Справочник SKF по техобслуживанию подшипников

® SKF, @PTITUDE, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCOAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTAINCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE и VIBRACON — зарегистрированные товарные знаки SKF Group.

™ SKF EXPLORER — товарный знак SKF Group.
Epocast 36 — зарегистрированный товарный знак H. A. Springer marine + industrie service GmbH

© SKF Group 2018
Содержание этой публикации является собственностью издателя и не может быть воспроизведено (даже частично) без предварительного письменного разрешения. Несмотря на то, что были приняты все меры по обеспечению точности информации, содержащейся в настоящем издании, издатель не несёт ответственности за любой ущерб, прямой или косвенный, вытекающий из использования вышеуказанной информации.

PUB SR/P7 10001/1 RU • Январь 2018.

ISBN 978-91-978966-4-1

Некоторые изображения использованы по лицензии от Shutterstock.com.

Некоторые изображения были обновлены ввиду вступления в силу Общего регламента по защите данных.

1 Основные сведения 8
2 Монтаж подшипников 44
3 Монтаж подшипниковых узлов 92
4 Монтаж корпусов подшипников 122
5 Монтаж уплотнений 140
6 Выверка 158
7 Смазывание 178
8 Контроль 216
9 Поиск и устранение неисправностей 228
10 Демонтаж 252
11 Повреждение подшипников — причины 288
12 Поддержка в области техобслуживания 324
13 Приложения 332
14 Алфавитный указатель 438

Справочник SKF по техобслуживанию подшипников

Предисловие

Настоящий справочник является полным рабочим руководством по техобслуживанию подшипников качения на профессиональном уровне. Рекомендации, содержащиеся в данном руководстве, разработаны компанией SKF для обучения технического персонала правильному техобслуживанию, благодаря которому возможно продлить срок службы подшипников, уменьшить простой машин и свести к минимуму внеплановое техническое обслуживание.

Данное руководство является прикладным руководством прежде всего по обслуживанию, а не разработке оборудования. Для получения подробной информации относительно конструктивных исполнений продукции SKF посетите сайт www.skf.ru.

Структура руководства

Руководство содержит четырнадцать глав, нумерация которых указывается в синем поле справа:

- В главе 1 содержатся основные сведения о подшипниках, связанной с ними продукции и подшипниковых узлах.
- В главах со 2 по 5 содержатся инструкции по монтажу подшипников, корпусов подшипников, подшипниковых узлов и уплотнений.
- В главе 6 описываются мероприятия, необходимые для центрирования узлов оборудования.
- В главе 7 содержатся информация и рекомендации по важным мероприятиям в области смазывания подшипников.
- В главе 8 описываются мероприятия, связанные с проверкой и мониторингом состояния.
- В главе 9 описываются наиболее общие потенциальные проблемы и предлагаемые пути их решения.
- В главе 10 содержатся инструкции по демонтажу подшипников качения, подшипниковых узлов, корпусов подшипников и уплотнений.
- Глава 11 посвящена анализу повреждений подшипников, включая классификацию ISO.
- В главе 12 содержится обзор дополнительных ресурсов SKF по технической поддержке.
- В главе 13 содержатся приложения с важной технической информацией, а также обзор продукции SKF для техобслуживания.
- В главе 14 содержится алфавитный указатель.

Были приняты все меры для обеспечения точности информации и ясности инструкций, содержащихся в данном руководстве, однако компания SKF не несёт никакой ответственности за любые ошибки или упущения, а также за неправильное использование инструментов и другого поставляемого оборудования.

Примечание об устойчивом развитии

Устойчивое развитие — это осуществление деятельности при эффективном использовании ресурсов, в результате которого не будет поставлена под угрозу жизнь будущих поколений. Есть много возможностей сохранения ресурсов при техобслуживании подшипников: от управления отходами до уменьшения расхода смазочных материалов и правильного использования оборудования и инструментов. Компания SKF держит курс на устойчивое развитие и поощряет других людей вносить свой вклад в сохранение энергии и материалов.

Это – SKF

Компания SKF была основана в 1907 году шведским инженером Свеном Вингквистом. За эти годы из небольшой компании, в которой работало всего 15 человек, она превратилась в лидера в области инженерных решений. В течение многих лет мы совершенствовали свои знания и накапливали опыт в области производства подшипников, а также уплотнений, мехатронных узлов, систем смазывания и сервисе. Компания SKF насчитывает 46 000 сотрудников, объединяет сеть из 15 000 дистрибьюторов, а также располагает офисами более, чем в 130 странах мира. Помимо этого с каждым годом растёт количество инжиниринговых центров SKF Solution Factory (Фабрика решений SKF).

Исследования и разработки

Мы имеем богатый опыт работы, основанный на обширных знаниях наших сотрудников, более чем в сорока отраслях промышленности. Кроме того, наши эксперты мирового класса в сотрудничестве с университетами ведут теоретические исследования и разработки в таких областях как: трибология, диагностический контроль, управление активами и теория ресурса подшипников. Наше неустанное внимание к исследованиям и разработкам позволяет нам предлагать клиентам самые передовые решения.

Инжиниринговые центры SKF Solution Factory (Фабрика решений SKF) обеспечивают доступ к знаниям и производственному опыту SKF на местах, предлагая клиентам наши уникальные решения и услуги.

Решения для самых сложных задач

Наш опыт и знания, а также широкие возможности по объединению передовых технологий, помогают нам создавать инновационные решения, отвечающие самым жёстким требованиям. Мы тесно взаимодействуем со своими клиентами на протяжении всего срока службы оборудования, помогая им развивать свой бизнес.

Устойчивое развитие

С 2005 года компания SKF работает над снижением вредного влияния своей деятельности и деятельности своих поставщиков на окружающую среду. Непрекращающиеся работы над совершенствованием технологий позволили выпустить серию продуктов и услуг в рамках кампании SKF BeyondZero, которые обеспечивают повышение эффективности оборудования и снижение потерь энергии. Кроме того, были освоены новые технологии использования энергии ветра, солнца и моря. Этот комбинированный подход помог снизить вредное воздействие на окружающую среду как от нашей собственной деятельности, так и от деятельности наших заказчиков.

Сотрудничая с экспертами SKF по информационным технологиям, логистике и областям применения, авторизованные дистрибьюторы SKF предоставляют клиентам по всему миру ценные знания о наших продуктах и особенностях их применения.

SKF – компания инженерных знаний

Наши знания – основа Вашего успеха

Управление жизненным циклом производственных активов SKF – наш подход к объединению технологических платформ и услуг, а также к их применению на каждом этапе жизненного цикла оборудования, с целью обеспечить успех наших клиентов и гарантировать экологичность и прибыльность их деятельности.

Тесное взаимодействие с клиентами

Наша цель – помочь нашим клиентам увеличить производительность труда, свести к минимуму техническое обслуживание, повысить эффективность использования энергии и ресурсов и оптимизировать проектные решения для продления срока службы и повышения надёжности оборудования.

Инновационные решения

Независимо от назначения технического решения – будь то линейные актуаторы, актуаторы вращения или комплексные системы – инженеры SKF окажут Вам поддержку на каждом этапе жизненного цикла оборудования для улучшения его характеристик с учётом особенностей эксплуатации. Наш подход распространяется не только на отдельные компоненты, такие как подшипники и уплотнения. Он охватывает всю систему, в которой они применяются, позволяя оценить взаимодействие компонентов друг с другом.

Оптимизация и проверка проектных решений

SKF также предлагает своим клиентам услуги по оптимизации текущих или новых проектов с помощью собственного программного обеспечения трёхмерного моделирования, которое можно использовать в качестве виртуального испытательного стенда для проверки надёжности конструкций.

Подшипники
SKF – мировой лидер в области проектирования, разработки и производства высокоэффективных подшипников качения, подшипников скольжения, подшипниковых узлов и корпусов.

Техническое обслуживание механизмов
Технологии мониторинга состояния оборудования и услуги технического обслуживания компании SKF помогают свести к минимуму время незапланированных простоев, повысить эффективность эксплуатации оборудования и снизить затраты на обслуживание.

Уплотнения
SKF предлагает как стандартные, так и специально разработанные уплотнения для увеличения времени безотказной работы, повышения надёжности механизмов, снижения трения и потерь мощности, а также решения для продления срока службы смазки.

Мехатроника
Мехатронные системы SKF для аэрокосмической отрасли, внедорожной, сельскохозяйственной и подъёмно-транспортной техники заменяют тяжёлые механические и гидравлические системы, потребляющие большое количество смазочных материалов.

Системы смазывания
Решения SKF в области смазывания – от специализированных смазочных материалов до современных систем смазывания и услуг по планированию смазывания – помогают сократить время простоев, связанных с необходимостью смазывания, и расход смазочных материалов.

Актуаторы и управление перемещением
Располагая широким ассортиментом продукции – от приводов и шариковинтовых передач до профильных рельсовых направляющих – SKF помогает заказчикам решать самые сложные задачи, связанные с системами линейного перемещения.

MOMENTUM

Основные сведения

Терминология **10**

Типы и конструкция подшипников качения **12**
Радиальные подшипники 12
Упорные подшипники 18
Подшипники-опорные ролики 19
Подшипники типа Y 21

Система обозначений для подшипников качения **22**
Базовые обозначения. 22
Суффиксы обозначения 24

Идентификация продукции SKF при замене **26**
Идентификация подшипника 26
Идентификация разъёмного корпуса и подшипникового узла 27
Замена уплотнений 27

Ресурс подшипника **27**
Номинальный расчётный ресурс. 27
Расчётный ресурс SKF 27

Срок службы **28**
Срок службы подшипника 28
Срок службы уплотнения 28
Срок службы смазочного материала 28
Чистота 28

Внутренний зазор в подшипнике **29**

Подшипниковые узлы **30**
Типы подшипниковых узлов 30
Фиксирующие и плавающие подшипниковые узлы 30
Регулируемые подшипниковые узлы . . 31

Способы фиксации подшипников **31**
Радиальная фиксация подшипников 31
Выбор посадки 32
Рекомендованные посадки и допуски. . 35
Требования к точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей 35
Шероховатость поверхности посадочных мест под подшипники 36
Осевая фиксация подшипников 37
Размеры заплечиков и галтелей 38

Уплотнения **39**
Внешние уплотнения 39
Встроенные уплотнения. 40

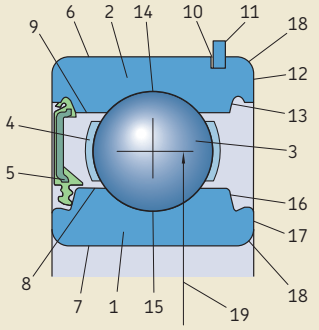
Хранение подшипников, уплотнений и смазочных материалов **41**
Хранение подшипников, подшипниковых узлов и корпусов. 41
Хранение эластомерных уплотнений 42
Хранение смазочных материалов 42
Утилизация смазочных материалов . . . 43

Терминология

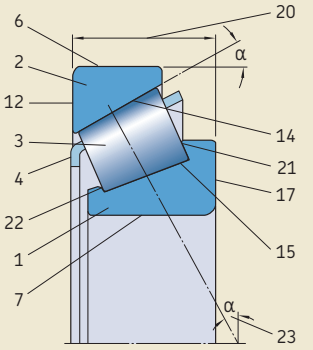
Подшипники (→ рис. 1)

1 Внутреннее кольцо
2 Наружное кольцо
3 Тело качения: шарики, цилиндрические ролики, игольчатые ролики, конические ролики, сферические ролики, тороидальные ролики
4 Сепаратор
5 Уплотнительное устройство
Уплотнение — выполненное из эластомера, контактное (показано на рисунке) или бесконтактное. Защитная шайба — из листовой стали, бесконтактная.
6 Посадочная поверхность наружного кольца
7 Посадочная поверхность внутреннего кольца
8 Заплечик на внутреннем кольце
9 Заплечик на наружном кольце
10 Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце
11 Стопорное кольцо
12 Торцевая плоскость наружного кольца
13 Канавка для установки уплотнения
14 Дорожка качения наружного кольца
15 Дорожка качения внутреннего кольца
16 Канавка, сопряжённая с кромкой уплотнения
17 Торцевая плоскость внутреннего кольца
18 Фаска
19 Средний диаметр подшипника
20 Общая ширина подшипника
21 Направляющий борт внутреннего кольца
22 Удерживающий борт внутреннего кольца
23 Угол контакта
24 Тугое кольцо
25 Комплект тел качения с сепаратором
26 Свободное кольцо
27 Свободное кольцо со сферической опорной поверхностью
28 Сферическое подкладное кольцо

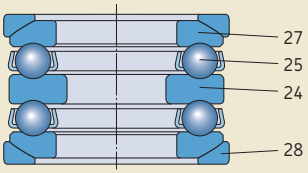
Рис. 1



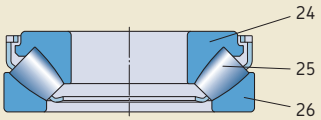
Радиальный шарикоподшипник



Конический роликоподшипник



Двойной упорный шарикоподшипник



Упорный сферический роликоподшипник

Подшипниковые узлы (→ рис. 2)

1 Цилиндрический роликоподшипник
2 Шарикоподшипник с четырёхточечным контактом
3 Корпус
4 Вал
5 Опорный заплечик вала
6 Диаметр вала
7 Стопорная шайба
8 Манжетное уплотнение вала
9 Дистанционное кольцо
10 Отверстие корпуса
11 Крышка корпуса
12 Стопорное кольцо

Корпуса (→ рис. 3)

1 Крышка корпуса
2 Основание корпуса
3 Опорная лапа
4 Крепёжный болт
5 Болт крышки
6 Углубление
7 Пресс-маслёнка
8 Отверстие под рым-болт

Уплотнения (→ рис. 4)

1 Обрезиненная поверхность
2 Стальное армирование
3 Кромка уплотнения
4 Вспомогательная кромка уплотнения
5 Стягивающая пружина
6 Уплотняемая поверхность

Рис. 2

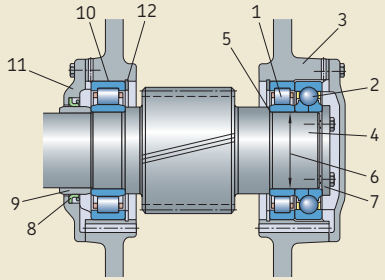
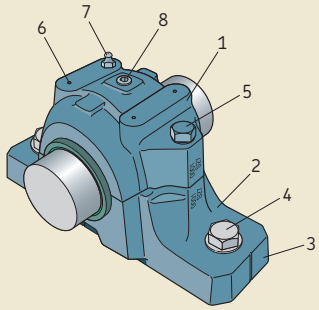
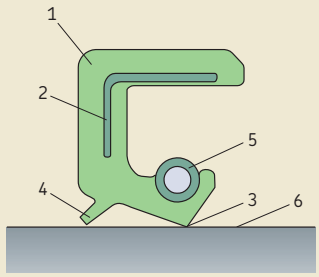


Рис. 3



Стационарный корпус SNL

Рис. 4

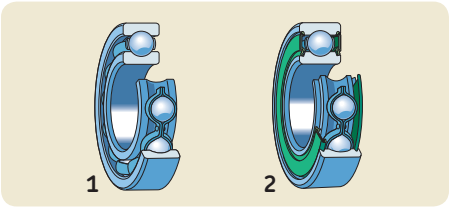


Манжетное уплотнение

Типы и конструкция подшипников качения

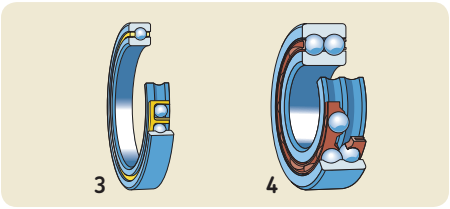
В этом разделе изложено краткое описание различных типов и конструкций стандартных подшипников. Для большинства из них приведены рисунки.

