

NEW BEARING DOCTOR

ДИАГНОСТИКА НЕПОЛАДОК ПОДШИПНИКОВ



ПОДПИСАТЬСЯ НА РАССЫЛКУ NSK 

Приближая будущее

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



Компания NSK

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

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

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

Наш главный продукт – удовлетворение запросов наших клиентов

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

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



New Bearing Doctor





Содержание

Введение	6
Обслуживание и эксплуатация подшипников	7
Меры предосторожности при обслуживании	7
Монтаж.....	8
Проверка работы подшипников.....	8
Рабочие характеристики подшипников.....	10
Шум подшипников.....	10
Вибрации подшипников.....	10
Температура подшипников.....	10
Влияние смазки.....	10
Выбор способа смазки.....	11
Пополнение и замена смазочного материала	12
Ревизия подшипников	14
Следы вращения и приложенные нагрузки	16
Повреждение подшипников и профилактические мероприятия	18
Усталостное отслаивание.....	19
Выкрашивание.....	21
Образование задиров.....	22
Истирание.....	24
Сколы.....	26
Трещины	27
Повреждение сепаратора	29
Микровмятины.....	31
Точечное выкрашивание.....	32
Износ	33
Фреттинг-коррозия.....	34
Ложное бринеллирование.....	35
Проскальзывание	36
Заедание.....	37
Электрическая коррозия	38
Ржавчина и коррозия	39
Ошибки при монтаже	40
Изменение цвета.....	41
Приложение: Таблица диагностики подшипников	42

Введение

Если подшипник выходит из строя в процессе работы оборудования, то может быть нарушен нормальный режим всего производственного цикла. Поскольку преждевременный выход подшипников из строя приводит к серьезным последствиям, крайне важно заранее распознать и решить проблему, приняв необходимые превентивные меры.

Как правило, тщательный осмотр подшипника или его корпуса позволяет выявить причину проблемы. Часто причина связана с недостаточной смазкой, ненадлежащим обслуживанием, неправильным выбором подшипника или с недостаточной конструкторской проработкой вала и корпуса. В большинстве случаев причину можно определить, проанализировав работу подшипника до поломки, условия его монтажа и смазки и изучив место повреждения.

Иногда подшипники выходят из строя внезапно и быстро. Такой преждевременный отказ отличается от отказа, вызванного усталостным разрушением. Долговечность подшипника можно рассматривать с точки зрения преждевременного разрушения и нормальной контактной усталости при качении.



Обслуживание и эксплуатация подшипников

Меры предосторожности при обслуживании

Так как подшипники качения являются высокоточными деталями машин, их обслуживание необходимо осуществлять тщательно и аккуратно. Даже при использовании высококачественных подшипников невозможно рассчитывать на их ожидаемую долговечность и эксплуатационные характеристики, если они эксплуатируются неправильно. Ниже перечислены основные меры предосторожности, которые должны быть соблюдены:

(1) Обеспечение чистоты подшипников

и окружающей их среды: Пыль и грязь, даже невидимые невооруженным глазом, оказывают вредное воздействие на подшипники. Необходимо предотвращать проникновение пыли и грязи, сохраняя подшипники и их окружение настолько чистыми, насколько это возможно.

(2) Аккуратное обслуживание: Сильные воздействия во время обслуживания могут вызывать царапины или другие повреждения подшипника и привести к выходу подшипника из строя. Сильные удары могут вызвать бринеллирование, разрушение или растрескивание.

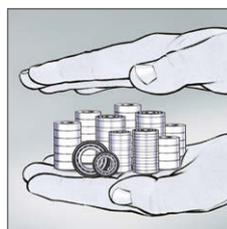
(3) Использование специальных инструментов:

При обслуживании подшипников всегда используйте специальные инструменты и избегайте применения приспособлений общего назначения.

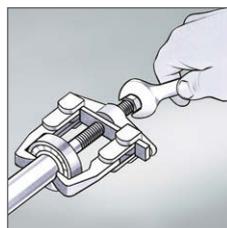
(4) Предотвращение коррозии: Так как пот на руках и другие загрязняющие вещества могут вызвать коррозию, мойте руки перед обслуживанием подшипников. По возможности работайте в перчатках.



Поддерживайте подшипники и помещение в чистоте!



Обращайтесь с подшипниками аккуратно!



Используйте специальные инструменты!



Защищайте подшипники от коррозии!

Обслуживание и эксплуатация подшипников

Монтаж

Необходимо всесторонне изучить монтаж подшипников, так как качество монтажа влияет на точность рабочих параметров подшипников, их долговечность и рабочие характеристики. Рекомендуется, чтобы технология монтажа включала в себя следующие шаги:

- › Очистка подшипника и смежных деталей;
- › Контроль размеров и подготовка соответствующих деталей;
- › Выполнение монтажа подшипника;
- › Проверка правильности монтажа подшипника;
- › Применение смазочного материала правильного типа в необходимом количестве.

Так как большинство подшипников вращаются вместе с валом, при монтаже подшипников, как правило, осуществляют посадку с натягом для внутреннего кольца подшипника и вала и посадку с зазором для наружного кольца и корпуса.

Проверка работы подшипников

После монтажа подшипника необходимо провести рабочие испытания для контроля правильности выполненного монтажа. В **Таблице 1** перечислены способы проверки работы подшипников. В случае обнаружения неисправности необходимо немедленно прекратить испытания и свериться с **Таблицей 2**, в которой перечислены способы устранения характерных неисправностей подшипников.

Необходимо периодически осматривать и обслуживать подшипник и контролировать условия его работы для того, чтобы продлить срок службы подшипника. Обычно применяют следующий метод:

(1) Проверка состояния подшипникового узла в рабочем режиме

Для определения срока замены подшипника и интервала пополнения смазки изучите ее свойства, принимая во внимание такие факторы, как рабочая температура, вибрации, шумы подшипников. (Подробная информация в разделе «Рабочие характеристики подшипников».)

(2) Контроль состояния подшипников

Старайтесь тщательно обследовать подшипник во время периодических осмотров машины и замены неисправных деталей. Проверьте состояние дорожек качения. Проверьте наличие повреждений. Подтвердите возможность дальнейшего использования подшипника или необходимость его замены. (Подробная информация в разделе «Осмотр подшипников».)



Таблица 1 Способы проверки работы подшипников

Размер оборудования	Способ проверки	Оценка состояния подшипника
Малогобаритное	Работа в ручном режиме. Вращать подшипник вручную. Если проблем не обнаружено, продолжать эксплуатацию оборудования.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Скачкообразность вращения (осколки, трещины, вмятины). ▶ Неравномерный крутящий момент (неправильный монтаж). ▶ Чрезмерный крутящий момент (ошибка при монтаже или недостаточный внутренний радиальный зазор).
	Режим работы под нагрузкой. Начать работу на низкой скорости и без нагрузки. Постепенно увеличивать скорость и нагрузку до достижения номинальной мощности.	Проверка на наличие нехарактерных шумов, повышения температуры подшипника, утечки или изменения цвета смазки.
Крупногабаритное	Режим холостого хода. Включить питание и запустить машину на низких оборотах. Выключить питание, дав возможность подшипнику вращаться по инерции. Если при проверке не обнаружено неисправностей, продолжить испытание машины под нагрузкой.	Вибрации, шумы и т.д.
	Режим работы под нагрузкой. Выполнить испытание в режиме работы под нагрузкой, как это описано для малогабаритного оборудования.	Проверить те же пункты, что и для малогабаритного оборудования.

Таблица 2 Причины неисправностей и способы их устранения

Неисправности	Вероятные причины	Способы устранения	
Шум	Громкий металлический звук	Несоответствующая нагрузка	Отрегулировать посадку, внутренний зазор, преднатяг, положение заплечиков корпуса и т.д.
		Неправильная установка	Отрегулировать соосность вала и корпуса, точность посадки подшипника
		Недостаточное количество смазки или несоответствующая смазка	Пополнить смазку или подобрать другой смазочный материал
		Соприкосновение вращающихся деталей	Изменить лабиринтное уплотнение и т.д.
	Постоянный громкий звук	Трещины, коррозия или царапины на дорожках качения	Заменить или очистить подшипник, исправить состояние уплотнений и использовать чистую смазку
		Бринеллирование	Заменить подшипник и быть внимательным и аккуратным при обслуживании
		Отслаивание на дорожках качения	Заменить подшипник
Прерывистый звук	Слишком большой зазор	Отрегулировать посадку, зазор и предварительный натяг	
	Попадание инородных частиц	Заменить или очистить подшипник, исправить состояние уплотнений и использовать чистую смазку.	
	Трещины или отслаивание в шариках	Заменить подшипник	
Аномальное повышение температуры	Чрезмерное количество смазки	Уменьшить количество смазочного материала, подобрать более густую смазку	
	Недостаточное количество смазки или несоответствующая смазка	Добавить смазочный материал или подобрать более подходящий	
	Несоответствующая нагрузка	Отрегулировать посадку, внутренний зазор, предварительную нагрузку, положение заплечиков корпуса	
	Неправильная установка	Отрегулировать соосность вала и корпуса, точность или метод посадки подшипника	
Вибрации (осевое биение)	Проскальзывание в области посадочных поверхностей, сильное трение уплотнений	Исправить уплотнения, заменить подшипник, скорректировать посадку или монтаж	
	Бринеллирование	Заменить подшипник и быть внимательным и аккуратным при обслуживании	
	Отслаивание	Заменить подшипник	
	Неправильная установка	Обеспечить перпендикулярность вала по отношению к заплечикам корпуса или торцу проставки	
Утечка или изменение цвета смазки	Попадание инородных частиц	Заменить или очистить подшипник, исправить состояние уплотнений	
	Чрезмерное количество смазочного материала. Проникновение инородных веществ или частиц износа	Уменьшить количество смазочного материала, подобрать более густую смазку. Заменить подшипник или смазочный материал. Очистить корпус и смежные детали	

Рабочие характеристики подшипников

Основными рабочими характеристиками подшипника в процессе эксплуатации являются шум, вибрации, температура и состояние смазочного материала. Смотрите **Таблицу 2** в случае обнаружения каких-либо нарушений в работе подшипника.

