68	+20	+20	0	0	0	-7	-20	
500	630	0	+189	+120	+146	+66	+92	+44	+70	+110	-	-	±22
		-50	+145	+76	+76	+22	+22	0	0	0	-	-	
630	800	0	+210	+130	+160	+74	+104	+50	+80	+125	-	-	±25
		-75	+160	+80	+80	+24	+24	0	0	0	-	-	
800	1000	0	+226	+142	+176	+82	+116	+56	+90	+140	-	-	±28
		-100	+170	+86	+86	+26	+26	0	0	0	-	-	
1000	1250	0	+261	+164	+203	+94	+133	+66	+105	+165	-	-	±33
		-125	+195	+98	+98	+58	+28	0	0	0	-	-	
1250	1600	0	+298	+188	+235	+108	+155	+78	+125	+195	-	-	±39
		-160	+220	+110	+110	+30	+30	0	0	0	-	-	
1600	2000	0	+332	+212	+270	+124	+182	+92	+150	+230	-	-	±46
		-200	+240	+120	+120	+32	+32	0	0	0	-	-	
2000	2500	0	+370	+240	+305	+144	+209	+110	+175	+280	-	-	±55
		-250	+260	+130	+130	+34	+34	0	0	0	-	-	

JS7	K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	Классификация диаметра (мм)	
												От	До
±9	+2	+2	+6	-4	-4	0	-9	-9	-5	-15	-11	10	18
	-6	-9	-12	-12	-15	-18	-17	-20	-23	-26	-29		
±10.5	+1	+2	+6	-5	-4	0	-12	-11	-7	-18	-14	18	30
	-8	-11	-15	-14	-17	-21	-21	-24	-28	-31	-35		
±12.5	+2	+3	+7	-5	-4	0	-13	-12	-8	-21	-17	30	50
	-9	-13	-18	-16	-17	-25	-24	-28	-33	-37	-42		
±15	+3	+4	+9	-6	-5	0	-15	-14	-9	-26	-21	50	80
	-10	-15	-21	-19	-24	-30	-28	-33	-39	-45	-51		
±17.5	+2	+4	+10	-8	-6	0	-18	-16	-10	-30	-24	80	120
	-13	-18	-25	-23	-28	-35	-33	-38	-45	-52	-59		
±20	+3	+4	+12	-9	-8	0	-21	-20	-12	-36	-28	120	150
	-15	-21	-28	-27	-33	-40	-39	-45	-52	-61	-68		
±23	+2	+5	+13	-11	-8	0	-25	-22	-14	-41	-33	180	250
	-18	-24	-33	-31	-37	-46	-45	-51	-60	-70	-79		
±26	+3	+5	+16	-13	-9	0	-27	-25	-14	-47	-36	250	315
	-20	-27	-36	-36	-41	-52	-50	-57	-66	-79	-88		
±28.5	+3	+7	+17	-14	-10	0	-30	-26	-16	-51	-41	315	400
	-22	-29	-40	-39	-46	-57	-55	-62	-73	-87	-98		
±31.5	+2	+8	+18	-16	-10	0	-33	-27	-17	-55	-45	400	500
	-25	-32	-45	-43	-50	-63	-60	-67	-80	-95	-108		
±35	-	0	0	-	-26	-26	-	-44	-44	-78	-78	500	630
	-	-44	-70	-	-70	-96	-	-88	-114	-122	-148		
±40	-	0	0	-	-30	-30	-	-50	-50	-88	-88	630	800
	-	-50	-80	-	-80	-110	-	-100	-130	-138	-168		
±45	-	0	0	-	-34	-34	-	-56	-56	-100	-100	800	1000
	-	-56	-90	-	-90	-124	-	-112	-146	-156	-190		
±52.5	-	0	0	-	-40	-40	-	-66	-66	-120	-120	1000	1250
	-	-66	-100	-	-106	-145	-	-132	-171	-186	-225		
±62.5	-	0	0	-	-48	-48	-	-78	-78	-140	-140	1250	1600
	-	-78	-125	-	-126	-173	-	-156	-203	-218	-265		
±75	-	0	0	-	-58	-58	-	-92	-92	-170	-170	1600	2000
	-	-92	-150	-	-150	-208	-	-184	-242	-262	-320		
±87.5	-	0	0	-	-68	-68	-	-110	-110	-195	-195	2000	2500
	-	-110	-175	-	-178	-243	-	-220	-285	-305	-370		