Радиальные подшипники



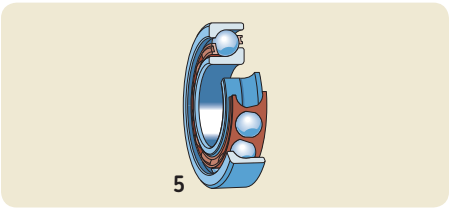
Радиальные шарикоподшипники

однорядные, с пазом и без паза для ввода шариков
- открытые стандартной конструкции (**1**)
- с защитными шайбами
- с контактными уплотнениями (**2**)
- с канавкой под стопорное кольцо, со стопорным кольцом или без него



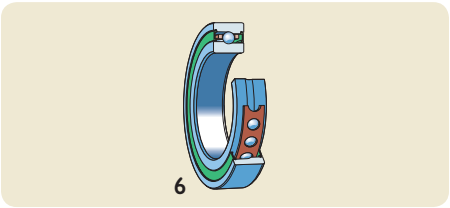
однорядные тонкостенные
- открытые стандартной конструкции (**3**)
- с контактными уплотнениями

двухрядные (**4**)

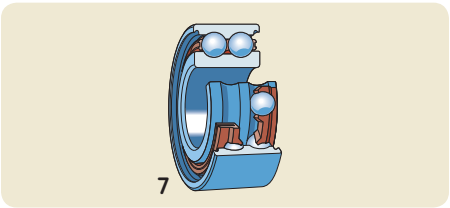


Радиально-упорные шарикоподшипники

однорядные
- стандартной конструкции для одиночного монтажа
- в универсальном исполнении для парного монтажа (**5**)

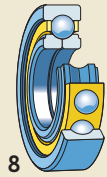


однорядные, прецизионные
- открытые, стандартной конструкции, с контактными уплотнениями
- открытые, высокоскоростные, с контактными уплотнениями (**6**)
- открытые, повышенной грузоподъёмности, с контактными уплотнениями

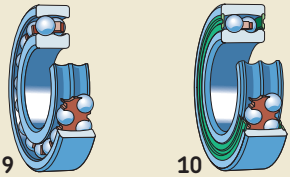


двухрядные
- с неразъёмным внутренним кольцом (**7**)
- открытые, стандартной конструкции
- с защитными шайбами
- с контактными уплотнениями
- с разъёмным внутренним кольцом

Радиальные подшипники

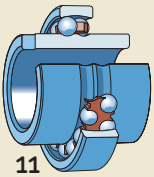


Шарикоподшипники с четырёхточечным контактом (**8**)

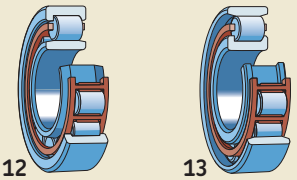


Самоустанавливающиеся шарикоподшипники

с цилиндрическим или коническим отверстием
- открытые, стандартной конструкции (**9**)
- с контактными уплотнениями (**10**)

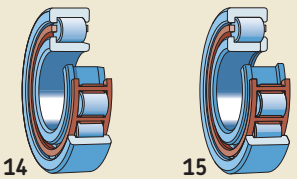


подшипники с широким внутренним кольцом (**11**)



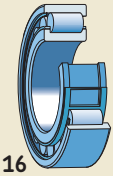
Цилиндрические роликоподшипники

однорядные
- тип NU (**12**)
  - с фасонным кольцом
- тип N (**13**)



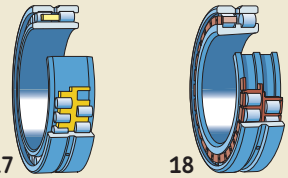
однорядные
- тип NJ (**14**)
  - с фасонным кольцом
- тип NUP (**15**)

Радиальные подшипники

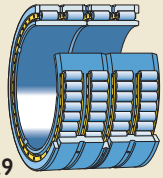


Цилиндрические роликоподшипники

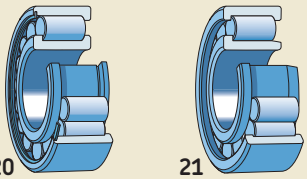
однорядные
- тип NCF высокой грузоподъёмности (**16**)



двухрядные
- с цилиндрическим или коническим отверстием
  - тип NNU (**17**)
  - тип NN (**18**)
  - тип NNUP

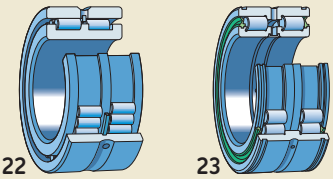


четырёхрядные
- с цилиндрическим или коническим отверстием
  - открытые подшипники (**19**)
  - с контактными уплотнениями



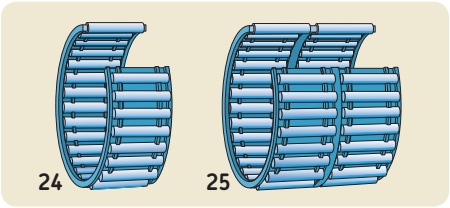
Бессепараторные цилиндрические роликоподшипники

однорядные
- тип NCF (**20**)
- тип NJG (**21**)



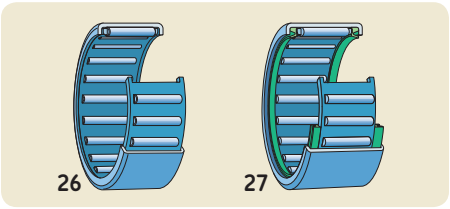
двухрядные
- с бортами на внутреннем кольце (**22**)
- с бортами на внутреннем и наружном кольце
- с контактными уплотнениями (**23**)

Радиальные подшипники



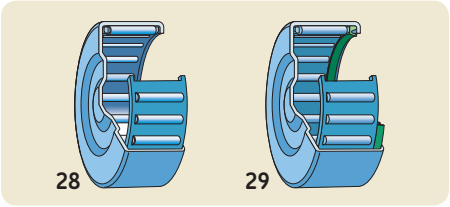
Игольчатые роликоподшипники без колец

однорядные (**24**)
двухрядные (**25**)



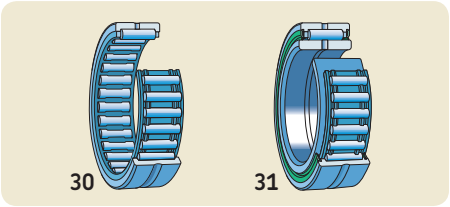
Игольчатые роликоподшипники со штампованным наружным кольцом, открытые торцы

одно- или двухрядные
- открытые, стандартной конструкции (**26**)
- с контактными уплотнениями (**27**)



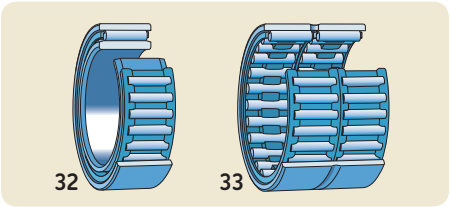
Игольчатые роликоподшипники со штампованным наружным кольцом, закрытый торец

одно- или двухрядные
- открытые, стандартной конструкции (**28**)
- с контактным уплотнением (**29**)



Игольчатые роликоподшипники с бортами

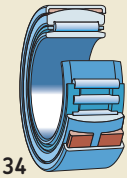
одно- или двухрядные
- без внутреннего кольца (**30**)
- с внутренним кольцом
  - открытые, стандартной конструкции
  - с контактными уплотнениями (**31**)



Игольчатые роликоподшипники без бортов

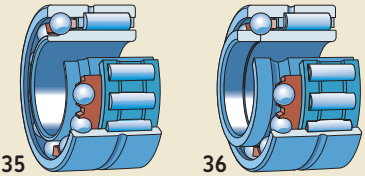
одно- или двухрядные
- с внутренним кольцом (**32**)
- без внутреннего кольца (**33**)

Радиальные подшипники



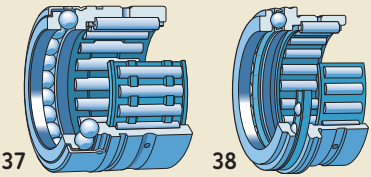
Самоустанавливающиеся игольчатые роликоподшипники

без внутреннего кольца
с внутренним кольцом (**34**)

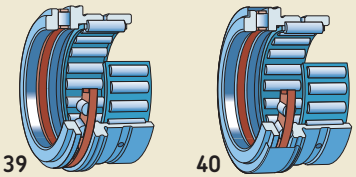


Комбинированные игольчатые роликоподшипники

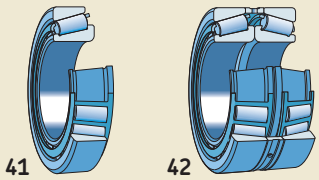
Радиально-упорные шарикоподшипники с игольчатыми роликами
одинарные (**35**)
двойные (**36**)



Упорные шарикоподшипники с игольчатыми роликами
с бессепараторным упорным шарикоподшипником (**37**)
с комплектом шариков в сепараторе
с крышкой или без (**38**) крышки



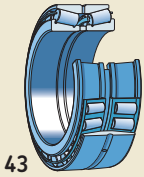
Упорные цилиндрические роликоподшипники с игольчатыми роликами
без крышки (**39**)
с крышкой (**40**)

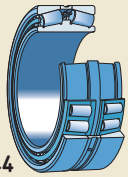


Конические роликоподшипники

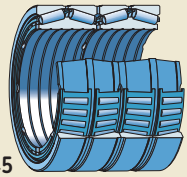
однорядные
одиночные подшипники (**41**)
для установки комплектами по схеме
X-образная (**42**)
O-образная
тандем

Конические роликоподшипники

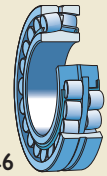

43

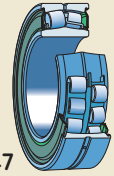

44

двухрядные
- конфигурация TDO (O-образная схема) (**43**)
- конфигурация TDI (X-образная схема) (**44**)


45

четырёхрядные
- конфигурация TQO
  - открытые (**45**)
  - с контактными уплотнениями
- конфигурация TQI

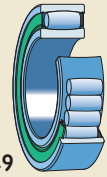

46


47

Сферические роликоподшипники

с цилиндрическим или коническим отверстием
- открытые, стандартной конструкции (**46**)
- с контактными уплотнениями (**47**)
- для вибромашин

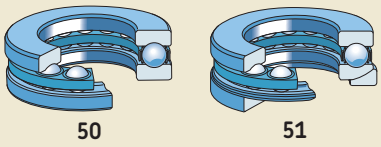
48


49

Тороидальные роликоподшипники CARB

с цилиндрическим или коническим отверстием
- открытые, с комплектом роликов, направляемых сепаратором (**48**)
- бессепараторные с максимальным количеством роликов с контактными уплотнениями (**49**)

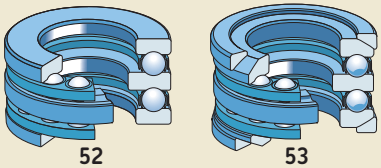
Упорные подшипники



50 51

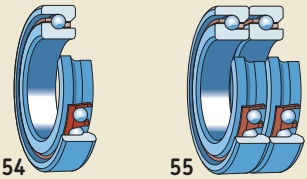
Упорные шарикоподшипники

одинарные
- с плоским свободным кольцом (**50**)
- со сферическим свободным кольцом
  - с подкладным кольцом (**51**) или без подкладного кольца



52 53

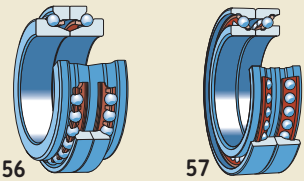
двойные
- с плоским свободным кольцом (**52**)
- со сферическими свободными кольцами
  - с подкладными кольцами (**53**) или без подкладных колец



54 55

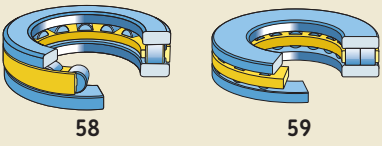
Упорно-радиальные шарикоподшипники

прецизионные
- одинарные
  - стандартной конструкции для одиночного монтажа (**54**)
  - для универсального монтажа согласованные комплекты (**55**)



56 57

двойные
- стандартного типа (**56**)
- высокоскоростные (**57**)



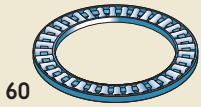
58 59

Упорные цилиндрические роликоподшипники

Одинарные
- однорядные (**58**), двухрядные (**59**)

компоненты
- комплекты цилиндрических роликов с сепаратором, тугие и свободные кольца

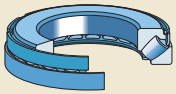
Упорные подшипники



60

Упорные игольчатые роликоподшипники

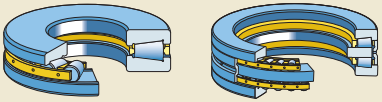
одинарные
- комплекты игольчатых роликов
- с сепаратором (**60**) тугие и свободные кольца
- упорные кольца



61

Упорные сферические роликоподшипники

одинарные (**61**)



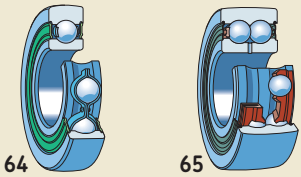
62 63

Упорные конические роликоподшипники

одинарные
- с крышкой или без (**62**) крышки
- для нажимных винтов прокатных станов

двойные (**63**)