Шум подшипников

В процессе эксплуатации для исследования уровня и характеристик шумов при вращении подшипников могут быть использованы звукоулавливающие приборы (стетоскоп, специальный инструмент Bearing Monitor от NSK и др.). По характерным аномальным шумам возможно различить такие повреждения подшипников, как небольшое отслаивание.

Вибрации подшипников

Неисправности подшипников можно проанализировать посредством измерения вибраций работающей машины. Для измерения величины и частотного распределения вибраций применяется анализатор частотного спектра. Результаты тестов дают возможность определять вероятные причины неисправностей подшипников. Данные измерений различаются в зависимости от условий работы подшипника и размещения датчика вибраций. Вследствие этого, данный метод требует разработки способов измерений для каждой конкретной исследуемой машины. Полезно уметь определять неисправность по характеру вибраций подшипников в процессе работы. Более подробную информацию о данном методе можно найти в брошюре NSK Pt. No. E410 (Bearing Monitor).

Температура подшипников

Как правило, температура подшипников может быть оценена по температуре наружной поверхности корпуса, однако предпочтительным способом является непосредственное измерение температуры наружного кольца подшипника с помощью измерительного зонда через отверстие для масла. Обычно после начала работы машины температура подшипников постепенно повышается в течение около 1-2 часов до достижения стабильного состояния. Температура подшипника в таком состоянии зависит от нагрузки, частоты вращения и характеристик теплопроводности машины. Недостаточная смазка или неправильный монтаж могут стать причиной быстрого повышения температуры подшипников. В таком случае необходимо приостановить работу машины и принять соответствующие меры по решению данной проблемы.

Влияние смазки

Две основные цели использования смазки заключаются в минимизации трения и сокращении износа подшипников, которые могут привести к преждевременному выходу подшипников из строя. Смазка обеспечивает следующие преимущества:

- › **Уменьшение трения и износа**
Непосредственный контакт между кольцами подшипника, элементами качения и сепаратором, которые являются основными компонентами подшипника, устраняется благодаря слою смазки, которая уменьшает трение и сокращает износ на поверхностях контакта.
- › **Продление усталостной долговечности**
Усталостная долговечность подшипников в значительной мере зависит от вязкости и толщины масляной пленки между поверхностями контакта качения. Более толстая пленка продлевает усталостную долговечность, и наоборот, долговечность уменьшается, если вязкость масла слишком мала, вследствие чего толщина пленки недостаточна.
- › **Теплоотведение и охлаждение**
Циркуляционная смазка может быть использована как для отвода теплоты трения, так и теплоты, поступающей извне, с целью не допустить перегрева подшипника и порчи масла.
- › **Уплотнение и защита от коррозии**
Соответствующая смазка также препятствует попаданию инородных частиц в подшипники и защищает от коррозии.

Таблица 3 Сравнение консистентной смазки и масла

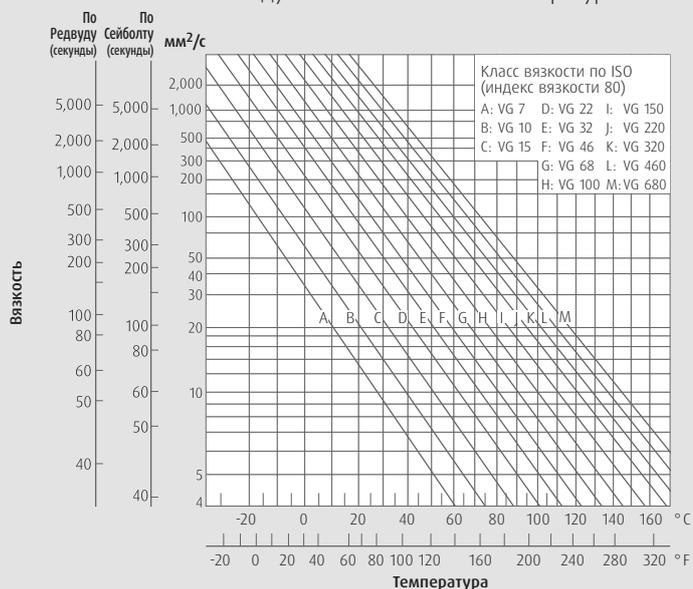
	Консистентная смазка	Смазывание маслом
Конструкция корпуса и способ уплотнения	Простые	Могут быть сложными. Необходима аккуратная эксплуатация
Скорость	Предельная скорость составляет 65% – 80% от таковой при смазке маслом	Высокая предельная скорость
Охлаждающий эффект	Слабый	Отвод теплоты возможен при использовании принудительной циркуляции масла
Текучесть	Слабая	Хорошая
Замена смазочного материала	Иногда затруднена	Легко выполняема
Удаление инородных частиц	Удаление частиц из консистентной смазки невозможно	Легко выполняемо
Загрязнение окружающей среды в результате утечек	Загрязнение при утечках происходит очень редко	Возможны частые утечки, если не приняты соответствующие меры. Данный способ смазки не подходит, если необходимо избежать внешнего загрязнения

Таблица 4 Необходимая вязкость в соответствии с типом подшипника

Тип подшипника	Вязкость при рабочей температуре
Шариковые подшипники, цилиндрические роликовые подшипники	13 мм ² /с или более
Конические роликовые подшипники, Сферические роликовые подшипники	20 мм ² /с или более
Сферические упорные роликоподшипники	32 мм ² /с или более

Примечание - 1 мм²/с = 1 сСт (Сантистокс)

Рис. 1 Зависимость между вязкостью масла и температурой



Выбор способа смазки

Способы смазки подшипников подразделяются на две основные категории: использование консистентной смазки и использование масла. Применяют тот способ смазки, который отвечает условиям эксплуатации и назначению, для того чтобы достигнуть наилучших рабочих характеристик подшипника. В **таблице 3** дано сравнение использования консистентной смазки и масла.

› **Консистентная смазка**

Консистентная смазка представляет собой смазочный материал, изготовленный из базового масла, загустителя и добавок. Необходимо выбирать такую смазку, которая подходит для условий эксплуатации подшипника. Имеются большие различия в эксплуатационных характеристиках даже между разными марками одного и того же типа смазки. Поэтому выбору пластичной смазки должно уделяться особое внимание. В **таблице 5** (стр.12) показаны примеры использования смазки в зависимости от ее консистенции.

› **Смазка маслом**

Существует несколько различных методов смазки маслом: масляная ванна, капельная подача, разбрызгивание, циркуляция, распыление, масляный туман и воздушно-масляные системы. Смазка жидким смазочным материалом, по сравнению с консистентной смазкой, является наиболее подходящей для применения при повышенных скоростях и температурах. Смазка маслом особенно эффективна в случае, когда необходимо рассеивать теплоту во внешнюю среду. Убедитесь, что выбрано смазочное масло, имеющее подходящую вязкость при рабочей температуре подшипника. Как правило, масло с низкой вязкостью используется для применения при высоких скоростях, в то время как масло с высокой вязкостью используется при тяжелых рабочих нагрузках. В **таблице 4** перечислены подходящие диапазоны вязкости при рабочей температуре для нормальных условий эксплуатации. При выборе масла можно руководствоваться **рис. 1**, на котором приведена зависимость между температурой и вязкостью смазочного масла. В **таблице 6** (стр. 13) даны примеры выбора смазочного масла для различных условий применения подшипников.

Рабочие характеристики подшипников

Пополнение и замена смазочного материала

(1) Интервал пополнения консистентной смазки

С течением времени даже высококачественная пластичная смазка теряет свои свойства и смазывающая способность ухудшается. Обязательно пополняйте смазку с регламентированным интервалом. На **рис. 2 (1) и (2)** показаны примерные интервалы пополнения смазки в зависимости от типа подшипника и скорости. Данные указаны для высококачественной смазки на основе минерального масла и литиевого мыла при температуре подшипников 70°C и нормальной нагрузке ($P/C=0,1$).

› Температура

Если рабочая температура подшипника превышает 70°C, интервал замены смазочных материалов должен быть уменьшен в два раза на каждые 15°C повышения его температуры.