## ЕВРОПЕЙСКИЕ ОФИСЫ ПРОДАЖ NSK

### ПОЛЬША

NSK POLSKA Sp. z o.o.  
WARSAW BRANCH  
ul. MIGDAŁOWA 4/73  
02-796 WARSZAWA  
Тел: +48 22 645 15 25  
Факс: +48 22 645 15 29  
e-mail: info-pl@nsk.com

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ  
NSK UK LTD.  
NORTHERN ROAD, NEWARK  
NOTTINGHAMSHIRE  
NG24 2JF  
Тел: +44 1636 605123  
Факс: +44 1636 602775  
e-mail: info-uk@nsk.com

ГЕРМАНИЯ  
NSK DEUTSCHLAND GMBH  
HARKORTSTRASSE 15  
40880 RATINGEN  
Тел: +49 2102 4810  
Факс: +49 2102 4812290  
e-mail: info-de@nsk.com

### ФРАНЦИЯ

NSK FRANCE S.A.S  
QUARTIER DE L'EUROPE  
2 RUE GEORGES GUYNEMER  
78283 GUYANCOURT, CEDEX  
Тел: +33 1 30 57 39 39  
Факс: +33 1 30 57 00 01  
e-mail: info-fr@nsk.com

### ИСПАНИЯ

NSK SPAIN, S.A.  
C/ TARRAGONA, 161 CUERPO BAJO  
2ª PLANTA, 08014 BARCELONA  
Тел: +34 932 89 27 63  
Факс: +34 934 33 57 76  
e-mail: info-es@nsk.com

### ИТАЛИЯ

NSK ITALIA S.p.A.  
VIA GARIBALDI 215  
20024 GARBAGNATE, MILANESE (MI)  
Тел: +39 02 995 191  
Факс: +39 02 990 25 778  
e-mail: info-it@nsk.com

### НОРВЕГИЯ

NSK NORWAY OFFICE  
OSTRE KULLEROD 5  
N-3241 SANDEFJORD  
Тел: +47 3329 3160  
Факс: +47 3342 9002  
e-mail: info-n@nsk.com

### ТУРЦИЯ

NSK RULMANLARI ORTA DOĞU TİC. LTD. ŞTİ.  
19 MAYIS MAH. ATATÜRK CAD.,  
ULYA ENGIN İŞ MERKEZİ NO. 68 KAT. 6  
KOZYATAĞI 34734 İSTANBUL  
Тел: +90 216 355 0398  
Факс: +90 216 355 0399  
e-mail: turkey@nsk.com

### ШВЕЦИЯ

NSK SWEDEN OFFICE  
KAROLINEN FÖRETAGSCENTER  
VLXNÄSGATAN 10  
SE-65340 KARLSTADT  
Тел: +46 5410 3545  
Факс: +46 5410 3545  
e-mail: info-de@nsk.com

Посетите также наш сайт в Интернете: [www.eu.nsk.com](http://www.eu.nsk.com) – Global NSK: [www.nsk.com](http://www.nsk.com)

Компания NSK предприняла все усилия для обеспечения точности информации, изложенной в настоящем руководстве, но она не несет ответственность за какие-либо ошибки или опущения

© Авторские права NSK 2007. Содержание данного издания является собственностью издателей.  
Напечатано в Польше.  
Ref: HIB/ARU/03.08