Подшипники-опорные ролики



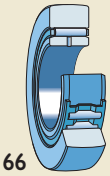
64 65

Опорные ролики на основе шарикоподшипника

однорядный опорный ролик на основе шарикоподшипника (**64**)

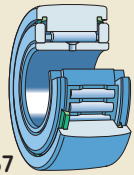
двухрядный опорный ролик на основе шарикоподшипника (**65**)

Подшипники-опорные ролики

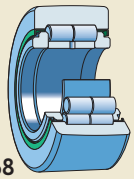

66

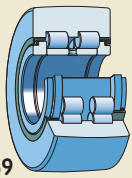
Опорные ролики на основе роликоподшипника

с комплектом игольчатых роликов и сепаратором, без осевой фиксации
- с контактными уплотнениями или без таковых
  - без внутреннего кольца
  - с внутренним кольцом (**66**)

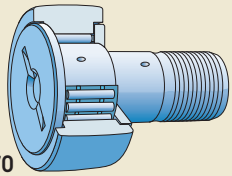

67

игольчатые ролики, с упорными кольцами в качестве осевых направляющих
- с контактными уплотнениями или без таковых
  - с сепаратором (**67**)
  - без сепаратора


68

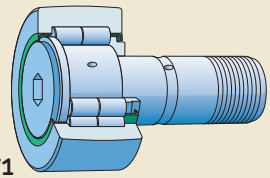

69

с цилиндрическими роликами без сепаратора, с осевой фиксацией с помощью фланцевых колец
- с лабиринтными уплотнениями (**68**)
- с контактными уплотнениями (**69**)
- с ламинарными кольцами


70

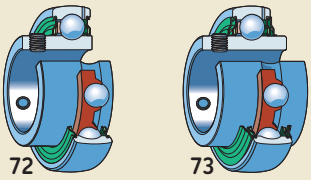
Опорные ролики с цапфой

с игольчатыми роликами, с шайбой в качестве осевой направляющей
- с контактными уплотнениями или без таковых
  - без эксцентриситета (**70**)
  - с эксцентриковым посадочным кольцом
  - с сепаратором (**70**)
  - без сепаратора


71

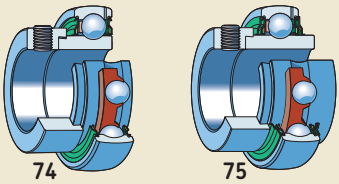
с цилиндрическими роликами без сепаратора
- с лабиринтными уплотнениями (**71**)
- с контактными уплотнениями
  без эксцентриситета (**71**)
- с эксцентриковым посадочным кольцом

Подшипники типа Y

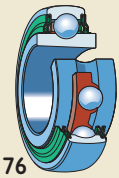


Подшипники типа Y (корпусные подшипники)

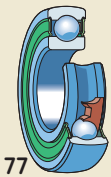
со стопорными винтами
- внутреннее кольцо, удлинённое с одной стороны (**72**)
- внутреннее кольцо, удлинённое с обеих сторон (**73**)



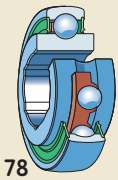
с эксцентриковым стопорным кольцом
- внутреннее кольцо, удлинённое с одной стороны (**74**)
- внутреннее кольцо, удлинённое с обеих сторон (**75**)



с коническим отверстием
- внутреннее кольцо, удлинённое с обеих сторон (**76**)
- для монтажа на закрепительной втулке



со стандартным внутренним кольцом
- посадка на вал с натягом (**77**)



с шестигранным отверстием
- внутреннее кольцо, удлинённое с обеих сторон (**76**)

Система обозначений для подшипников качения

Базовые обозначения

Все стандартные подшипники SKF имеют базовое обозначение, которое, как правило, состоит из трёх, четырёх или пяти цифр или комбинации букв и цифр. Принцип системы, используемой для обозначения практически всех типов стандартных шарико- и роликоподшипников, схематически показан на **диаграмме 1**. Цифры и цифро-буквенные комбинации имеют следующее значение:

- Первая цифра или первая буква или комбинация букв обозначает тип подшипника и, соответственно, базовый вариант исполнения.
- Следующие две цифры обозначают серию размера по стандарту ISO; первая цифра указывает на серию ширины или высоты (размеры B, T или H соответственно), а вторая — на серию диаметра (размер D).
- Последние две цифры основного обозначения указывают на код размера подшипника; умножением этой цифры на 5 можно получить диаметр отверстия в миллиметрах.

Наиболее важные исключения в базовой системе обозначения подшипников приведены ниже.

1 В некоторых случаях цифра типа подшипника или первая цифра серии размера отсутствуют. Эти цифры указаны на **диаграмме 1** в скобках.

2 Подшипники с диаметром отверстия 10, 12, 15 или 17 мм имеют следующие коды размера:
00 = 10 мм
01 = 12 мм
02 = 15 мм
03 = 17 мм

3 Для подшипников с диаметром отверстия менее 10 мм или 500 мм и выше диаметр отверстия обычно указывается в миллиметрах и не кодируется. Обозначение размера отделяется от остального обозначения подшипника косой чертой, например: 618/8 (d = 8 мм) или 511/530 (d = 530 мм). Это также справедливо для стандартных подшипников, изготовленных в соответствии со стандартом ISO 15:1998, которые имеют диаметры отверстий 22, 28 или 32 мм, например: 62/22 (d = 22 мм).

4 Для некоторых малогабаритных подшипников с диаметром отверстия менее 10 мм, например, радиальных, самоустанавливающихся и радиально-упорных шарикоподшипников, диаметр отверстия также указывается в миллиметрах (не кодируется), однако косой чертой от обозначения не отделяется, например: 629, 129 или 709 (d = 9 мм).

5 Диаметры отверстия, имеющие отклонения от стандартного, не кодируются и указываются в миллиметрах до трёх десятичных разрядов. Такое обозначение диаметра отверстия входит в состав основного обозначения и отделяется от него косой чертой, например: 6202/15,875 (подшипник 6202 со специальным отверстием d = 15,875 мм).

Обозначения серии

Все стандартные подшипники принадлежат к определённой серии, которая определяется с помощью основного обозначения без указания размера. Обозначения серии часто включают суффиксы A, B, C, D и E или их комбинацию, например: CA. Они используются для определения различий во внутренней конструкции, например, для указания угла контакта.

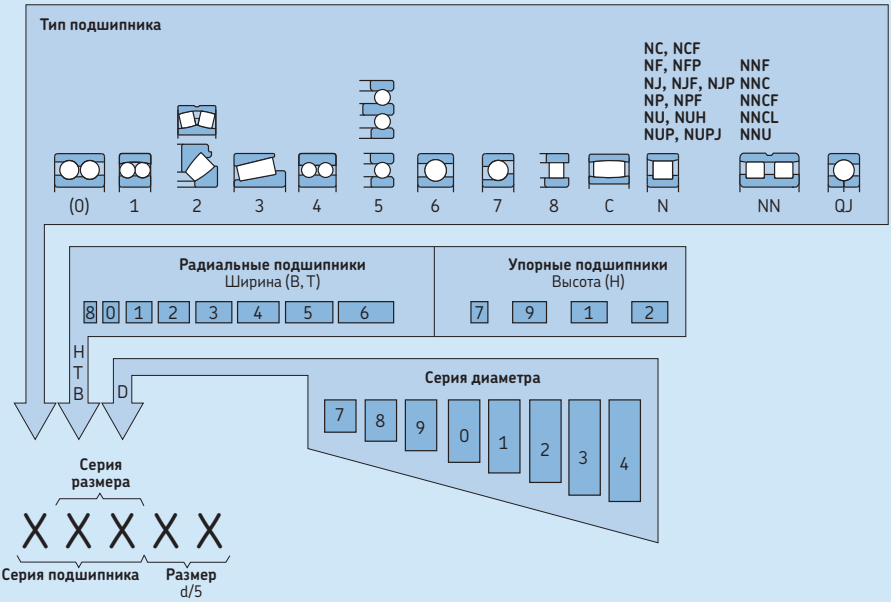
Обозначения наиболее распространённых серий приведены на **диаграмме 1** над изображениями подшипников. Цифры в скобках в обозначение серии не включены.

Диаграмма 1

Система обозначения стандартных метрических шарико- и роликоподшипников SKF

Серия подшипников

						544	6(0)4 623				(0)4			
		223				524	6(0)3				33			
		213				543	622				23			
		232				523	6(0)2			23	(0)3			
		222				542	630			32	22			
		241				522	6(1)0			22	12			
		231					16(0)0			41	(0)2			
		240	323			534	639			31	31		41	
		230	313			514	619			60	30		31	
		249	303			533	609			50	20		60	
	139	239	332			513	638	7(0)4	814	40	10		50	
	130	248	322			532	628	7(0)3	894	30	39		40	23
	(1)23	238	302			512	618	7(0)2	874	69	29		30	(0)3
	1(0)3		331			511	608	7(1)0	813	59	19		69	12
	(1)22	294	330			510	637	719	893	49	38		49	(0)2
(0)33	1(0)2	293	320	4(2)3		591	627	718	812	39	28		39	10
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)2		590	617	708	811	29	18		48	19



Код	Тип подшипника
0	Двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник
1	Самоустанавливающийся шарикоподшипник
2	Сферический роликоподшипник, упорный сферический роликоподшипник
3	Конический роликоподшипник
4	Двухрядный радиальный шарикоподшипник
5	Упорный шарикоподшипник
6	Однорядный радиальный шарикоподшипник

Код	Тип подшипника
7	Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник
8	Упорный цилиндрический роликоподшипник
C	Тороидальный роликоподшипник CARB
N	Цилиндрический роликоподшипник. Для указания на количество рядов или конфигурацию бортов используется две или более буквы, например: NJ, NU, NUP, NN, NNU, NNCF и т. д.

Код	Тип подшипника
QJ	Шарикоподшипник с четырёхточечным контактом
T	Конический роликоподшипник в соответствии с ISO 355-2007

Суффиксы обозначения

Суффиксы используются для обозначения вариантов исполнения, которые отличаются от первоначальной или стандартной конструкции подшипника. Здесь приводится перечень наиболее часто употребляемых суффиксов.

CN Нормальный внутренний зазор, обычно используется только в сочетании с дополнительной буквой, обозначающей уменьшенное или смещенное поле зазора

CS Армированные листовой сталью контактные уплотнения из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны подшипника

2CS Контактное уплотнение CS с обеих сторон подшипника

CS2 Армированные листовой сталью контактные уплотнения из синтетической резины на основе фторкаучука (FKM) с одной стороны подшипника

2CS2 Контактное уплотнение CS2 с обеих сторон подшипника

CS5 Армированные листовой сталью контактные уплотнения из синтетической резины на основе гидрогенизированного бутадиенакрилонитрильного каучука (HNBR) с одной стороны подшипника

2CS5 Контактное уплотнение CS5 с обеих сторон подшипника

C1 Внутренний зазор подшипника меньше C2

C2 Внутренний зазор подшипника меньше нормального (CN)

C3 Внутренний зазор подшипника больше нормального (CN)

C4 Внутренний зазор подшипника больше C3

C5 Внутренний зазор подшипника больше C4

F Механически обработанный стальной или чугунный сепаратор, центрируемый по телам качения

FA Механически обработанный стальной или чугунный сепаратор, центрируемый по наружному кольцу

FB Механически обработанный стальной или чугунный сепаратор, центрируемый по внутреннему кольцу

G.. Подшипник, заполненный пластичной смазкой. Вторая буква обозначает диапазон рабочих температур смазки, а третья буква — используемую пластичную смазку. Цифра после трёхбуквенного кода пластичной смазки означает, что степень заполнения отличается от стандартной: Цифры 1, 2 и 3 означают, что она меньше стандартной, цифры 4–9 — больше стандартной.

H Штампованный стальной закалённый защёлкивающийся сепаратор

HT Заполнение высокотемпературной пластичной смазкой. HT или двухзначное число после HT означает тип используемой смазки. Степень заполнения, отличающаяся от стандартной, обозначается буквой или буквенно-цифровой комбинацией после HTxx.

J Штампованный стальной незакалённый сепаратор, центрируемый по телам качения

K Коническое отверстие с конусностью 1:12

K30 Коническое отверстие с конусностью 1:30

LHT Заполнение пластичной смазкой для высоких и низких температур. LHT или двухзначное число после LHT означает тип используемой смазки. Степень заполнения, отличающаяся от стандартной, обозначается буквой или буквенно-цифровой комбинацией после LHTxx.

LS Контактное, армированное листовой сталью или неармированное уплотнение из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) или полиуретана (AU) с одной стороны подшипника

2LS Контактное уплотнение LS с обеих сторон подшипника

LT Заполнение низкотемпературной пластичной смазкой. LT или двухзначное число после LT означает тип используемой смазки. Степень заполнения, отличающаяся от стандартной, обозначается буквой или буквенно-цифровой комбинацией после LTxx.

M Механически обработанный латунный сепаратор, центрируемый по телам качения

MA Механически обработанный латунный сепаратор, центрируемый по наружному кольцу

MB Механически обработанный латунный сепаратор, центрируемый по внутреннему кольцу

ML Механически обработанный цельный латунный сепаратор оконного типа, центрируемый по внутреннему или наружному кольцу

MT Заполнение пластичной смазкой для средних температур. Двухзначное число после MT означает тип используемой смазки. Степень заполнения, отличающаяся от стандартной, обозначается буквой или буквенно-цифровой комбинацией, после MTxx.

N Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце подшипника

NR Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце с соответствующим стопорным кольцом

P Литой сепаратор из стеклонаполненного полиамида 66 (PA66), центрируемый по телам качения

PHA Литой сепаратор из стеклонаполненного полиэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по наружному кольцу

RS Контактное, армированное листовой сталью или неармированное уплотнение из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны подшипника

2RS Контактное уплотнение RS с обеих сторон подшипника

RSH Контактное, армированное листовой сталью уплотнение из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны подшипника

2RSH Контактное уплотнение RSH с обеих сторон подшипника

RSL Контактное, армированное листовой сталью уплотнение низкого трения из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны подшипника

2RSL Контактное уплотнение низкого трения RSL с обеих сторон подшипника

RS1 Контактное, армированное листовой сталью уплотнение из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны подшипника

2RS1 Контактное уплотнение RS1 с обеих сторон подшипника

RS1Z Контактное, армированное листовой сталью уплотнение из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны и защитная шайба с другой стороны подшипника

RS2 Контактное, армированное листовой сталью уплотнение из синтетической резины на основе фторкаучука (FKM) с одной стороны подшипника

2RS2 Контактное уплотнение RS2 с обеих сторон подшипника

RZ Бесконтактное, армированное листовой сталью уплотнение из синтетической резины на основе бутадиенакрилонитрильного каучука (NBR) с одной стороны подшипника

2RZ Бесконтактное уплотнение RZ с обеих сторон подшипника

TN Литой сепаратор из полиамида 66 (PA66), центрируемый по телам качения

TNH Литой сепаратор из стеклонаполненного полиэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по телам качения

TN9 Литой сепаратор из стеклонаполненного полиамида 66 (PA66), центрируемый по телам качения

V Бессепараторный подшипник

WT Заполнение пластичной смазкой как для низких, так и высоких температур. WT или двухзначное число после WT означает тип используемой смазки. Степень заполнения, отличающаяся от стандартной, обозначается буквой или буквенно-цифровой комбинацией после WTxx.