› Смазочные материалы

В случае использования шариковых подшипников интервал замены смазочных материалов может быть увеличен в зависимости от типа и качества смазочных материалов. (Например, высококачественная смазка на основе синтетического масла с литиевым загустителем может увеличить интервал замены в два раза по сравнению с указанным на **рис. 2 (1)**. В случае рабочей температуры подшипника менее 70°C использование смазки на основе минеральных или синтетических масел с литиевым загустителем является предпочтительным.)

› Нагрузка

Интервал замены смазки зависит также от величины нагрузки подшипника. Умножьте интервал замены на коэффициент нагрузки, указанный на **рис. 2 (3)**. Если значение коэффициента P/C превышает 0,16, рекомендуется проконсультироваться со специалистом NSK.

(2) Интервал замены смазочного масла

Интервалы замены смазочного масла зависят от условий работы и количества масла. Обычно для рабочей температуры ниже 50°C и при чистых окружающих условиях интервал замены составляет 1 год. Если температура масла выше 100°C, то масло должно заменяться, по крайней мере, один раз в три месяца.

Таблица 5

Примеры применения и консистенция смазки

Номер консистенции	Консистенция (1/10 мм)	Применение	
#0	355 до 385	Централизованная система смазки	Если велика вероятность фреттинг-коррозии
#1	310 до 340	Централизованная система смазки, низкая температура	Если велика вероятность фреттинг-коррозии
#2	265 до 295	Обычная пластичная смазка	Закрытые шариковые подшипники
#3	220 до 250	Обычная пластичная смазка, высокая температура	Закрытые шариковые подшипники
#4	175 до 205	Высокая температура	Если пластичная смазка используется в качестве уплотнения

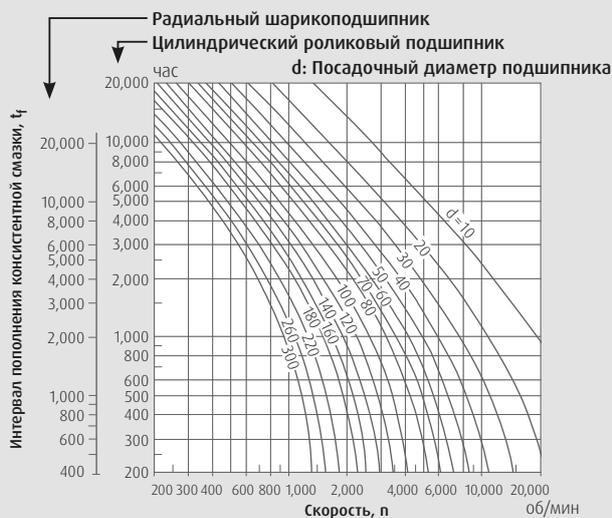
Таблица 6 Выбор смазочного масла для различного применения подшипников

Рабочая температура	Скорость	Легкая или нормальная нагрузка	Тяжелая или ударная нагрузка
-30 до 0°C	Ниже предельной скорости	ISO VG 15, 22, 32 (рефрижераторное масло)	—
0 до 50°C	Ниже 50% от предельной скорости	ISO VG 32, 46, 68 (подшипниковое масло, турбинное масло)	ISO VG 46, 68, 100 (подшипниковое масло, турбинное масло)
	В интервале 50-100% от предельной скорости	ISO VG 15, 22, 32 (подшипниковое масло, турбинное масло)	ISO VG 22, 32, 46 (подшипниковое масло, турбинное масло)
	Выше предельной скорости	ISO VG 10, 15, 22 (подшипниковое масло)	—
50 до 80°C	Ниже 50% от предельной скорости	ISO VG 100, 150, 220 (подшипниковое масло)	ISO VG 150, 220, 320 (Olej tożyskowy)
	В интервале 50-100% от предельной скорости	ISO VG 46, 68, 100 (подшипниковое масло, турбинное масло)	ISO VG 68, 100, 150 (подшипниковое масло, турбинное масло)
	Выше предельной скорости	ISO VG 32, 46, 68 (подшипниковое масло, турбинное масло)	—
80 до 110°C	Ниже 50% от предельной скорости	ISO VG 320, 460 (подшипниковое масло)	ISO VG 460, 680 (подшипниковое масло, трансмиссионное масло)
	В интервале 50-100% от предельной скорости	ISO VG 150, 220 (подшипниковое масло)	ISO VG 220, 320 (подшипниковое масло)
	Выше предельной скорости	ISO VG 68, 100 (подшипниковое масло, турбинное масло)	—

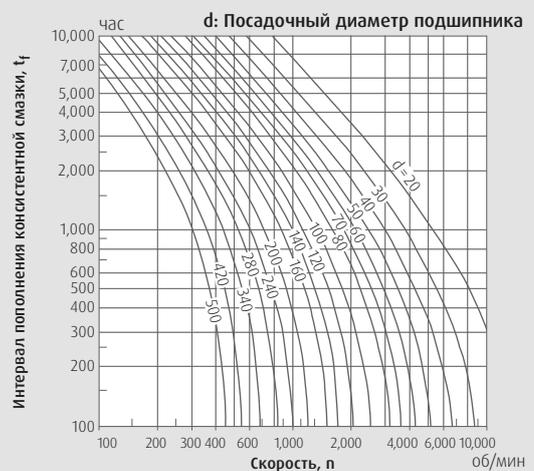
Примечания: 1. Что касается предельной скорости, используйте значения, перечисленные в таблицах размеров подшипников каталога «Подшипники качения NSK» (No. E1102).
 2. См. рефрижераторное масло (JIS K2211), подшипниковое масло (JIS K2239), турбинное масло (JIS K2213), трансмиссионное масло (JIS K2219).
 3. Температурные диапазоны даны в левой колонке таблицы 6. Для высоких рабочих температур рекомендуется смазочное масло с высокой вязкостью.

Рис. 2 Интервалы пополнения консистентной смазки

(1) Радиальные шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники



(2) Конические и цилиндрические роликоподшипники



(3) Коэффициент нагрузки

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

Примечания:
 P: эквивалентная нагрузка
 C: номинальная грузоподъемность

Ревизия подшипников



При ревизии подшипников во время периодических осмотров оборудования, рабочих осмотров или замены смежных деталей необходимо определять состояние подшипников и возможность их дальнейшего обслуживания.

Необходимо заносить в журнал записи о состоянии подшипника при визуальном осмотре. После взятия пробы смазки и оценки количества остаточной смазки подшипник должен быть очищен. Также необходимо проверить наличие повреждений и дефектов в сепараторе, посадочных поверхностях, на поверхности элементов качения и дорожек качения. Обратитесь за информацией к Разделу «Следы вращения и приложенные нагрузки» относительно исследования следов вращения на поверхности дорожек качения.

При оценке возможности дальнейшей эксплуатации подшипника необходимо принимать во внимание следующие факторы: степень повреждения подшипника, производительность оборудования, степень важности подшипника для работы оборудования, условия эксплуатации, периодичность проверок. Если ревизия выявит повреждения или нарушения в работе подшипника, необходимо выяснить причину и осуществить профилактические мероприятия (см. Раздел «Повреждение подшипников и профилактические мероприятия»). Если ревизия выявит такие повреждения подшипника, при которых его дальнейшая эксплуатация невозможна, то подшипник необходимо заменить на новый.

К таким повреждениям относятся:

- (1) Трещины или сколы на сепараторе, элементах качения или кольце с дорожкой качения;
- (2) Усталостное отслаивание на элементах качения, на дорожке качения;
- (3) Заметное образование задиров на элементах качения, поверхности бортика (втулки) или поверхности дорожек качения;
- (4) Заметный износ сепаратора или ослабление заклепок;
- (5) Дефекты или ржавчина на элементах качения или поверхности дорожек качения;
- (6) Заметные вмятины на элементах качения или поверхности дорожек качения;
- (7) Заметное истирание внешней поверхности наружного кольца или отверстия внутреннего кольца;
- (8) Изменение цвета вследствие нагрева;
- (9) Серьезные повреждения на защитной шайбе или уплотнении закрытого подшипника с незаменяемой пластичной смазкой.

Следы вращения и приложенные нагрузки

Когда подшипник вращается, дорожки качения внутреннего и наружного колец контактируют с элементами качения. Это приводит к появлению следов износа на элементах качения и дорожках качения. Следы вращения отражают характер нагрузки и должны быть тщательно изучены после демонтажа подшипника.

Если следы вращения явно выражены, то возможно определить, работал ли подшипник при радиальной нагрузке, осевой нагрузке или мгновенной нагрузке. Кроме того, можно определить отклонения колец подшипника от круглости. Проверьте, имеют ли место непредвиденные нагрузки или серьезные монтажные ошибки. Также определите возможную причину повреждения подшипника.

На **рис. 3** показаны следы вращения, образующиеся в радиальном шариковом подшипнике при различных режимах нагрузки. На **рис. 3 (а)** показан наиболее распространенный вид следов вращения, образующийся, когда внутреннее кольцо вращается под действием только радиальной нагрузки. На **рис. 3 (е) – (h)** изображено несколько различных следов вращения, которые приводят к снижению ресурса вследствие их неблагоприятного воздействия на подшипники. Аналогично на **рис. 4** показаны различные следы вращения роликовых подшипников: на **рис. 4 (i)** показан след вращения на наружном кольце, когда радиальная нагрузка приложена соответствующим образом к вращающемуся внутреннему кольцу цилиндрического роликоподшипника.

На **рис. 4 (j)** показан след вращения в случае изгиба вала или перекоса между внутренним и наружным кольцами.

Такая несоосность приводит к образованию слегка затененных (тусклых) полос по ширине кольца. Следы расположены по диагонали к началу и концу зоны приложения нагрузки. Для двухрядных конических роликовых подшипников, когда единичная нагрузка приложена к вращающемуся внутреннему кольцу, на **рис. 4 (k)** изображен след вращения на наружном кольце под действием радиальной нагрузки, а на **рис. 4 (l)** – след на наружном кольце при осевой нагрузке. Если имеет место несоосность между внутренним и наружным кольцами, то приложение радиальной нагрузки вызывает появление следов на наружном кольце, как показано на **рис. 4 (m)**.

Рис. 3 Типичные следы вращения радиальных шариковых подшипников

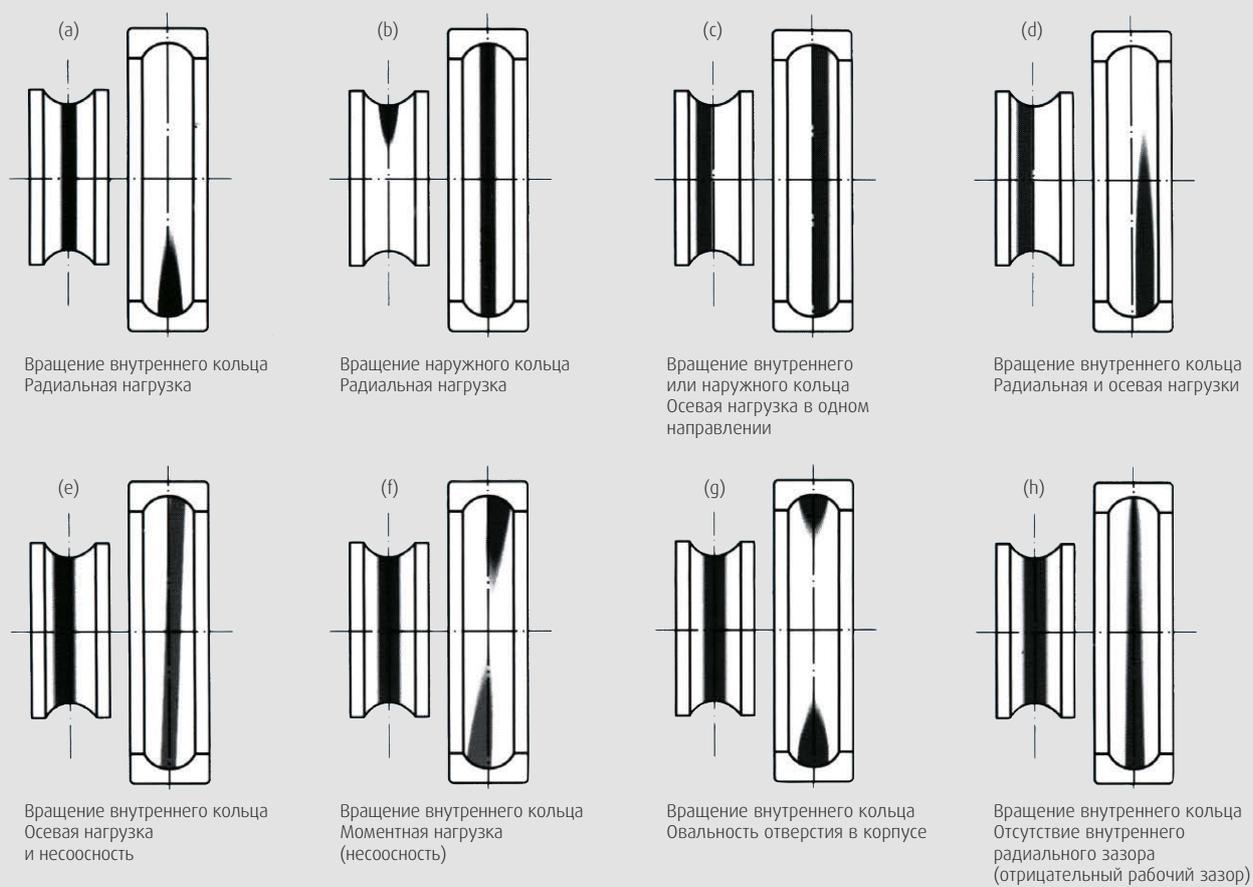
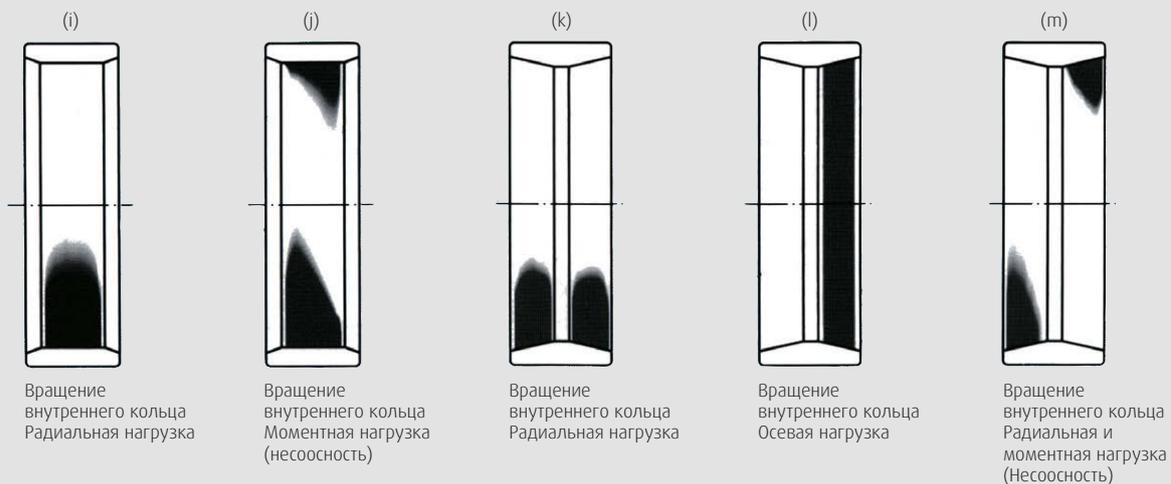


Рис. 4 Типичные следы вращения роликовых подшипников



Повреждение подшипников и профилактические мероприятия

Обычно если подшипники качения эксплуатируются правильно, они достигают своего прогнозируемого усталостного срока службы. Однако часто подшипники выходят из строя преждевременно в результате ошибок, которых можно было избежать. В отличие от усталостного разрушения, преждевременное разрушение вызвано ошибками при монтаже, несоблюдением правил эксплуатации, недостаточной смазкой, попаданием загрязнений или повышенным тепловыделением.

Например, одной из причин преждевременного выхода из строя является скол на бортике, который может появиться вследствие недостаточной смазки, использования неподходящего смазочного материала, несовершенной системы смазки, проникновения инородного вещества, ошибки при монтаже подшипника, чрезмерного смещения вала вала или вследствие комбинации перечисленных факторов.

Если известны все условия на момент до и после выхода подшипника из строя, включая место применения, условия эксплуатации и рабочую среду, тогда путем изучения природы неполадки и ее возможных причин становится возможным разработать профилактические мероприятия, которые в свою очередь сократят или предотвратят повторное возникновение подобных неполадок.

Страницы 19–41 содержат примеры повреждений подшипников и меры по их предотвращению. Обращайтесь к этим разделам, если необходимо определить причину неполадок. Кроме того, в качестве справочного руководства для быстрого поиска ответа может оказаться полезной таблица диагностики подшипников в Приложении.