W64 Антифрикционный заполнитель Solid Oil

Y Штампованный латунный сепаратор, центрируемый по телам качения

Z Защитная шайба из листовой стали с одной стороны подшипника

2Z Защитные шайбы Z с обеих сторон подшипника

Идентификация продукции SKF при замене

Идентификация подшипника

ПРИМЕЧАНИЕ: Чтобы быть уверенным в подлинности подшипников SKF, приобретайте эти изделия только у Авторизованных дистрибьюторов SKF.

Почти все подшипники SKF маркируются следующими кодами на торцах внутреннего или наружного кольца (→ **рис. 5**):

1 Торговая марка SKF
2 Полное обозначение подшипника
3 Закодированная дата производства,
4 Страна-производитель

Тип подшипника и его характеристики можно определить по его обозначению. На подшипнике может присутствовать другая маркировка в зависимости от его типа.

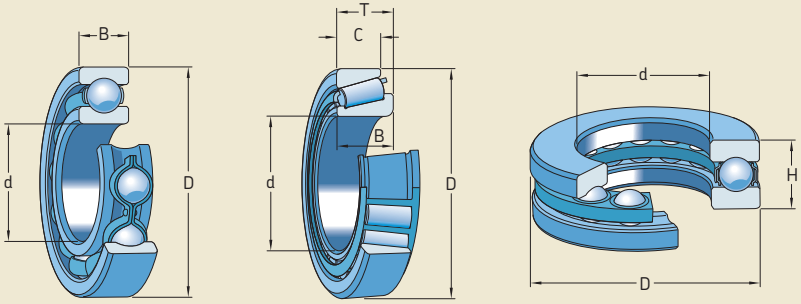
ПРИМЕЧАНИЕ: Иногда на подшипнике указана только часть информации. Например, на наружном кольце цилиндрического роликоподшипника с сепаратором может содержатся обозначение 3NU20 или 320 E. Это обозначение указывает на наружное кольцо серии диаметров 3 для диаметра отверстия 100 мм (20 × 5). Это наружное кольцо может укомплектовываться внутренним кольцом NU, NJ или NUP для получения подшипника в сборе. В этом случае полное обозначение подшипника нужно смотреть на внутреннем кольце, например: NJ 320 ECP/C3. Полное обозначение всегда печатается на упаковке и почти всегда указывается на чертежах машин и в спецификациях оборудования.

Рис. 5

Если обозначение на подшипнике невозможно различить, базовое обозначение подшипника можно получить, определив габаритные размеры (→ **Рис. 6**) и используя информацию, доступную на сайте www.skf.ru.

1 Определите тип подшипника (→ *Типы и конструкции подшипников*, **стр. 12**).
2 Измерьте внутренний диаметр (d) подшипника.

Рис. 6



Радиальный шарикоподшипник | Радиальный роликоподшипник | Упорный шарикоподшипник

3 Измерьте наружный диаметр (D) подшипника.
4 Измерьте ширину (B, C, T) или высоту (H) подшипника.
5 Используя функцию подробного поиска на сайте www.skf.ru, введите габаритные размеры, чтобы определить возможное базовое обозначение подшипника.

ПРИМЕЧАНИЕ: Чтобы выяснить полное обозначение подшипника, определите тип и материал сепаратора, конструкцию уплотнения и другие видимые особенности. Для получения дополнительной информации обращайтесь к уполномоченному представителю компании SKF или в техническую службу SKF.

Идентификация разъёмного корпуса и подшипникового узла

Все разъёмные стационарные корпуса SNL, SONL и SAF имеют маркировку на литой крышке корпуса (→ **рис. 7**). Крышка и основание каждого корпуса маркируется уникальным серийным номером, что исключает перепутывание компонентов при одновременном монтаже нескольких корпусов.

Для подшипниковых узлов идентифицируйте подшипник и корпус (и, при возможности, другие компоненты) по отдельности.

Замена уплотнений

Запасные уплотнения должны соответствовать по конструкции и материалу исходному уплотнению. Уплотнения из материала, отличного от исходного, должны применяться только в случае крайней необходимости.

ВНИМАНИЕ: При замене уплотнений тщательно проверяйте номер детали старого уплотнения. Часто вместо более устойчивого фторкаучукового уплотнения ошибочно применяется стандартное нитрильное уплотнение, что в результате приводит к внезапным непредсказуемым неисправностям.

Ресурс подшипника

Номинальный расчётный ресурс

Срок службы подшипника определяется как число оборотов или количество рабочих часов на определённой скорости, которые

Рис. 7

подшипник способен выдержать до появления первых признаков усталости на кольцах или телах качения. Этот срок службы можно рассчитать исходя из типа подшипника, нагрузки и частоты вращения по уравнению расчёта базового номинального ресурса

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

или в случае постоянной частоты вращения

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60\,n} L_{10}$$

где

L_{10} = номинальный ресурс (при надёжности 90 %) [миллионы оборотов]
L_{10h} = номинальный ресурс (при надёжности 90 %) [часы работы]
C = динамическая грузоподъёмность подшипника [кН]
P = эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник [кН]
n = частота вращения [об/мин]
p = показатель степени уравнения ресурса:
= 3 для шарикоподшипников
= 10/3 для роликоподшипников

Расчётный ресурс SKF

Для современных высококачественных подшипников расчётный номинальный ресурс может значительно отличаться от реального срока службы в определенных условиях эксплуатации. Поэтому в ISO 281: 2007 содержится уточнённое уравнение для расчёта номинального ресурса, учитывающее условия эксплуатации подшипника.

Уточнённое уравнение для расчёта номинального ресурса SKF:

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

или в случае постоянной частоты вращения

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60\,n} L_{nm}$$

где

L_{nm} = ресурс подшипника SKF (при надёжности 100 – n[1] %) [миллионы оборотов]
L_{nmh} = ресурс подшипника SKF (при надёжности 100 – n[1] %) [рабочие часы]
L_{10} = номинальный ресурс (при надёжности 90 %) [миллионы оборотов]
a_1 = поправочный коэффициент надёжности
a_{SKF} = модифицированный коэффициент ресурса SKF
C = динамическая грузоподъёмность [кН]
P = эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник [кН]
n = частота вращения [об/мин]
p = показатель степени уравнения ресурса:
= 3 для шарикоподшипников
= 10/3 для роликоподшипников

Дополнительная информация по расчёту номинального ресурса подшипника SKF представлена на сайте www.skf.ru.

[1] Коэффициент n представляет собой вероятность отказа, т. е. равен разнице между требуемой надёжностью и 100 %.

Срок службы

Срок службы подшипника

При расчёте номинального ресурса подшипника результат может значительно отличаться от срока службы в определённых условиях эксплуатации. Срок службы, который является фактическим ресурсом подшипника в определённых условиях эксплуатации до отказа (состояние непригодности к эксплуатации), зависит от различных факторов, включая смазывание, степень загрязнения, несоосность, надлежащую установку и такие условия эксплуатации, как нагрузки, частота вращения температура и уровни вибрации. Принимая во внимание эти факторы, компания SKF настоятельно рекомендует рассчитывать номинальный ресурс SKF с учётом поправочных коэффициентов, а не просто базовый номинальный ресурс.

Срок службы уплотнения

Уплотнения удерживают смазочный материал внутри подшипника и защищают его от попадания внешних загрязнений. Таким образом, уплотнения защищают смазку от загрязнений, что в итоге помогает достичь максимального срока службы подшипника.

В отличие от подшипника срок службы уплотнения не поддается расчёту. Срок службы уплотнения трудно предсказать, поскольку он почти полностью зависит от условий эксплуатации, а также степени загрязнения среды, несоосности вала, процедур установки и химического воздействия чистящих реагентов.

Срок службы смазочного материала

В любых областях применения смазочный материал оказывает значительное влияние на срок службы подшипника. Поэтому все смазочные материалы должны соответствовать конкретным условиям эксплуатации. Независимо от того, смазывается подшипниковый узел пластичной смазкой или маслом, эффективность смазочного материала со временем снижается из-за механической нагрузки, старения, накопления загрязнений в результате износа деталей и/или попадания внешних загрязнений. Поэтому фактический срок службы смазочного материала сложно предсказать. Тем не менее, далее приводятся

рекомендации компании SKF по периодичности замены смазки и процедурам технического обслуживания.

Чистота

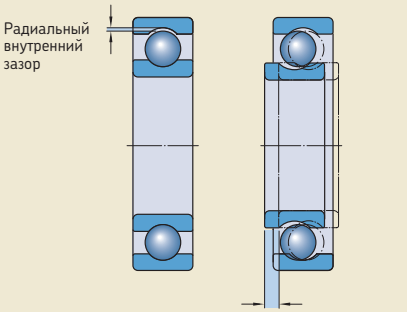
Степень загрязнения оказывает значительное влияние на подшипник и срок его службы. Она также оказывает отрицательное влияние на срок службы смазочного материала. Поэтому очень важно, чтобы подшипники смазывались чистой пластичной смазкой или маслом, и смазочный материал был полностью защищён от попадания загрязнений эффективной системой уплотнений.

Чистота должна соблюдаться при выполнении всех операций — от монтажа и смазывания до осмотра и демонтажа. Подробные рекомендации относительно чистоты приводятся ниже в соответствующих разделах, здесь же представлены некоторые общие рекомендации:

- Храните подшипники в заводской упаковке, которая обеспечивает их надёжную защиту, непосредственно до монтажа.
- Устанавливайте подшипники в помещении, где нет грязи, пыли и влаги.
- Для выполнения всех операций используйте профессиональный инструмент.
- Немедленно удаляйте излишки пластичной смазки и масла.
- Прежде чем приступить к смазыванию, выполните очистку пресс-масленок, после смазывания тщательно закройте их защитным колпачком.
- Для транспортировки и хранения смазки используйте чистые ёмкости. Настоятельно рекомендуется использовать отдельные ёмкости для каждого типа смазочного материала.
- При промывке оборудования не направляйте струю на уплотнения.

ПРИМЕЧАНИЕ: Целесообразнее защитить подшипник от попадания в него грязи, чем затем чистить его. Множество типов подшипников являются неразборными, поэтому их сложно очистить.

Рис. 8



Внутренний зазор в подшипнике

Внутренний зазор подшипника определяется как общее расстояние, на которое может переместиться одно из колец подшипника относительно другого кольца (→ **рис. 8**):

- в радиальном направлении (радиальный внутренний зазор)
- в осевом направлении (осевой внутренний зазор)

Необходимо отличать внутренний зазор подшипника до монтажа (→ **Приложение E**, начиная со **стр. 388**) от внутреннего зазора смонтированного подшипника при рабочей температуре (рабочий зазор). Начальный внутренний зазор (до монтажа) больше рабочего зазора из-за разной степени натяга и разницы в тепловом расширении колец подшипника и сопряжённых деталей, в результате которых кольца расширяются или сжимаются.

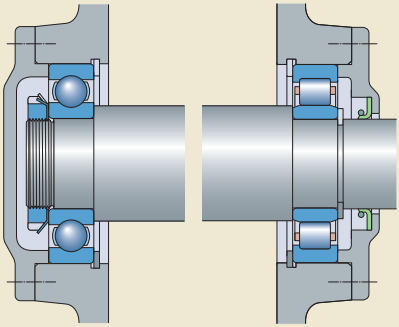
Величина рабочего внутреннего зазора имеет большое значение для правильной работы подшипника. Общее правило:

- Шарикоподшипники всегда должны иметь рабочий зазор примерно равный нулю или небольшой преднатяг.
- Цилиндрические, сферические и тороидальные роликоподшипники CARB в процессе работы всегда должны иметь некоторый остаточный зазор.

- Это относится и к коническим роликоподшипникам, за исключением тех подшипниковых узлов, где требуется повышенная жёсткость, например, опор шестерен, где подшипники устанавливаются с преднатягом.

ПРИМЕЧАНИЕ: В тех случаях, когда условия работы и монтажа отличаются от нормальных, например, когда оба кольца устанавливаются с натягом или преобладают повышенные рабочие температуры, требуются подшипники с увеличенными или уменьшенными внутренними зазорами. В таких случаях компания SKF рекомендует проверять величину остаточного зазора подшипника после его монтажа.

Рис. 9



Подшипниковые узлы

Обычно для опоры вращающейся детали механизма требуются два подшипника, один из которых является фиксирующим, а второй — плавающим. В некоторых случаях оба подшипника отвечают за осевую фиксацию вала. Это называется регулируемым или взаимозависимым расположением подшипников.

Типы подшипниковых узлов

Фиксирующие и плавающие подшипниковые узлы

Наиболее общей является компоновка, при которой один подшипник является фиксирующим, а второй — плавающим (→ **рис. 9**).

Фиксирующий подшипник обычно располагается на стороне привода машины, поддерживает вал в радиальном направлении и удерживает его от перемещения в осевом направлении в обе стороны. Поэтому положение такого подшипника должно быть зафиксировано как на валу, так и в корпусе. Типы фиксирующих подшипников:

- радиальные шарикоподшипники (→ **рис. 9**)
- самоустанавливающиеся шарикоподшипники
- двухрядные сферические роликоподшипники (→ **рис. 10**, левый)
- двухрядные или спаренные однорядные радиально-упорные шарикоподшипники
- спаренные конические роликоподшипники
- цилиндрические роликоподшипники (типы NJ, HJ и NUP)

Рис. 10

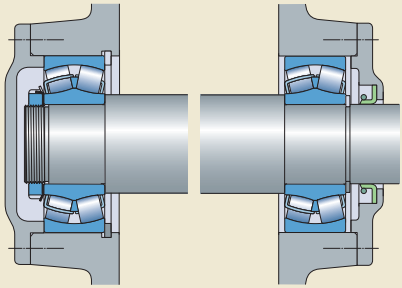
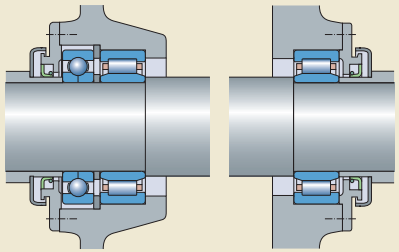


Рис. 11



Также могут использоваться сочетания радиального подшипника, который воспринимает только радиальную нагрузку, и подшипника, который воспринимает осевую нагрузку, например, цилиндрический роликоподшипник типа NU и шарикоподшипник с четырёхточечным контактом (→ **рис. 11**).