Усталостное отслаивание

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Усталостное отслаивание представляет собой откалывание мелких частиц материала подшипника от гладкой поверхности дорожек или элементов качения в результате явления усталости при качении, в связи с чем возникают участки с шероховатой и крупнозернистой структурой поверхности.	<ul style="list-style-type: none"> › Чрезмерная нагрузка › Некачественный монтаж (несоосность) › Мгновенная нагрузка › Проникновение инородных частиц, проникновение воды › Недостаточное смазывание, несоответствующий смазочный материал › Неправильный зазор в подшипнике › Несоответствующая точность обработки поверхности вала или корпуса, неравномерная жесткость корпуса, большой изгиб вала › Наличие ржавчины, язвенной коррозии, истирания, вмятин (бринеллирования) 	<ul style="list-style-type: none"> › Пересмотреть условия эксплуатации подшипника и проверить режим нагрузки › Усовершенствовать технологию монтажа › Улучшить уплотнение, не допускать коррозии во время простоя › Использовать смазочный материал с подходящей вязкостью, улучшить способ смазки › Проверить точность обработки поверхностей вала и корпуса › Проверить внутренний зазор подшипника



Фото 1.1
Деталь: Внутреннее кольцо радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Усталостное отслаивание вдоль половины окружности дорожки качения
Причина: Недостаточное смазывание вследствие попадания охлаждающей жидкости в подшипник



Фото 1.2
Деталь: Внутреннее кольцо радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Усталостное отслаивание по диагонали вдоль дорожки качения
Причина: Несоосность между валом и корпусом в результате неправильного монтажа



Фото 1.3
Деталь: Внутреннее кольцо радиального шарикового подшипника
Признак: Усталостное отслаивание на дорожке качения, соответствующее шагу шариков
Причина: Вмятины в результате ударной нагрузки при монтаже



Фото 1.4
Деталь: Внутреннее кольцо радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Усталостное отслаивание на дорожке качения, соответствующее шагу шариков
Причина: Вмятины в результате ударной нагрузки в неподвижном состоянии

Усталостное отслаивание



Фото 1.5
Деталь: Наружное кольцо подшипника с фото 1.4
Признак: Усталостное отслаивание на поверхности дорожки качения, соответствующее шагу шариков
Причина: Вмятины в результате ударной нагрузки в неподвижном состоянии



Фото 1.6
Деталь: Шарикоподшипник с фото 1.4
Признак: Усталостное отслаивание на поверхности шариков
Причина: Вмятины в результате ударной нагрузки в неподвижном состоянии



Фото 1.7
Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликового подшипника
Признак: Усталостное отслаивание на одной дорожке качения по всей окружности
Причина: Чрезмерная осевая нагрузка



Фото 1.8
Деталь: Наружное кольцо подшипника с фото 1.7
Признак: Усталостное отслаивание только на одной дорожке качения по всей окружности
Причина: Чрезмерная осевая нагрузка



Фото 1.9
Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликового подшипника
Признак: Усталостное отслаивание только одного ряда дорожки качения
Причина: Недостаточное смазывание



Фото 1.10
Деталь: Ролики цилиндрического роликового подшипника
Признак: Преждевременное усталостное отслаивание на поверхности роликов в осевом направлении
Причина: Царапины, появившиеся в результате неправильного монтажа

Выкрашивание

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Тусклые или мутные пятна на поверхности вместе с незначительным общим износом. Из таких тусклых участков развиваются микротрещины, проникающие на глубину 5-10 мкм. Маленькие частицы материала, отделяясь, вызывают в различных местах вторичное усталостное выкрашивание.	<ul style="list-style-type: none"> › Неподходящий смазочный материал › Попадание инородных частиц в смазочный материал › Шероховатая поверхность вследствие недостаточной смазки › Шероховатость поверхности сопряженных вращающихся элементов 	<ul style="list-style-type: none"> › Выбрать подходящий смазочный материал › Улучшить механизм уплотнения › Улучшить качество обработки поверхности сопряженных вращающихся элементов



Фото 2.1
Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликового подшипника
Признак: Характерное выкрашивание круглой формы по центру поверхности дорожек качения
Причина: Недостаточное смазывание



Фото 2.2
Деталь: Увеличенное изображение с фото 2.1



Фото 2.3
Деталь: Ролики подшипника с фото 2.1
Признак: Характерное выкрашивание круглой формы по центру поверхности роликов
Причина: Недостаточное смазывание



Фото 2.4
Деталь: Наружное кольцо сферического роликового подшипника
Признак: Выкрашивание вдоль бортов по всей окружности кольца
Причина: Недостаточное смазывание

Образование задиров

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
<p>Задир – это повреждение поверхности в результате череды небольших заеданий, вызванных недостаточным смазыванием или сложными условиями эксплуатации.</p> <p>Повреждения в виде борозд появляются по окружности дорожек качения и на поверхности тел качения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> › Чрезмерная нагрузка, чрезмерный предварительный натяг › Недостаточное смазывание › Частицы, попавшие на поверхность › Наклон внутреннего и наружного колец › Изгиб вала › Низкая точность обработки поверхностей вала и корпуса 	<ul style="list-style-type: none"> › Проверить величину нагрузки › Отрегулировать предварительный натяг › Заменить смазочный материал и способ смазки › Проверить точность обработки поверхностей вала и корпуса



Фото 3.1

Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликового подшипника
Признак: Задир на поверхности борта внутреннего кольца
Причина: Проскальзывание роликов вследствие резкого ускорения и торможения



Фото 3.2

Деталь: Ролики подшипника с фото 3.1
Признак: Задир на торцевой поверхности роликов
Причина: Проскальзывание роликов вследствие резкого ускорения и торможения



Фото 3.3

Деталь: Внутреннее кольцо конического упорного роликоподшипника
Признак: Задир на поверхности борта внутреннего кольца
Причина: Отделившиеся частицы смешиваются со смазочным материалом, и происходит разрыв масляной пленки из-за чрезмерной нагрузки.



Фото 3.4

Деталь: Ролики двухрядного цилиндрического роликоподшипника
Признак: Задир на торцевой поверхности роликов
Причина: Недостаточное смазывание и избыточная осевая нагрузка



Фото 3.5
Деталь: Внутреннее кольцо сферического упорного роликоподшипника
Признак: Задиры на поверхности внутреннего кольца
Причина: Частицы износа, попадающие на поверхность, и чрезмерная осевая нагрузка



Фото 3.6
Деталь: Ролики подшипника с фото 3.5
Признак: Задиры на торцевой поверхности роликов
Причина: Частицы износа, попадающие на поверхность, и чрезмерная осевая нагрузка



Фото 3.7
Деталь: Сепаратор радиального шарикового подшипника
Признак: Задиры в ячейках штампованного стального сепаратора
Причина: Попадание инородных частиц

Истирание

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Истирание является поверхностным дефектом, который возникает в результате череды небольших заеданий между элементами подшипника, вызванных разрывом слоя смазки и/или скольжением. На поверхности появляются шероховатости вместе с частичным оплавлением.	<ul style="list-style-type: none"> › Высокая скорость и небольшая нагрузка › Резкое ускорение/торможение › Несоответствующий смазочный материал › Попадание воды 	<ul style="list-style-type: none"> › Отрегулировать преднатяг предварительный натяг › Отрегулировать зазор в подшипнике › Использовать лубрикант с хорошей способностью образования смазочного слоя › Изменить способ смазывания › Улучшить механизм уплотнения



Фото 4.1

Деталь: Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника

Признак: Истирание вдоль дорожки качения

Причина: Проскальзывание роликов вследствие избыточного количества пластичной смазки



Фото 4.2

Деталь: Наружное кольцо цилиндрического роликоподшипника

Признак: Истирание вдоль дорожки качения

Причина: Проскальзывание роликов вследствие избыточного количества пластичной смазки



Фото 4.3

Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

Признак: Истирание вдоль дорожки качения

Причина: Недостаточное смазывание



Фото 4.4

Деталь: Наружное кольцо подшипника с фото 4.3

Признак: Истирание вдоль дорожки качения

Причина: Недостаточное смазывание



Фото 4.5

Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

Признак: Частичное истирание вдоль дорожки качения

Причина: Недостаточное смазывание

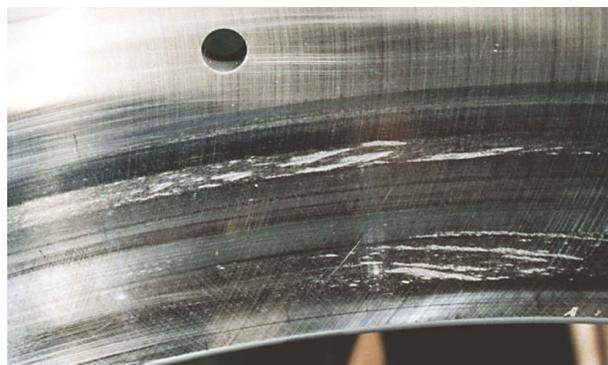


Фото 4.6

Деталь: Наружное кольцо подшипника с фото 4.5

Признак: Частичное истирание вдоль дорожки качения

Причина: Недостаточное смазывание



Фото 4.7

Деталь: Ролики подшипника с фото 4.5

Признак: Истирание в центральной части ролика

Причина: Недостаточное смазывание

Сколы

необходимую опору для бортиков
кольца подшипника

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Скол представляет собой образование мелких частей, которые отламываются в результате чрезмерной нагрузки или ударной нагрузки, действующей локально на часть угла ролика или бортика кольца.	<ul style="list-style-type: none"> › Удар в процессе монтажа › Чрезмерная нагрузка › Небрежное обращение, падение подшипника 	<ul style="list-style-type: none"> › Улучшить технологию монтажа (горячая посадка, использование надлежащих инструментов) › Пересмотреть характер нагрузки › Обеспечить необходимую опору для бортиков кольца подшипника



Фото 5.1

Деталь: Внутреннее кольцо двухрядного цилиндрического роликоподшипника

Признак: Сколы на среднем бортике

Причина: Чрезмерная нагрузка в процессе монтажа



Фото 5.2

Деталь: Внутреннее кольцо конического роликоподшипника

Признак: Скол на опорном бортике

Причина: Сильное ударное воздействие в процессе монтажа



Фото 5.3

Деталь: Внутреннее кольцо сферического упорного роликоподшипника

Признак: Скол на большом бортике

Причина: Многократно повторяющаяся нагрузка



Фото 5.4

Деталь: Наружное кольцо игольчатого подшипника

Признак: Скол на бортике наружного кольца

Причина: Отклонение роликов в результате избыточной нагрузки. Длина игольчатых роликов значительно больше их диаметра. При избыточной или неравномерной нагрузке ролики наклоняются и оказывают давление на бортики кольца подшипника.

Трещины

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Трещины на дорожках и телах качения. Продолжение эксплуатации подшипника в таком состоянии приводит к еще большим трещинам и сколам.	<ul style="list-style-type: none"> › Посадка с чрезмерным натягом › Чрезмерная нагрузка, ударная нагрузка › Развитие усталостного выкрашивания › Тепловыделение и истирание, вызванные контактом между деталями и дорожкой качения › Тепловыделение вследствие проскальзывания › Малый угол конусности вала › Нецилиндричность вала › Соприкосновение фаски подшипника с галтелью вала из-за большого радиуса скругления 	<ul style="list-style-type: none"> › Отрегулировать натяг посадки › Проверить режим нагрузки › Усовершенствовать технологию монтажа › Использовать вал с подходящей формой посадочной поверхности



Фото 6.1

Деталь: Наружное кольцо двухрядного цилиндрического роликоподшипника
Признак: Термические трещины на боковой поверхности наружного кольца
Причина: Повышенное тепловыделение вследствие контактного скольжения между сопряженной деталью и торцевой поверхностью наружного кольца



Фото 6.2

Деталь: Ролик конического упорного роликоподшипника
Признак: Термические трещины на торцевой поверхности ролика
Причина: Тепловыделение вследствие скольжения по бортику внутреннего кольца в условиях недостаточного смазывания



Фото 6.3

Деталь: Наружное кольцо двухрядного цилиндрического роликоподшипника
Признак: Трещины, появляющиеся в результате усталостного отслаивания и распространяющиеся по окружности и в осевом направлении
Причина: Усталостное отслаивание вследствие повреждения, вызванного ударным воздействием



Фото 6.4

Деталь: Вращающееся наружное кольцо двухрядного цилиндрического роликоподшипника (вращение наружного кольца)
Признак: Трещины на наружной поверхности
Причина: Изнашивание и тепловыделение вследствие отсутствия вращения наружного кольца

Трещины



Фото 6.5

Деталь: Поверхность дорожек качения наружного кольца с фото 6.4
Признак: Трещина наружной поверхности, образовавшаяся на дорожке качения



Фото 6.6

Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника
Признак: Трещины в осевом направлении на поверхности дорожек качения
Причина: Большие посадочные напряжения вследствие перепада температур между валом и внутренним кольцом



Фото 6.7

Деталь: Поперечный разрез внутреннего кольца с фото 6.6
Признак: Очаг развития разрушения находится непосредственно под поверхностью дорожки качения



Фото 6.8

Деталь: Ролик сферического роликоподшипника
Признак: Трещины в осевом направлении на поверхности качения

Повреждение сепаратора

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
<ul style="list-style-type: none"> › Повреждения сепаратора включают в себя деформацию, износ и разрушение › Разрушение перемычек сепаратора › Деформация боковой поверхности › Износ поверхности ячеек › Износ направляющей поверхности 	<ul style="list-style-type: none"> › Некачественный монтаж (несоосность подшипника) › Небрежное обращение › Большая мгновенная нагрузка › Ударная нагрузка и сильные вибрации › Чрезмерная скорость вращения, резкое ускорение и торможение › Недостаточное смазывание › Повышение температуры 	<ul style="list-style-type: none"> › Проверить технологию монтажа › Проверить температуру, вращение и режим нагрузки › Снизить вибрации › Подобрать тип сепаратора › Подобрать подходящий способ смазки и смазочный материал



Фото 7.1

Деталь: Сепаратор радиального шарикового подшипника
Признак: Разрушение ячеек штампованного стального сепаратора



Фото 7.2

Деталь: Сепаратор радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Разрушение перемычек ячеек механически обработанного чугуна сепаратора
Причина: Разрушающее воздействие нагрузки на сепаратор вследствие несоосности при сборке между внутренним и наружным кольцами



Фото 7.3

Деталь: Сепаратор радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Разрушение высокопрочного механически обработанного латунного сепаратора



Фото 7.4

Деталь: Сепаратор конического роликового подшипника
Признак: Разрушение перемычек ячеек штампованного стального сепаратора

Повреждение сепаратора



Фото 7.5

Деталь: Сепаратор радиально-упорного шарикового подшипника

Признак: Деформация штампованного стального сепаратора

Причина: Ударная нагрузка вследствие небрежного обращения



Фото 7.6

Деталь: Сепаратор цилиндрического роликового подшипника

Признак: Деформация торцевой поверхности высокопрочного механически обработанного латунного сепаратора

Причина: Сильное ударное воздействие в процессе монтажа



Фото 7.7

Деталь: Сепаратор цилиндрического роликового подшипника

Признак: Деформация и износ высокопрочного механически обработанного латунного сепаратора



Фото 7.8

Деталь: Сепаратор радиально-упорного шарикового подшипника

Признак: Ступенчатый износ на наружной поверхности и поверхности ячеек высокопрочного механически обработанного латунного сепаратора

Микровмятины

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Микровмятины образуются на поверхности дорожек и тел качения в результате попадания инородных тел, например металлических частиц, в зону контакта качения. Вмятины могут появляться с шагом равным шагу тел качения вследствие ударных воздействий при монтаже (бринелирование).	<ul style="list-style-type: none"> › Инородные частицы, например металлические частицы, попадают на поверхность дорожки качения › Чрезмерная нагрузка › Ударное воздействие в процессе транспортировки или монтажа 	<ul style="list-style-type: none"> › Промыть корпус › Улучшить механизм уплотнения › Отфильтровать смазочное масло › Усовершенствовать технологию монтажа и метод обслуживания



Фото 8.1
Деталь: Внутреннее кольцо двухрядного конического роликоподшипника
Признак: Матовая поверхность дорожек качения
Причина: Попадание инородных частиц на поверхность дорожек качения



Фото 8.2
Деталь: Наружное кольцо двухрядного конического роликоподшипника
Признак: Вмятины на поверхности дорожек качения
Причина: Попадание инородных частиц на поверхность дорожек качения



Фото 8.3
Деталь: Внутреннее кольцо конического роликоподшипника
Признак: Маленькие и большие вмятины по всей поверхности дорожки качения
Причина: Попадание инородных частиц на поверхность дорожки качения



Фото 8.4
Деталь: Ролики подшипника с фото 8.3
Признак: Маленькие и большие вмятины на поверхности роликов
Причина: Попадание инородных частиц на поверхность качения роликов

Точечное выкрашивание

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Поверхность дорожек и тел качения покрыта маленькими ямками и имеет матовый блеск.	<ul style="list-style-type: none">› Попадание инородных частиц в смазочный материал› Контакт с атмосферной влагой› Недостаточное смазывание	<ul style="list-style-type: none">› Улучшить механизм уплотнения› Тщательно отфильтровать смазочное масло› Использовать подходящий смазочный материал



Фото 9.1

Деталь: Наружное кольцо опорно-поворотного подшипника

Признак: Точечное выкрашивание на поверхности дорожки качения

Причина: Ржавчина в нижней части вмятин



Фото 9.2

Деталь: Шарик подшипника с фото 9.1

Признак: Точечное выкрашивание на поверхности элемента качения

Износ

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Износ представляет собой повреждение поверхности вследствие трения скольжения на поверхности дорожек и тел качения, бортика, ячеек сепаратора, торцевой поверхности роликов и т.д.	<ul style="list-style-type: none"> › Проникновение инородных частиц › Ржавчина и электрическая коррозия › Недостаточное смазывание › Скольжение в результате неравномерного движения элементов качения 	<ul style="list-style-type: none"> › Улучшить механизм уплотнения › Очистить корпус › Тщательно отфильтровать смазочное масло › Проверить смазочный материал и способ смазывания › Не допускать несоосность



Фото 10.1

Деталь: Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника

Признак: Множественные вмятины и волнообразный износ поверхности дорожек качения.