Плавающий подшипник обеспечивает только радиальную опору и, при необходимости, компенсирует осевое смещение вала относительно корпуса, обусловленное тепловым расширением. Некоторые подшипники компенсируют осевое смещение внутри подшипника. Типовые плавающие подшипники:

- тороидальные роликоподшипники CARB
- цилиндрические роликоподшипники с бортами только на одном кольце, т. е. подшипники типов N и NU

Для других плавающих подшипников осевое смещение имеет место между одним из колец подшипника и его посадочным местом, обычно между наружным кольцом и посадочным отверстием в корпусе. Типы плавающих подшипников:

- радиальные шарикоподшипники
- самоустанавливающиеся шарикоподшипники
- сферические двухрядные роликоподшипники (→ **рис. 10**, правый)

Регулируемые подшипниковые узлы

В регулируемой компоновке вал фиксируется по оси в одном направлении с помощью одного подшипника, а в другом направлении — с помощью другого подшипника. Эта компоновка, которая также называется узлом «с перекрёстной фиксацией», в основном используется для коротких валов с малым тепловым удлинением. Все типы радиальных шарико- и роликоподшипников, которые воспринимают осевые нагрузки как минимум в одном направлении, подходят для перекрёстной фиксации подшипников, включая:

- радиальные шарикоподшипники
- радиально-упорные шарикоподшипники (→ **рис. 12**)
- конические роликоподшипники

Рис. 12

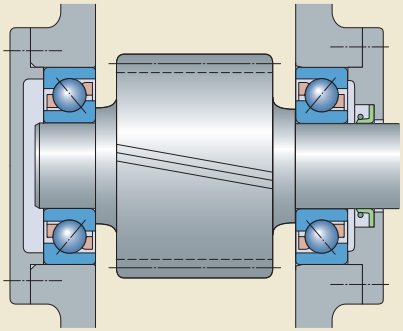
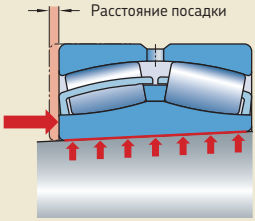


Рис. 13



Способы фиксации подшипников

Радиальная фиксация подшипников

Для полной реализации грузоподъёмности подшипника его кольца должны иметь полную опору по всей окружности и по всей ширине.

В целом, достаточная радиальная фиксация подшипника может быть достигнута лишь в том случае, если кольца посажены с необходимой степенью натяга. Неправильный монтаж колец, как правило, приводит к повреждению подшипников и сопряжённых деталей. В случае, когда посадка с натягом не может использоваться и применяется свободная посадка, для предупреждения проскальзыва-

ния подшипника нужно принимать специальные меры, в противном случае может иметь место износ посадочного места на валу или в корпусе.

ПРИМЕЧАНИЕ: Микропроскальзывание появляется в результате относительного движения между кольцом подшипника и его посадочным местом и обычно обусловлено отсутствием или наличием слабой посадки кольца подшипника для условий его нагружения.

Выбор посадки

Подшипники с цилиндрическим отверстием

При выборе посадки для подшипников с цилиндрическим отверстием очень важно учесть условия вращения (→ **таблица 1**). Существуют три различных условия:

- Нагрузка считается вращающейся, если вращается кольцо подшипника при неподвижной нагрузке или кольцо неподвижно, а нагрузка вращается так, что все точки кольца подвергаются нагружению за один оборот.
- Нагрузка считается неподвижной, если кольцо подшипника неподвижно и нагрузка также неподвижна или, если кольцо и нагрузка вращаются с одной и той же скоростью так, что нагрузка всегда воздействует на одно и то же место на кольце.
- Нагрузка неопределенного направления соответствует различным внешним нагрузкам, ударным нагрузкам, вибрациям и колебаниям, возникающим в высокоскоростных машинах и вызывающим изменения в направлении нагрузки, не поддающиеся точному описанию.

Другие факторы, которые нужно принимать во внимание при выборе натягов, перечислены в **таблице 2** на **стр. 33** и **34**.

Таблица 1

Условия вращения и нагружения

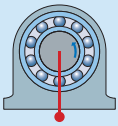
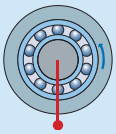
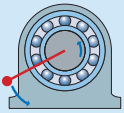
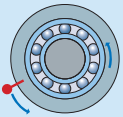
Условия эксплуатации	Схематическое изображение	Условия нагружения	Пример	Рекомендуемые посадки
Вращающееся внутреннее кольцо		Вращающаяся нагрузка на внутреннее кольцо	Валы ременных передач	Посадка с натягом внутреннего кольца
Неподвижное наружное кольцо		Неподвижная нагрузка на наружное кольцо		Свободная посадка наружного кольца
Постоянное направление нагрузки				
Неподвижное внутреннее кольцо		Неподвижная нагрузка на внутреннее кольцо	Направляющие ролики конвейера	Свободная посадка внутреннего кольца
Вращающееся наружное кольцо		Вращающаяся нагрузка на наружное кольцо	Ступичные подшипники	Посадка с натягом наружного кольца
Постоянное направление нагрузки				
Вращающееся внутреннее кольцо		Неподвижная нагрузка на внутреннее кольцо	Вибромашины	Посадка с натягом наружного кольца
Неподвижное наружное кольцо		Вращающаяся нагрузка на наружное кольцо	Вибросита или двигатели	Свободная посадка внутреннего кольца
Нагрузка вращается с внутренним кольцом				
Неподвижное внутреннее кольцо		Вращающаяся нагрузка на внутреннее кольцо	Конусные дробилки	Посадка с натягом внутреннего кольца
Вращающееся наружное кольцо		Неподвижная нагрузка на наружное кольцо	Приводы каруселей	Свободная посадка наружного кольца
Нагрузка вращается с наружным кольцом				

Таблица 2

Факторы, которые нужно принимать во внимание при выборе посадки

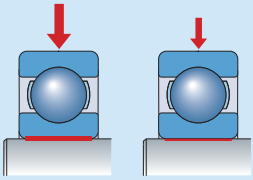
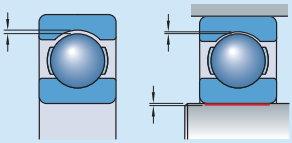
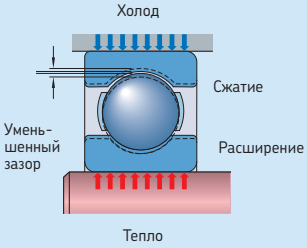
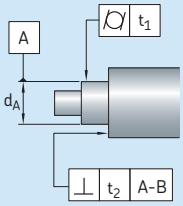
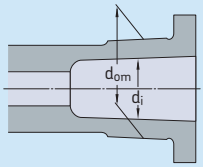
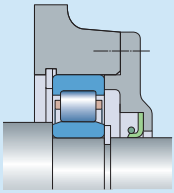
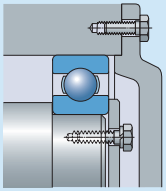
Факторы	Ситуация	Рекомендации
Величина нагрузки 	Подшипники при тяжёлой нагрузке более подвержены проскальзыванию, чем подшипники при лёгкой нагрузке.	Чтобы не допустить проскальзывания, выбирайте посадку с большим натягом для подшипников, работающих в условиях тяжёлой нагрузки. Также нужно принимать во внимание ударные нагрузки. Величина нагрузки определяется как: • $P \leq 0{,}05\ C$ – лёгкая нагрузка • $0{,}05\ C < P \leq 0{,}1\ C$ – нормальная нагрузка • $0{,}1\ C < P \leq 0{,}15\ C$ – тяжёлая нагрузка • $P > 0{,}15\ C$ – очень тяжёлая нагрузка
Внутренний зазор в подшипнике 	Чем плотнее посадка с натягом, тем больше уменьшение исходного внутреннего зазора подшипника после монтажа.	При плотной посадке могут потребоваться подшипники с увеличенным радиальным внутренним зазором.
Разности температур 	Наружное кольцо во время работы нагревается меньше, чем внутреннее кольцо, что приводит к уменьшению внутреннего зазора.	В зависимости от ожидаемой рабочей температуры могут потребоваться подшипники с увеличенным радиальным внутренним зазором.
Требования к точности вращения 	Подшипники со свободной посадкой более восприимчивы к вибрации.	Когда к точности вращения предъявляются высокие требования, выбирайте посадки, соответствующие классу допуска не ниже IT5 для вала и IT6 для корпуса. Чтобы уменьшить осевое биение и вибрацию, выбирайте посадку с натягом.

Таблица 2 (продолжение)

Факторы, которые нужно принимать во внимание при выборе посадки

Факторы		Ситуация	Рекомендации
Конструкция и материал вала и корпуса		Посадки могут быть менее эффективными для полых валов или тонкостенных корпусов. Плохой контакт на посадочном месте подшипника, например, в разъёмном корпусе, может привести к деформации кольца подшипника (овальности). Материал посадочного места, если он отличается от материала подшипника, будет влиять на выбор посадки ввиду различных коэффициентов теплового расширения.	При монтаже подшипников в тонкостенном корпусе, а также в корпусе из лёгкого сплава или на полые валы следует выбирать более плотную посадку с натягом. Разъёмный корпус не подходит для плотной посадки с натягом. Для этих корпусов компания SKF рекомендует группу допуска G или H (но не более K).
Простота монтажа и демонтажа		Монтаж и демонтаж подшипников, устанавливаемых с зазором, выполняется проще, чем монтаж и демонтаж подшипников, устанавливаемых с натягом	Если требуется посадка с натягом и важно обеспечить простые монтаж и демонтаж, выбирайте разъёмные подшипники или подшипники с коническим отверстием. Подшипники с коническим отверстием монтируются либо непосредственно на коническом посадочном месте вала, либо с помощью закрепительной или стяжной втулки на цилиндрическом посадочном месте вала.
Смещение плавающего подшипника		Некоторые подшипники допускают относительное осевое смещение колец внутри подшипника, например, цилиндрические роликоподшипники, у которых одно кольцо без бортов, игольчатые роликоподшипники или тороидальные роликоподшипники CARB.	У подшипников, которые не допускают относительное осевое смещение колец, одно кольцо должно быть плавающим, т. е. для кольца, несущего неподвижную нагрузку, выбирайте посадку с зазором.

Подшипники с коническим отверстием

Подшипники с коническим отверстием монтируются либо непосредственно на коническом посадочном месте вала, либо на закрепительную или стяжную втулку на цилиндрическом посадочном месте вала. Посадка внутреннего кольца и радиальный зазор в подшипнике определяются расстоянием сдвига кольца относительно посадочного места вала или втулки (→ **рис. 13**, **стр. 31**).

Рекомендованные посадки и допуски

Допуски диаметра отверстия и наружного диаметра подшипников качения соответствуют международным стандартам. Для выбора подходящей посадки стандартных метрических подшипников нужно рассматривать только ограниченное количество допусков ISO для посадочных мест вала и корпуса. Расположение наиболее часто используемых классов допуска вала и корпуса по отношению к допускам на диаметр отверстия и наружный диаметр подшипника приводится на **рис. 14**.

ПРИМЕЧАНИЕ: Каждый класс допуска ISO обозначается буквой и цифрой. Буква (строчная для диаметра вала и прописная для диаметра отверстия в корпусе) определяет поле допуска относительно номинального размера. Цифра указывает на величину поля допуска.

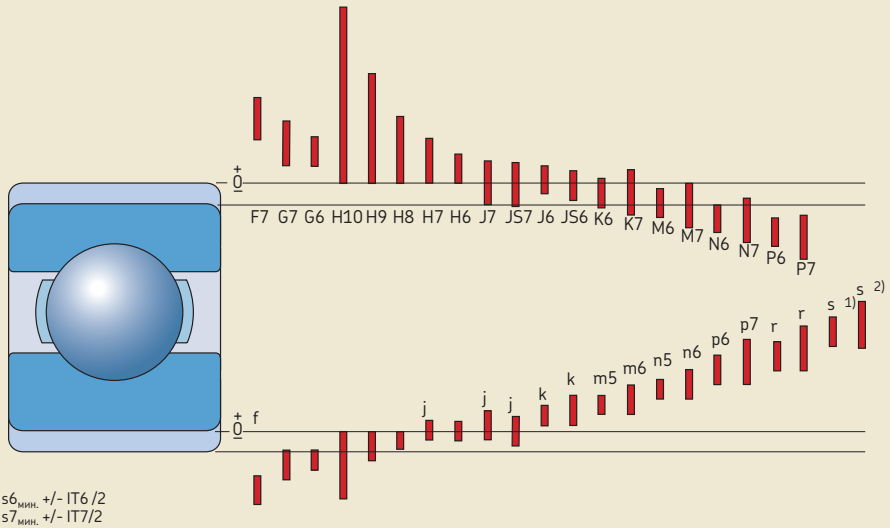
Рекомендации для сплошных стальных валов и чугунных или стальных корпусов приведены в **Приложении A**, начиная со **стр. 334**. Соответствующие значения допуска для посадочных мест стандартных метрических подшипников на валах и в корпусах приведены в **Приложении B**, начиная со **стр. 338**.

Если подшипники устанавливаются с натягом на полом валу, то для достижения такого же по величине контактного давления на посадочной поверхности внутреннего кольца подшипника обычно должна использоваться более плотная посадка, чем для сплошных валов. Дополнительная информация представлена на сайте www.skf.ru.

Требования к точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей

Точность и форма цилиндрических посадочных мест на валах и в корпусах должна соответствовать точности используемых подшипников. Компания SKF даёт следующие рекомендации по форме и точности механической обработки посадочных мест для опор подшипников.

Рис. 14



1) $s6_{мин.}$ +/- IT6 /2
2) $s7_{мин.}$ +/- IT7/2

Геометрическая точность

Для подшипников нормального класса точности геометрическая точность посадочных мест на валу должна соответствовать классу точности не ниже IT6. Геометрическая точность изготовления корпусов должна соответствовать классу точности не ниже IT7. При использовании закрепительной или стяжной втулки может применяться более широкий допуск (класс точности IT9), чем для посадочных мест подшипника на валу (**† Приложение B-7**, **стр. 384**). Числовые значения стандартных квалитетов точности IT приведены в **Приложении C** на **стр. 385**.