Причина: Электрическая коррозия



Фото 10.2

Деталь: Наружное кольцо сферического роликоподшипника

Признак: Износ имеет волнообразную или вогнуто-выпуклую структуру на нагруженной стороне дорожки качения

Причина: Попадание инородных частиц при циклических вибрациях в неподвижном состоянии



Фото 10.3

Деталь: Внутреннее кольцо двухрядного конического роликоподшипника

Признак: Фреттинговый износ дорожек качения и ступенчатый износ на поверхности бортика

Причина: Фреттинг в результате чрезмерной нагрузки в неподвижном состоянии



Фото 10.4

Деталь: Ролики подшипника с фото 10.3

Признак: Ступенчатый износ на торцевой и рабочей поверхностях роликов

Причина: Фреттинг в результате чрезмерной нагрузки в неподвижном состоянии

Фреттинг-коррозия

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Износ происходит вследствие периодически повторяющихся микросмещений соприкасающихся поверхностей, например на посадочных поверхностях, а также зонах контакта дорожек и элементов качения. Фреттинг-коррозия является альтернативным термином для описания красновато-коричневых или черных частиц износа.	<ul style="list-style-type: none"> › Недостаточное смазывание › Вибрации малой амплитуды › Недостаточный натяг посадки 	<ul style="list-style-type: none"> › Использовать подходящий смазочный материал › Применить предварительный натяг › Проверить посадку с натягом › Нанести слой смазочного материала на поверхность посадки



Фото 11.1
Деталь: Внутреннее кольцо радиального шарикового подшипника
Признак: Фреттинг-коррозия на поверхности посадочного отверстия
Причина: Вибрации



Фото 11.2
Деталь: Внутреннее кольцо радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Фреттинг-коррозия на всей поверхности посадочного отверстия
Причина: Посадка с недостаточным натягом

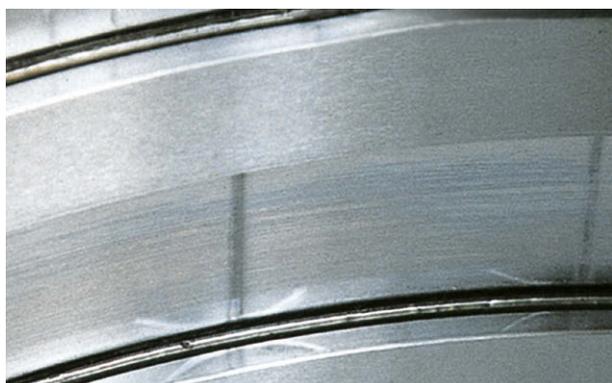


Фото 11.3
Деталь: Наружное кольцо двухрядного цилиндрического роликоподшипника
Признак: Фреттинг-коррозия на поверхности дорожки качения с интервалом, соответствующим шагу роликов

Ложное бринеллирование

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
<p>Подобно различным типам истирания, ложное бринеллирование представляет собой образование выбоин, имеющих сходство с вмятинами Бринелля, и происходит вследствие износа, вызванного вибрациями и колебаниями в точках контакта между элементами качения и дорожкой качения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> › Колебания и вибрации неподвижного подшипника, например во время транспортировки › Колебательное движение с малой амплитудой › Недостаточное смазывание 	<ul style="list-style-type: none"> › Зафиксировать вал и корпус во время транспортировки › Транспортировать подшипники с отдельно упакованными внутренним и наружным кольцами › Уменьшить вибрации с помощью предварительного натяга › Использовать подходящий смазочный материал



Фото 12.1
Деталь: Внутреннее кольцо радиального шарикового подшипника
Признак: Ложное бринеллирование на дорожке качения
Причина: Вибрации от внешнего источника в неподвижном состоянии



Фото 12.2
Деталь: Наружное кольцо подшипника с фото 12.1
Признак: Ложное бринеллирование на дорожке качения
Причина: Вибрации от внешнего источника в неподвижном состоянии



Фото 12.3
Деталь: Наружное кольцо упорного шарикового подшипника
Признак: Ложное бринеллирование поверхности дорожки качения, соответствующее шагу шариков
Причина: Циклическая вибрация с малым углом колебания



Фото 12.4
Деталь: Ролики цилиндрического роликового подшипника
Признак: Ложное бринеллирование на поверхности качения
Причина: Вибрации от внешнего источника в неподвижном состоянии

Проскальзывание

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Проскальзывание – это явление, при котором происходит относительное перемещение сопряженных поверхностей относительно друг друга, тем самым создавая между ними зазор. В результате на поверхности появляются блестящие участки иногда со следами износа и задирами.	<ul style="list-style-type: none">› Недостаточный натяг или посадка с зазором› Недостаточная затяжка втулки	<ul style="list-style-type: none">› Проверить натяг посадки, не допускать вращения› Отрегулировать затяжку втулки› Проверить точность обработки вала и корпуса› Создать натяг в осевом направлении› Обеспечить натяг кольца› Нанести адгезив на посадочную поверхность› Нанести слой смазочного материала на посадочную поверхность



Фото 13.1

Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

Признак: Проскальзывание, сопровождаемое образованием задигов на поверхности посадочного отверстия

Причина: Посадка с недостаточным натягом



Фото 13.2

Деталь: Наружное кольцо сферического роликоподшипника

Признак: Проскальзывание по наружной поверхности

Причина: Посадка с зазором между наружным кольцом и корпусом

Заедание

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Если происходит резкий перегрев в процессе вращения, подшипник изменяет цвет. Затем дорожки качения, элементы качения и сепаратор размягчаются, оплавляются и деформируются.	<ul style="list-style-type: none"> › Недостаточное смазывание › Чрезмерная нагрузка (чрезмерный предварительный натяг) › Слишком большая частота вращения › Слишком маленький внутренний зазор › Попадание воды и инородных частиц › Низкая точность изготовления вала и корпуса, чрезмерный изгиб вала 	<ul style="list-style-type: none"> › Проверить смазочный материал и способ смазки › Проверить пригодность выбранного типа подшипника › Проверить предварительный натяг, зазор в подшипнике и посадку › Улучшить механизм уплотнения › Проверить точность обработки вала и корпуса › Улучшить технологию монтажа



Фото 14.1
Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника
Признак: Дорожка качения изменила цвет и оплавилась; отделившиеся от сепаратора частицы прилипли к дорожке качения
Причина: Недостаточное смазывание



Фото 14.2
Деталь: Ролики подшипника с фото 14.1
Признак: Изменение цвета и оплавление поверхности качения ролика, адгезия отделившихся от сепаратора частиц
Причина: Недостаточное смазывание



Фото 14.3
Деталь: Внутреннее кольцо радиально-упорного шарикового подшипника
Признак: Изменение цвета дорожек качения, оплавление с интервалом, соответствующим шагу шариков
Причина: Чрезмерный предварительный натяг



Фото 14.4
Деталь: Наружное кольцо подшипника с фото 14.3
Признак: Изменение цвета дорожек качения, оплавление с интервалом, соответствующим шагу шариков
Причина: Чрезмерный предварительный натяг



Фото 14.5
Деталь: Шарики и сепаратор подшипника с фото 14.3
Признак: Сепаратор оплавился, шарики изменили цвет и оплавившись
Причина: Чрезмерный предварительный натяг

Электрическая коррозия

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
<p>Когда через подшипник проходит электрический ток, происходят дуговой пробой и горение тонкого слоя смазки в точках контакта между дорожкой и элементами качения. Точки контакта локально оплавляются, в результате чего на поверхности появляются бороздки (рифление), которые заметны невооруженным глазом. При увеличении этих бороздок обнаруживаются кратероподобные углубления, которые указывают на плавление от искрения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> › Разность электрических потенциалов между внутренним и наружным кольцами › Разность электрических потенциалов высокой частоты, появляющаяся при использовании инструментов и подложек рядом с подшипником 	<ul style="list-style-type: none"> › Проектировать электрические цепи таким образом, чтобы не допустить протекания тока через подшипник › Изолировать подшипник



Фото 15.1
Деталь: Внутреннее кольцо конического роликоподшипника
Признак: Полосовой характер коррозии на поверхности дорожки качения



Фото 15.2
Деталь: Ролики подшипника с фото 15.1
Признак: Полосовой характер коррозии на поверхности качения



Фото 15.3
Деталь: Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника
Признак: Характерный опоясывающий след электрокоррозии со следами язвенной коррозии на поверхности дорожки качения.



Фото 15.4
Деталь: Шарики радиального шарикового подшипника
Признак: Электрическая коррозия проявляется в потемнении всей поверхности шариков

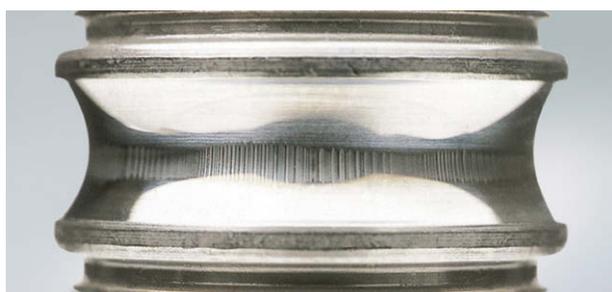


Фото 15.5
Деталь: Внутреннее кольцо радиального шарикового подшипника
Признак: Рифление на поверхности дорожки качения (с высокой частотой)



Фото 15.6
Деталь: Наружнее кольцо радиального шарикового подшипника
Признак: Рифление на поверхности дорожки качения (с высокой частотой)

Ржавчина и коррозия

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Ржавчина и коррозия подшипников представляют собой локальные повреждения поверхности дорожек и элементов качения и могут встречаться на кольцах с интервалом, соответствующим шагу тел качения, или по всей поверхности подшипника.	<ul style="list-style-type: none"> › Контакт с агрессивным газом или водой › Ненадлежащий смазочный материал › Образование капель воды в результате конденсации влаги › Высокая температура и влажность в неподвижном состоянии › Недостаточная антикоррозионная обработка в период транспортировки › Неправильные условия хранения › Неправильное обслуживание 	<ul style="list-style-type: none"> › Улучшить механизм уплотнения › Проверить способ смазывания › Выполнять антикоррозионную обработку в нерабочий период › Улучшить условия хранения › Улучшить качество технического обслуживания подшипников