Для подшипников более высокого класса точности должны применяться более высокие квалитеты.

Допуски для цилиндрических посадочных мест

Допуск на цилиндричность t_1 посадочного места подшипника в зависимости от требований должен быть выше на один или два квалитета точности IT от требуемой геометрической точности. Например, если посадочное место подшипника на валу обрабатывалось с полем допуска m6, то точность формы должна соответствовать квалитету IT5 или IT4. Значение допуска на цилиндричность t_1 для предполагаемого диаметра вала 150 мм получается из формулы t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 мкм. Поскольку t_1 — это допуск для радиуса, для диаметра вала получаем 2 × t_1.

Рекомендации для допуска на цилиндричность t_1 (и полный допуск на биение t_3) для посадочных мест подшипника приводятся в **Приложении D-1** на **стр. 386**.

Если подшипники монтируются на закрепительной или стяжной втулке, цилиндричность закрепительной втулки должна соответствовать квалитету точности IT5/2 (для поля допуска h9) (**→ Приложение B-7**, **стр. 384**).

Допуск на перпендикулярность

Упорные бурты на валу и в корпусе под кольца подшипников должны выполняться с допуском на перпендикулярность как минимум на один квалитет точности IT выше допуска на диаметр соответствующего цилиндрического посадочного места. Для подкладных колец упорных подшипников допуск на перпендикулярность не должен превышать квалитет точности IT5.

Рекомендации для допуска на перпендикулярность t_2 (и полный допуск на осевое биение t_4) приведены в **Приложении D-1** на **стр. 386**.

Шероховатость поверхности посадочных мест под подшипники

Шероховатость поверхности посадочных мест не оказывает столь важного влияния на рабочие характеристики подшипников, как соблюдение заданных допусков размеров, формы и взаимного расположения. Однако шероховатость сопряжённых поверхностей оказывает непосредственное влияние на величину натяга при посадке. Для подшипниковых узлов с повышенными требованиями к точности и жёсткости рекомендованные значения шероховатости поверхности Ra приведены в **Приложении D-2** на стр. **387**. Эти рекомендации применимы к шлифованным посадочным местам.

ПРИМЕЧАНИЕ: Шероховатость полированных посадочных мест должна быть на один или два квалитета выше шлифованных посадочных мест. Для неответственных подшипниковых узлов допускается сравнительно большая шероховатость поверхностей.

Осевая фиксация подшипников

Одной лишь посадки с натягом недостаточно для надёжной осевой фиксации кольца подшипника. Поэтому, как правило, требуются дополнительные способы осевой фиксации кольца.

Для полной осевой фиксации подшипника нужно зафиксировать оба кольца подшипника с обеих сторон (→ **Рис. 15**).

Для плавающих подшипников осевая фиксация зависит от конструкции подшипника:

- Для неразборных подшипников должно быть зафиксировано кольцо с более тугой посадкой (обычно внутреннее кольцо), а посадочное место наружного кольца должно обеспечивать его свободное перемещение в осевом направлении (→ **Рис. 16**).
- Для разборных подшипников, например, цилиндрических роликоподшипников, оба кольца должны быть зафиксированы в осевом направлении (→ **Рис. 17**).
- В случае тороидальных роликоподшипников CARB оба кольца должны быть зафиксированы в осевом направлении.

Для регулируемых подшипниковых узлов (с перекрёстной фиксацией) каждое кольцо подшипника требуется зафиксировать в осевом направлении только с одной стороны (→ **Рис. 18**).

Рис. 15

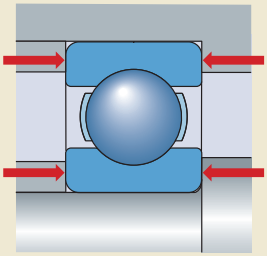


Рис. 16

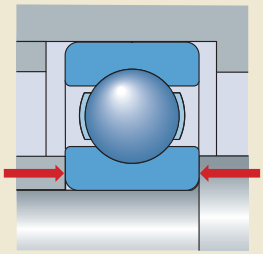


Рис. 18

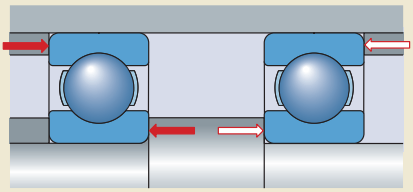
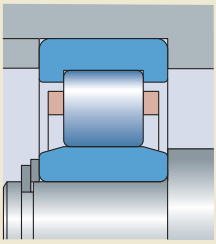


Рис. 17



Размеры заплечиков и галтелей

Размеры деталей, сопряжённых с подшипником (заплечики вала и корпуса, распорные втулки), должны обеспечивать надёжную опору кольцам подшипника, но не касаться его вращающихся частей и не допускать касания вращающихся частей с неподвижными деталями.

Переход между посадочным местом подшипника и заплечиком вала или корпуса может быть в форме простой галтели или выточки. Соответствующие размеры галтелей приведены в **Приложении D-3** на **стр. 387**. Чем больше радиус галтели (для кривой плавной формы), тем благоприятнее распределение напряжений вала в зоне галтели.

Поэтому для тяжелонагруженных валов обычно требуются галтели больших радиусов. В таких случаях следует устанавливать распорное кольцо между внутренним кольцом подшипника и заплечиком вала, чтобы создать достаточную площадь опорной поверхности для кольца подшипника. Торец распорного кольца, обращённый к заплечику вала, должен быть обработан таким образом, чтобы он не касался галтели вала (→ **рис. 19**).

Тороидальные роликоподшипники CARB

Тороидальные роликоподшипники CARB способны компенсировать осевое смещение вала непосредственно внутри подшипника. Чтобы обеспечить возможность такого осевого смещения вала относительно корпуса, необходимо убедиться в наличии достаточного свободного пространства с обеих сторон подшипника (→ **Рис. 20**).

Для расчёта требуемой ширины опоры посетите сайт www.skf.ru.

Рис. 19

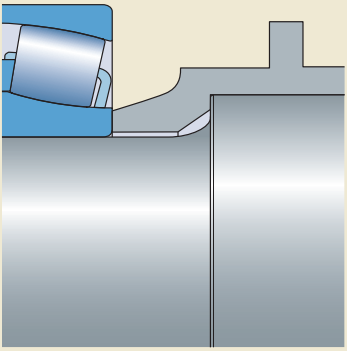
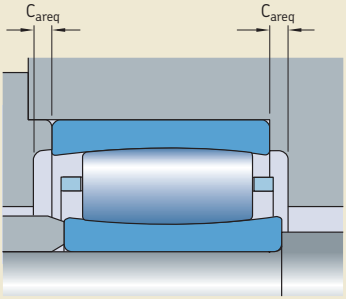


Рис. 20



Уплотнения

Характеристики уплотнения играют важнейшую роль в обеспечении чистоты смазки и длительного срока службы подшипников. Среди уплотнений для подшипников качения различают встроенные уплотнения, выполненные в виде детали подшипника, и внешние уплотнения, устанавливаемые отдельно от подшипника.

Внешние уплотнения

Имеются две обширные категории внешних уплотнений:

- контактные уплотнения
- бесконтактные уплотнения

Уплотнения, контактирующие с неподвижными поверхностями, известны как статические уплотнения. Эффективность работы данных уплотнений зависит от способности их поперечного сечения к радиальной или осевой деформации при монтаже. Типовыми примерами являются прокладки и кольцевые уплотнения. Уплотнения, которые контактируют со скользящими поверхностями, называются динамическими уплотнениями и используются для уплотнения промежутков между неподвижным компонентом, например, корпусом и вращающимся компонентом (обычно это вал). Они удерживают смазку внутри и не допускают попадания загрязнений в подшипниковый узел (→ **рис. 21**).

Наиболее распространенным и надёжным контактным уплотнением является манжетное уплотнение вала. Другими типами являются V-образные кольца и войлочные уплотнения.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если основной функцией манжетного уплотнения является удержание смазочного материала, его нужно устанавливать уплотнительной кромкой внутрь подшипника. Если уплотнение предназначено для защиты от попадания загрязнений, уплотнительная кромка должна быть направлена в сторону загрязнений, то есть наружу.

Бесконтактные радиальные уплотнения вала обеспечивают уплотняющий эффект за счёт узкого и относительно длинного зазора, который может быть расположен в осевом, ради-

Рис. 21

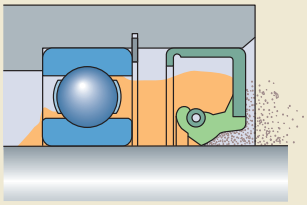


Рис. 22

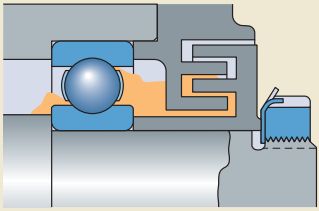
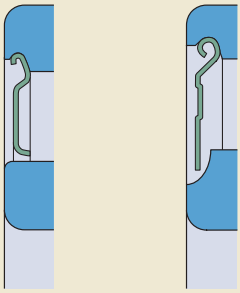


Рис. 23



альном или в обоих направлениях. Бесконтактные уплотнения, от простых уплотнений щелевого типа до многоступенчатых лабиринтных уплотнений (→ **рис. 22**, **стр. 39**), практически не имеют трения и не подвержены износу.

ПРИМЕЧАНИЕ: Бесконтактные уплотнения подходят для высокоскоростного и/или высокотемпературного исполнения узлов.

Встроенные уплотнения

Имеются две категории встроенных уплотнений подшипников:

- защитные шайбы
- контактные уплотнения

Защитные шайбы

Защитные шайбы из листовой стали являются бесконтактными уплотнениями и используются для узлов, работающих в условиях средней загрязнённости, где отсутствует опасность воздействия на подшипник воды, пара и т.д. Защитные шайбы также используются в тех случаях, когда важно снизить трение из-за скорости или рабочей температуры. Подшипники смазываются на весь срок службы и не предназначены для повторного смазывания

Форма защитных шайб (→ **рис. 23**, **стр. 39**) образует:

- узкий зазор между заплечиком внутреннего кольца и горизонтальной кромкой уплотнения (**a**)
- эффективное лабиринтное уплотнение в комбинации с выточкой в заплечике внутреннего кольца (**b**)

Контактные уплотнения

Встроенные уплотнения подшипников обычно изготавливаются из эластомеров, армированных листовой сталью.

Подшипники с контактными уплотнениями предпочтительно применять там, где требуется обеспечить повышенную защиту от проникновения загрязнений, присутствует влага или водяной туман, а также требуется обеспечить продолжительный срок службы при минимальном обслуживании.

Способ контакта уплотнения с кольцом подшипника зависит от типа подшипника и кон-

Рис. 24

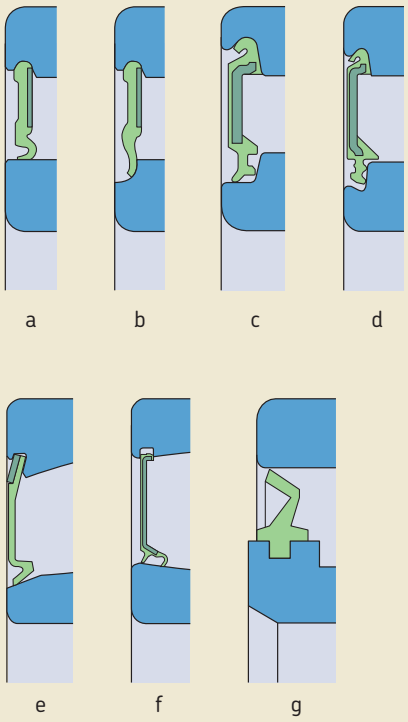
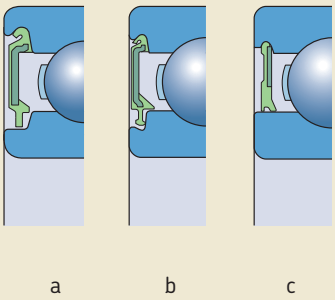


Рис. 25



струкции уплотнения. Кромки уплотнения могут контактировать одним из следующих способов (→ **рис. 24**):

- с заплечиком внутреннего кольца (**a**) или с выточкой в заплечике внутреннего кольца (**b**, **c**, **d**)
- с фасками на внутреннем кольце (**e**, **f**) или на наружном кольце (**g**)

Для радиальных шарикоподшипников компания SKF разработала бесконтактные встроенные уплотнения, которые образуют чрезвычайно малый зазор с внутренним кольцом (→ **рис. 25a** и **25b**), и встроенные уплотнения с низким коэффициентом трения, которые практически не контактируют с внутренним кольцом (→ **рис. 25c**). Оба уплотнения удовлетворяют высоким требованиям по уплотнению и обеспечивают малое трение в подшипнике. Поэтому подшипники с такими уплотнениями могут работать на таких же частотах вращения, что и подшипники с защитными шайбами, но обладают улучшенными уплотнительными свойствами. Они смазываются на весь срок службы и не требуют повторного смазывания.

Хранение подшипников, уплотнений и смазочных материалов

Условия хранения подшипников, уплотнений и смазочных материалов не должны оказывать отрицательного влияния на их характеристики. Складское хранение также оказывает влияние на характеристики, особенно в том, что касается уплотнений и смазочных материалов. Поэтому компания SKF рекомендует управлять складскими запасами по принципу «расходование запасов в порядке получения».

Хранение подшипников, подшипниковых узлов и корпусов

Условия хранения

Чтобы максимально продлить срок службы подшипников, компания SKF рекомендует использовать следующую основную практику складского хранения:

- Хранить подшипники в горизонтальном положении, в сухом месте без вибрации, при постоянной температуре. В месте хранения не должно быть сквозняков.
- Относительная влажность в месте хранения должна ограничиваться следующими значениями:
  - 75 % при 20 °C
  - 60 % при 22 °C
  - 50 % при 25 °C
- Подшипники нужно хранить в исходной закрытой упаковке непосредственно до момента монтажа, чтобы не допустить попадания пыли или влаги, а также появления коррозии деталей подшипника.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подшипники, установленные на неработающем (резервном) оборудовании, следует как можно чаще проворачивать для перераспределения смазки в подшипнике и изменения положения тел качения относительно дорожек качения для предотвращения ложного бринеллирования.

Подшипниковые узлы и корпуса подшипников должны храниться в таких же условиях, что и подшипники, т. е. в прохладном, непыльном и умеренно вентилируемом помещении, в котором регулируется относительная влажность.

Срок хранения открытых подшипников

Подшипники SKF перед поставкой покрываются антикоррозионным составом и надлежащим образом упаковываются. Защитное покрытие открытых подшипников обеспечивает защиту от коррозии на протяжении приблизительно пяти лет при хранении в соответствующих условиях. По прошествии пяти лет компания SKF рекомендует следующее:

1. Извлечь подшипник из упаковки, по возможности не повредив её.
2. Очистить подшипник с помощью подходящего растворителя.
3. Тщательно высушить подшипник.

4 Осмотреть подшипник на предмет коррозии или повреждений. При удовлетворительном состоянии нанести свежий слой соответствующего антикоррозионного состава и упаковать подшипник в заводскую упаковку.

ПРИМЕЧАНИЕ: Компания SKF предоставляет услуги по ревизии и реконсервации подшипников. Обращайтесь в местное представительство или к авторизованному дистрибьютору компании SKF.

Срок хранения уплотнённых подшипников

Максимальный срок хранения уплотнённых подшипников SKF определяется заложенной в них смазкой. Со временем свойства смазки ухудшаются в результате старения, конденсации влаги и разделения смазки на масло и загуститель. Поэтому уплотнённые подшипники не допускается хранить более трёх лет.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для малогабаритных подшипников нецелесообразно снимать уплотнения, очищать подшипники, заменять смазку и заново устанавливать уплотнения. Эта процедура может привести к повреждению уплотнения и попаданию грязи в подшипник в процессе его работы.

На некоторых крупногабаритных подшипниках уплотнения удерживаются в наружном кольце с помощью стопорного кольца. При необходимости уплотнения можно снять и заменить.

Хранение эластомерных уплотнений

Условия хранения

Чтобы максимально продлить срок службы эластомерных уплотнений, компания SKF рекомендует использовать следующую основную практику складского хранения:

- Хранить эластомерные уплотнения плоской поверхностью вниз в прохладном месте с умеренной вентиляцией при температуре от 15 до 25 °C.
- Относительная влажность в месте хранения должна ограничиваться уровнем 65 %.
- Необходимо защитить уплотнения от попадания прямого солнечного света или УФ-излучения.
- Уплотнения следует хранить в заводской упаковке непосредственно до момента установки, чтобы не допустить ухудшения свойств материала под воздействием окружающей среды. При отсутствии заводской упаковки следует хранить уплотнения в герметичных контейнерах.
- Необходимо хранить уплотнения отдельно от растворителей, топлива, смазочных материалов и других химических веществ, которые выделяют различные испарения.
- Уплотнения, изготовленные из различных материалов, следует хранить отдельно.

ВНИМАНИЕ: Запрещается хранить уплотнения в подвешенном состоянии на крючках или гвоздях. При хранении таким образом под нагрузкой от собственного веса уплотнения подвержены необратимой деформации и растрескиванию.

Срок хранения

Со временем физические свойства уплотнений из эластомерных материалов изменяются под воздействием воздуха, тепла, света, влаги, растворителей и некоторых металлов, особенно меди и марганца. В результате эластомерные уплотнения могут стать непригодными к эксплуатации в результате затвердевания или размягчения, растрескивания или другого вида повреждения поверхности.

Хранение смазочных материалов

Условия хранения

Смазочные материалы подвержены влиянию температуры, света, воды, влаги и кислорода. Случайное воздействие этих факторов обычно не является опасным. Однако любое подобное воздействие ускоряет старение.

Чтобы максимально продлить срок службы смазочных материалов, компания SKF рекомендует следующее:

- Смазочные материалы следует хранить в сухом месте без вибрации при температуре ниже 40 °C. Это особенно важно для негерметичных ёмкостей, поскольку влажность вызывает ухудшение смазочных свойств и ускоряет окисление.

- Хранить смазочные материалы следует внутри помещения на соответствующих стеллажах. Хранение внутри помещения также позволяет сохранить маркировку на ёмкостях.
- Бочки с маслом следует хранить на боку, чтобы не допустить накопления загрязнений на верхнем торце бочки.
- Ёмкости следует хранить плотно закрытыми, чтобы не допустить попадания грязи внутрь.
- На контейнеры необходимо нанести чётко различимую маркировку. Если маркировка изношена или повреждена, это может привести к затруднению при идентификации ёмкостей. Также рекомендуется применять цветовую маркировку.
- Смазочные материалы следует хранить в заводских ёмкостях.
- Запрещается хранить расфасованные смазочные материалы в открытой таре.

Срок хранения

Срок хранения смазочных материалов — период от даты заполнения до предполагаемой даты истечения срока годности при условии надлежащего хранения. Дата производства обычно указывается на ёмкости и должна периодически проверяться. Обычно дата производства на ёмкостях и автоматических лубрикаторах SKF указывается в виде четырёхзначного кода, например, 0710 означает, что смазка была произведена на 10-й неделе в 2007 году.

Со временем свойства большинства смазочных материалов ухудшаются. Рекомендации по сроку хранения различных смазочных материалов приводятся в **таблице 3**.

При превышении срока хранения смазочных материалов их эффективность может быть снижена. Поэтому компания SKF настоятельно рекомендует использовать только те смазочные материалы, для которых указанная дата истечения срока годности наступит не скоро.

ПРИМЕЧАНИЕ: Помните, затраты на ремонт механизма, вышедшего из строя по причине пришедшего в негодность смазочного материала, значительно выше по сравнению со стоимостью замены смазочного материала.

Утилизация смазочных материалов

Неправильная утилизация смазочного материала опасна для окружающей среды. Смазочные материалы подлежат утилизации в соответствии с национальными и местными законодательными нормами и требованиями с соблюдением надлежащих природоохранных мер.

Таблица 3

Срок хранения смазочного материала при 20 °C

Смазочный материал	Максимальный срок хранения
Смазочные масла	10 лет[1)]
Пластичные смазки SKF (за исключением смазки для пищевой промышленности LGFP 2)	5 лет
Смазка для пищевой промышленности LGFP 2 для подшипников SKF	2 года
Смазка в уплотнённых радиальных шарикоподшипниках SKF, например, MT47, MT33 или GJN	3 года
Смазочный материал в лубрикаторах SKF SYSTEM 24 серии LAGD	2 года
Смазочный материал в лубрикаторах SKF SYSTEM 24 серии LAGE (за исключением случая заправки LGFP 2 или маслом)	3 года
Смазочный материал в лубрикаторах SKF SYSTEM 24 серии LAGE в случае заправки LGFP 2 или маслом	2 года

[1)] Срок хранения может уменьшаться из-за наличия в смазочном материале определённых добавок. Обратитесь к производителю смазочного материала.

Монтаж подшипников

Подготовка к монтажу **46**
Планирование 46
Чистота рабочего места 46
Удаление защитного покрытия с новых подшипников 47
Проверка соответствующих компонентов 47
Техника безопасности 49
Подготовка компонентов 49

Обращение с подшипниками **49**

Внутренний зазор в подшипнике **51**
Зазор до и после монтажа 51
Измерение зазора с помощью калиброванных щупов 52

Монтаж в холодном состоянии **53**
Механические методы 53
Подшипники с цилиндрическим отверстием 53
Подшипники с коническим отверстием 54
Метод монтажа SKF Drive-up 57
Метод монтажа SKF Drive-up: Пошаговый порядок действий 58
Метод с применением гидрораспора 62
Метод с применением гидрораспора: пошаговый порядок действий. 62
Метод SensorMount 67

Монтаж в нагретом состоянии **68**
Электроплиты 68
Индукционные нагреватели 69
Алюминиевые нагревательные кольца 69
Нагревательные шкафы 70
Инфракрасные радиаторы 70
Нагревательные панели 71
Масляные ванны 71

Монтажные инструменты SKF **72**
Механические инструменты 72
Гидравлические инструменты 73
Нагревательное оборудование. 73
Защитные перчатки 73

Типовые инструкции по монтажу подшипников **74**
Монтаж радиально-упорных шарикоподшипников. 74
Одиночные подшипники 74
Регулировка подшипниковых узлов по X-образной схеме. 74
Регулировка подшипниковых узлов по O-образной схеме 76
Подшипники для универсального монтажа и комплекты подшипников 76
Радиально-упорные шарикоподшипники с разъёмным внутренним кольцом 78
Монтаж самоустанавливающихся шарикоподшипников. 79
Подшипники в базовом исполнении с выступающими шариками 79
Уплотнённые подшипники с коническим отверстием 79
Подшипники с широким внутренним кольцом 80
Монтаж цилиндрических и игольчатых роликоподшипников 80
Однорядные цилиндрические или игольчатые роликоподшипники с сепаратором . . . . . .
Четырёхрядные цилиндрические роликоподшипники 82
Монтаж конических роликоподшипников . 84
Однорядные конические роликоподшипники 84
Двухрядные и многорядные конические роликоподшипники 89
Монтаж сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB 90
Уплотнённые сферические роликоподшипники 90
Тороидальные роликоподшипники CARB 91

Подготовка к монтажу

Подшипники являются надёжными механическими компонентами, которые имеют продолжительный срок службы при условии их надлежащего монтажа и обслуживания. Для правильного монтажа требуется опыт, внимательность, чистота рабочего места, точность и использование правильных методов и соответствующих инструментов.

Планирование

Прежде чем начать монтаж, изучите чертежи и инструкции, чтобы определить:

- правильный порядок сборки различных компонентов
- соответствие типа, размера и исполнения подшипника
- соответствующий смазочный материал и необходимое количество смазки
- соответствующий метод монтажа
- соответствующие монтажные инструменты

Применяемые для демонтажа подшипников инструменты и методы часто зависят от размера подшипника. В большинстве случаев подшипники можно классифицировать следующим образом:

- малогабаритные подшипники: диаметр отверстия d ≤ 80 мм
- среднегабаритные подшипники: диаметр отверстия 80 мм < d < 200 мм
- крупногабаритные подшипники: диаметр отверстия d ≥ 200 мм

Дополнительная информация относительно монтажных инструментов SKF, включая механические инструменты, гидравлические инструменты, нагревательное оборудование и перчатки, представлена на сайте skf.ru.

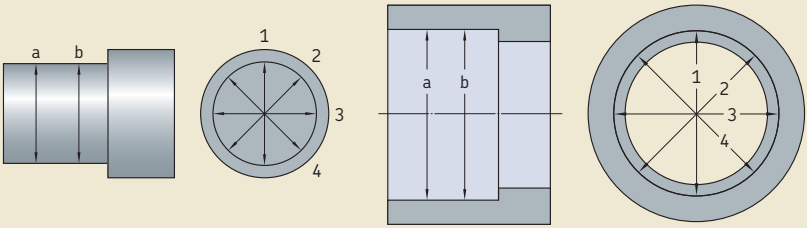
Подробные инструкции по монтажу подшипников различных типов приведены на сайте www.skf.ru/mount.

Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов по монтажу (→ *Обучение*, начало на **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Чистота рабочего места

Чистота рабочего места крайне важна для продолжительного срока службы подшипника. Чистота начинается на складе. Подшипники нужно хранить в прохладном сухом месте на стеллажах, где нет вибрации от работающего рядом оборудования (→ *Хранение*

Рис. 1



подшипников, уплотнений и смазочных материалов, начиная со **стр. 41**). Не вскрывайте упаковку подшипника до момента его монтажа.

По возможности монтаж подшипников следует выполнять в сухом чистом помещении вдали от станочного и другого оборудования во избежание попадания металлических опилок и пыли. Обеспечьте чистоту подшипников и всех сопряжённых деталей, включая смазочный материал.

Если монтаж подшипника производится в незащищённом месте, как это часто бывает при работе с крупногабаритными подшипниками, необходимо принять меры по защите подшипника и окружающего оборудования от воздействия пыли, грязи и влаги до полного окончания работ. Это можно сделать, накрыв или обернув подшипники и прочие детали машин пропитанной маслом плёнкой или фольгой.

ПРИМЕЧАНИЕ: Лучше защитить подшипник от попадания на него грязи, чем потом чистить его. Подшипники многих типов имеют неразборную конструкцию, поэтому их сложно очищать от грязи.

Удаление защитного покрытия с новых подшипников

Чтобы не подвергать подшипники воздействию загрязнений, особенно пыли, они должны находиться в заводской упаковке вплоть до начала монтажа. Обычно не требуется полностью удалять защитное покрытие на новых подшипниках. Необходимо только вытереть поверхности наружного и внутреннего колец.

ВНИМАНИЕ: Компания SKF рекомендует тщательно промыть и просушить подшипники, которые ранее смазывались и использовались при очень высоких или очень низких температурах. Подшипники также следует промыть, если используемая смазка не совместима с защитным покрытием (→ *Совместимость между смазочным материалом и защитным покрытием подшипников SKF*, **стр. 202**).

Рис. 2

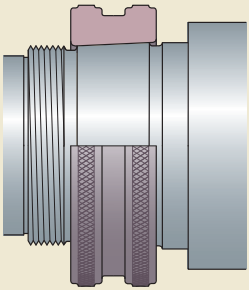


Рис. 3

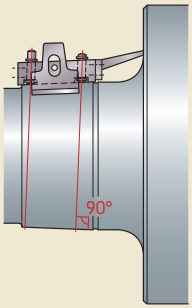
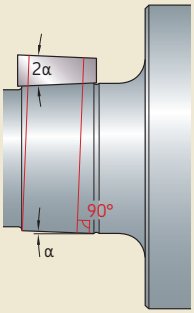
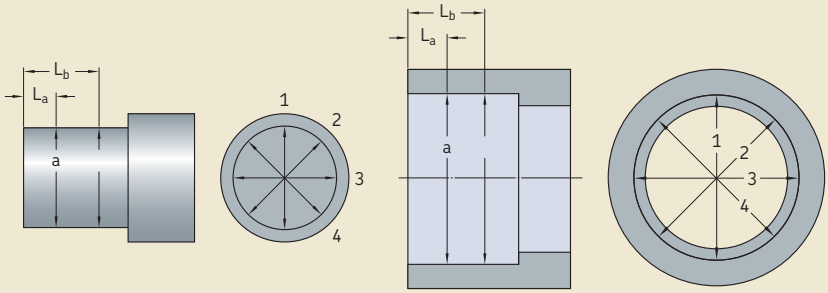


Рис. 4



Протокол измерения

Подшипник:
Положение подшипника:
Применение:



Направления измерения	**Вал** Измеренные значения [мм] на месте				**Корпус** Измеренные значения [мм] на месте			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
	Расстояние L				Расстояние L			
	Диаметр d				Диаметр D			
1								
2								
3								
4								
	Расчётное среднее значение: (1+2+3+4)/4				Расчётное среднее значение: (1+2+3+4)/4			

Примечания:	
Дата:	Проверил:

Проверка соответствующих компонентов

Удовлетворительная работа подшипника будет обеспечена лишь в том случае, если все сопряжённые детали выполнены с требуемыми допусками. Поэтому:

- Удалите все заусенцы и ржавчину.
- Проверьте точность размеров и форм всех компонентов узла подшипника.
- Проверьте отклонение от круглости посадочного места на валу. Измерьте микрометром посадочное место на валу в двух местах. Измерение выполняйте в четырех направлениях (→ **рис. 1**). Для посадочных мест большого размера требуется измерение в трёх или четырёх местах (→ **Протокол измерения**, **стр. 48**).
- Конические посадочные шейки вала проверяются с помощью кольцевых калибров (→ **рис. 2**), конусных калибров (→ **рис. 3**) или синусных линеек (→ **рис. 4**).
- Посадочные места в корпусе обычно проверяются в двух местах с помощью микрометрического нутромера или соответствующего калибра. Измерение выполняйте в четырёх направлениях (→ **рис. 1, стр. 46**). Для посадочных мест большого размера требуется измерение в трёх или четырёх местах.
- Запишите полученные значения диаметров вала и отверстия в корпусе для дальнейшего использования. Для этого используйте протокол измерения.