Фото 16.1
Деталь: Наружное кольцо цилиндрического роликоподшипника
Признак: Ржавчина на поверхности бортика и дорожки качения
Причина: Недостаточное смазывание в результате проникновения воды



Фото 16.2
Деталь: Наружное кольцо опорно-поворотного подшипника
Признак: Ржавчина на поверхности дорожки качения с интервалом, соответствующим шагу шариков
Причина: Конденсация влаги в неподвижном состоянии подшипника



Фото 16.3
Деталь: Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника
Признак: Ржавчина на поверхности дорожки качения с интервалом, соответствующим шагу роликов
Причина: Попадание воды в смазочный материал



Фото 16.4
Деталь: Ролики сферического роликоподшипника
Признак: Локальные участки ржавчины на поверхности качения; корродированные участки
Причина: Конденсация влаги в период хранения

Ошибки при монтаже

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Царапины в виде прямых линий на поверхности дорожек или тел качения, образовавшиеся во время монтажа или демонтажа подшипника.	<ul style="list-style-type: none">› Перекос внутреннего или наружного кольца во время монтажа или демонтажа› Ударная нагрузка во время монтажа или демонтажа	<ul style="list-style-type: none">› Использовать специальные приспособления и инструменты› Избегать ударной нагрузки, используя пресс› Выравнивать смежные детали во время монтажа



Фото 17.1

Деталь: Внутреннее кольцо цилиндрического роликового подшипника

Признак: Царапины в осевом направлении на поверхности дорожки качения

Причина: Перекос внутреннего и наружного колец во время монтажа



Фото 17.2

Деталь: Наружное кольцо двухрядного цилиндрического роликоподшипника

Признак: Царапины в осевом направлении на поверхности дорожки качения с интервалом, соответствующим шагу роликов

Причина: Перекос внутреннего и наружного колец во время монтажа



Фото 17.3

Деталь: Ролики цилиндрического роликового подшипника

Признак: Царапины в осевом направлении на поверхности качения

Причина: Перекос внутреннего и наружного колец во время монтажа

Изменение цвета

Характер повреждения	Вероятные причины	Профилактические меры
Изменение цвета сепаратора, дорожек и тел качения происходит в результате реакции смазочного материала и материала элементов подшипника при высокой температуре.	<ul style="list-style-type: none">› Недостаточное смазывание› Масляные пятна вследствие реакции смазочного материала› Высокая температура	<ul style="list-style-type: none">› Изменить способ смазывания

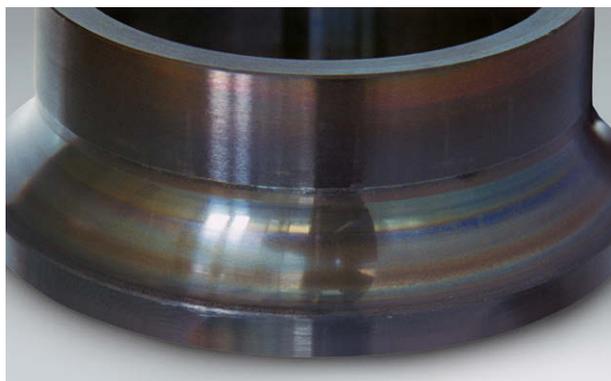


Фото 18.1

Деталь: Внутреннее кольцо радиально-упорного шарикового подшипника

Признак: Синеватое или фиолетовое изменение цвета поверхности дорожки качения

Причина: Тепловыделение вследствие недостаточного количества смазки



Фото 18.2

Деталь: Внутреннее кольцо шарикового подшипника с четырехточечным контактом

Признак: Синеватое или фиолетовое изменение цвета поверхности дорожки качения

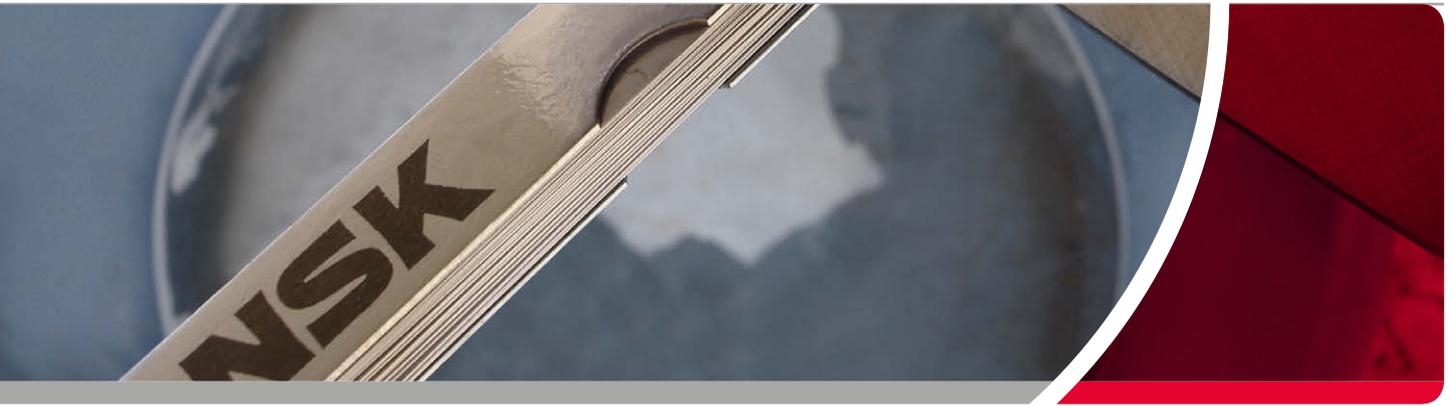
Причина: Тепловыделение вследствие недостаточного количества смазки

Приложение:

Таблица диагностики подшипников

Наименование повреждения	Расположение (проявление)	Причина												Примечания	
		Обращение		Окружение подшипника			Смазка		Нагрузка			Скорость			
		Хранение, транспортировка	Монтаж	Вал Корпус	Система уплотнений Ввода, загрязнения	Температура	Смазочный материал	Способ смазывания	Чрезмерная нагрузка Ударная нагрузка	Момент	Крайне малая нагрузка	Высокая скорость, сильное ускорение и торможение	Толчки, вибрации Неподвижность		Выбор подшипника
1. Усталостное отслаивание	Дорожка качения, поверхность ролика		●	●	●		●	●	●	●				●	
2. Выкрашивание	Дорожка качения, поверхность ролика				●		●	●			●	●			
	Наружная поверхность подшипника			*	●		●	●							* Сопряженные вращающиеся элементы
3. Образование задиров	Торцевая поверхность ролика, поверхность бортика		●	●	●		●	●	●	●		●			
	Направляющая поверхность сепаратора, поверхность ячеек сепаратора		●		●		●	●							
4. Истирание	Дорожка качения, поверхность ролика				●		●	●			●	●			
5. Сколы	Бортик кольца подшипника, тела качения	●	●	●					●	●					
6. Трещины	Дорожка качения, тела качения		●	●		●			●	●					
	Поверхность бортика, торцевая поверхность ролика, направляющая поверхность сепаратора (термические трещины)			●				●	●	●					
7. Повреждение сепаратора	(деформация) (разрушение)		●	●					●	●					
	(износ)		●		●		●	●	●	●		●			
8. Микровмятины	Дорожка качения, поверхность ролика (многочисленные мелкие вмятины)				●			●							
	Дорожка качения (инородные частицы с интервалом, соответствующем шагу элементов качения)	●	●						●			●			
9. Точечное выкрашивание	Дорожка качения, поверхность ролика				●		●	●							
10. Износ	Дорожка качения, поверхность ролика, поверхность бортика, торцевая поверхность ролика		●		●		●	●							
11. Фреттинг-коррозия	Дорожка качения, поверхность ролика	●	●	●			●	●	●			●	●		
	Наружная и боковая поверхность подшипника, поверхность посадочного отверстия (контакт с корпусом и валом)		●	●					●						
12. Ложное бринеллирование	Дорожка качения, поверхность ролика	●					●	●				●			
13. Проскальзывание	Посадочная поверхность		●	●		●	*	*	●			●			* Посадка с зазором
14. Заедание	Дорожка качения, тела качения, сепаратор		●	●	●		●	●	●	●		●		●	
15. Электрическая коррозия	Дорожка качения, поверхность ролика		*	*											* Электричество, проходящее через элемент качения
16. Ржавчина и коррозия	Дорожка качения, тела качения, сепаратор	●	●		●	●	●	●							
17. Ошибки при монтаже	Дорожка качения, поверхность ролика		●	●											
18. Изменение цвета	Дорожка качения, тела качения, сепаратор					●	●	●							

Примечание: Указанная выше информация не является исчерпывающей. В таблице представлены только наиболее распространенные повреждения, их расположение и причины возникновения.



Офисы продаж NSK – Европа, Ближний Восток и Африка

Россия

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

Ближний Восток

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

Великобритания

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

Германия, Австрия, Бенилюкс, Швейцария, Скандинавия

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

Испания

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

Италия

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

Турция

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

Франция

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

Центральная, Восточная Европа и СНГ

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

Южно-Африканская Республика

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

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