При измерении очень важно, чтобы температура вала, корпуса и измерительных инструментов была одинаковой. Это особенно важно для крупногабаритных подшипников.

Техника безопасности

Чтобы свести к минимуму опасность несчастного случая при монтажных работах:

- Используйте защитные перчатки, особенно при обращении с нагретыми подшипниками или смазочным материалом.
- Для подъёма и транспортировки используйте только соответствующие средства.
- Не допускаются удары по подшипнику любым твёрдым предметом, например, металлическим молотком или зубилом.

Подготовка компонентов

Перед тем как приступить к монтажу подшипника, подготовьте соответствующие компоненты и выполните следующее:

- Установите детали, которые находятся на валу перед подшипником.
- Для плотной посадки на вал и/или в корпус нанесите на посадочные места подшипника тонкий слой масла.
- Для свободной посадки на вал и/или в корпус нанесите на посадочные места подшипника тонкий слой антифреттинговой пасты SKF.

Рис. 5

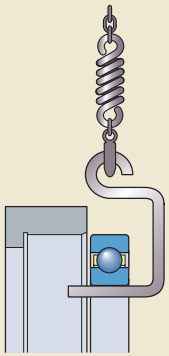
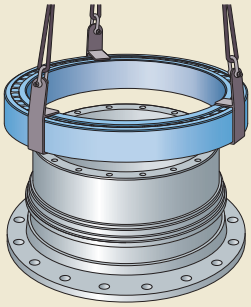


Рис. 6



- Если вал или втулка (закрепительная/стяжная) оснащены средствами для гидрораспора, убедитесь, что маслопроводящие каналы и канавки чистые.

Обращение с подшипниками

Компания SKF рекомендует использовать защитные перчатки, а также инструменты для перемещения и подъёма, которые специально предназначены для монтажа подшипников. Кроме обеспечения безопасности использование надлежащих инструментов поможет сохранить время и усилия.

При обращении с горячими или замасленными подшипниками компания SKF рекомендует использовать соответствующие тепло- или маслостойкие перчатки (→ *Перчатки*, **стр. 73**).

С нагретыми, а также крупногабаритными подшипниками сложно и небезопасно обращаться в одиночку или даже вдвоём. В этом случае для подъёма и перемещения подшипника нужно использовать грузоподъёмное или транспортировочное оборудование (→ **рис. 5, 6 и 7, стр. 50**).

Для подъёма крупногабаритных подшипников используйте подъёмные механизмы, которые пригодны для захвата подшипников снизу (→ **рис. 8**). Не допускается зачаливать подшипник за одну точку, поскольку это может необратимо деформировать кольца. Пружина между крюком и лебёдкой (→ **рис. 5**, **стр. 49**) поможет выровнять подшипник и смонтировать его без перекоса.

Резьбовые отверстия с одной стороны кольца крупногабаритного подшипника могут использоваться для установки рым-болтов. Поскольку размер и глубина отверстий ограничивается толщиной кольца, эти кольца предназначены для подъёма только самого подшипника.

Нагрузку к рым-болтам допускается прилагать только вдоль оси хвостовиков (→ **рис. 9**).

ВНИМАНИЕ: Перед подъёмом не помещайте на подшипник дополнительный груз и детали.

Рис. 7

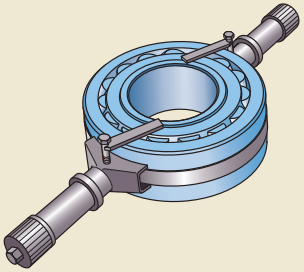


Рис. 8

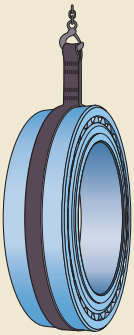
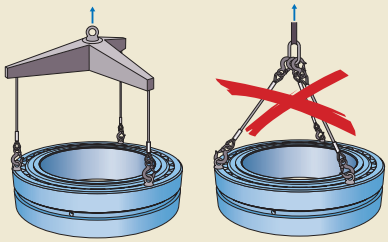


Рис. 9



При монтаже крупногабаритного и массивного корпуса на подшипник, который уже смонтирован на валу, рекомендуется использовать трёхточечную подвеску для корпуса с возможностью регулировки длины одной стропы. Это облегчает выверку отверстия в корпусе с наружным кольцом подшипника.

Внутренний зазор в подшипнике

Внутренний зазор подшипника определяется как относительное перемещение колец подшипника.

Перемещение в радиальном направлении называется «радиальным внутренним зазором», а осевое перемещение — «осевым внутренним зазором» (→ **рис. 10**).

Зазор до и после монтажа

Важно понимать различие между величиной внутреннего зазора подшипника до его монтажа и величиной внутреннего рабочего зазора смонтированного подшипника в условиях эксплуатации.

Зазор до монтажа обычно больше рабочего (остаточного) зазора, поскольку кольца расширяются или сжимаются из-за посадки с натягом и теплового расширения колец подшипника и окружающих деталей.

Обычно рабочий радиальный внутренний зазор должен быть немного больше нуля. Для

Рис. 10

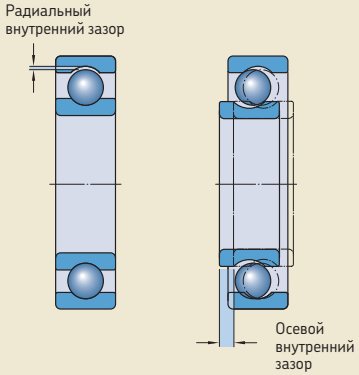


Рис. 11

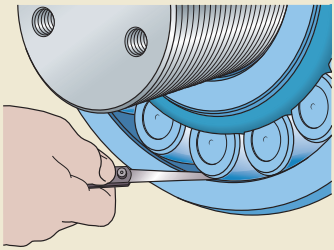
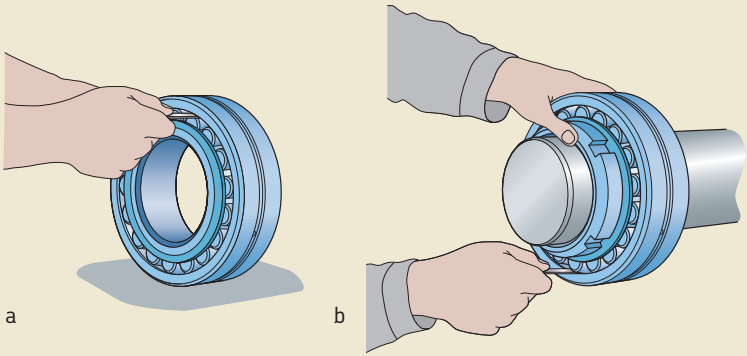


Рис. 12



шарикоподшипников допускается также небольшой преднатяг.

Значения зазора до монтажа подшипников приведены в **Приложении E**, начиная со **стр. 388**.

Измерение зазора с помощью калиброванных щупов

Измерение радиального внутреннего зазора средне- и крупногабаритных сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB до, во время и после монтажа обычно выполняется с помощью щупа (→ **рис. 11**, **стр. 51**).

Перед измерением необходимо провернуть внутреннее или наружное кольцо на несколько оборотов. Убедитесь, что оба кольца и комплект роликов с сепаратором правильно отцентрированы относительно друг друга.

Первоначально нужно выбрать щуп несколько тоньше начальной величины зазора подшипника (→ **Приложение E**, начиная со **стр. 388**). При измерении перемещайте щуп вперёд и назад между роликом и дорожкой качения. Повторяйте эту процедуру более толстым щупом, пока не почувствуете небольшое сопротивление между щупом и роликом. Для подтверждения значения поверните внутреннее кольцо на 180 градусов и заново выполните измерение. Выполните измерение между:

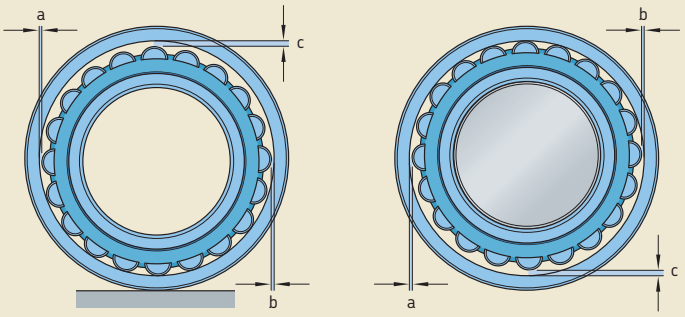
- наружным кольцом и верхним роликом до монтажа (→ **рис. 12a**, **стр. 51**)
- наружным кольцом и нижним роликом после монтажа (→ **рис. 12b**, **стр. 51**)

Для крупногабаритных подшипников, особенно с относительно тонкостенным наружным кольцом, на измерение оказывает влияние упругая деформация колец, вызываемая весом подшипника или усилием перемещения щупа через зазор между дорожкой качения и ненагруженным роликом. Порядок действий для определения истинного зазора до и после монтажа (→ **рис. 13**):

- Измерьте зазор «c» в положении 12 часов для стоячего подшипника или в положении 6 часов для несмонтированного подшипника, подвешенного за внутреннее кольцо.
- Зазор «a» измерьте в положении 9 часов, а зазор «b» — в положении 3 часов без перемещения подшипника.
- Истинный радиальный внутренний зазор с относительно высокой точностью вычисляется по формуле:

  0,5 (a + b + c).

Рис. 13



Монтаж в холодном состоянии

Для монтажа без нагрева можно использовать один из следующих методов:

- механический монтаж
- метод монтажа SKF Drive-up
- метод с применением гидрораспора
- измерение расширения внутреннего кольца (метод SensorMount)

Механический монтаж обычно применяют для напрессовки на вал или в корпус подшипников небольших размеров с цилиндрическим или коническим отверстием. Другие три способа используются только для напрессовки подшипников с коническим отверстием на коническое посадочное место.

ВНИМАНИЕ: При монтаже не допускаются удары по подшипнику любыми твёрдыми предметами, например, металлическим молотком или зубилом, а также не допускается передавать монтажное усилие через тела качения.

Механический монтаж

Подшипники с цилиндрическим отверстием

Небольшие подшипники следует монтировать с помощью соответствующего приспособления для посадки подшипника, например, ударного монтажного инструмента SKF (→ **рис. 14a**).

Если на валу имеется наружное (→ **рис. 14b** и **c**) или внутреннее резьбовое соединение (→ **рис. 14d**), резьба может использоваться для осевой фиксации подшипника на валу.

Если подшипник требуется напрессовать на вал и в корпус одновременно, монтажное усилие должно равномерно прилагаться к обоим кольцам (→ **рис. 15**).

Для монтажа большого количества подшипников может использоваться механический или гидравлический пресс. При использовании пресса поместите монтажную втулку между плунжером пресса и кольцом подшипника (→ **рис. 16**, **стр. 54**).

Рис. 14

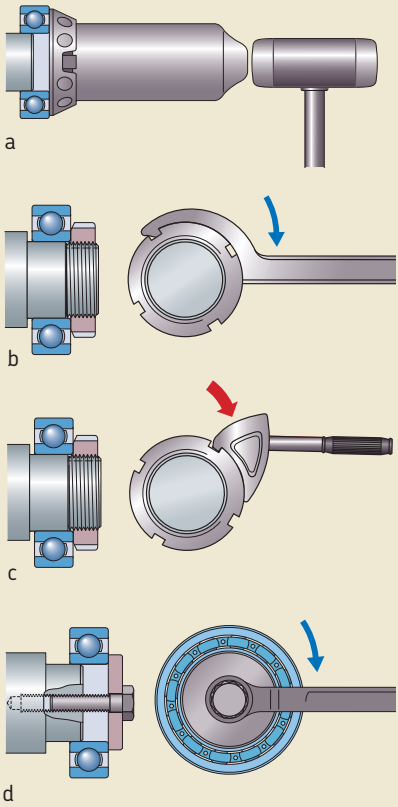
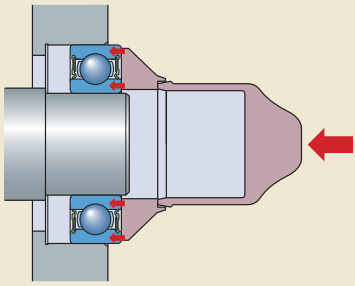


Рис. 15



Подшипники с коническим отверстием

Мало- и среднегабаритные подшипники могут напрессовываться на коническое посадочное место с помощью монтажной втулки или, что предпочтительно, стопорной гайки. При использовании закрепительных втулок используются накидные гайки.

Для затягивания гайки можно использовать ключ для стопорных гаек или ключ ударного действия (→ **рис. 17**), с помощью которого подшипник запрессовывается на коническое посадочное место. Небольшие стяжные втулки могут вставляться в посадочное отверстие подшипника с помощью монтажной втулки или с помощью торцевой пластины.

Подшипники с внутренним диаметром d ≥ 50 мм можно просто и надёжно монтировать с помощью метода точного монтажа SKF Drive-up (→ *Метод монтажа SKF Drive-up*, начиная со **стр. 57**).

Сочетание методов SKF Drive-up и гидрораспора используется для монтажа средне- и крупногабаритных подшипников (→ *Метод гидрораспора*, начиная со **стр. 62**).

Сочетание методов гидрораспора и SensorMount используется для монтажа крупногабаритных подшипников (→ *SensorMount*, **стр. 67**).

Подшипники с коническим отверстием монтируются с натягом. Величина натяга обычно определяется одним из следующих методов:

- определение уменьшения зазора с помощью проворачивания наружного кольца
- измерение величины уменьшения зазора при помощи щупа
- измерение угла затяжки стопорной гайки
- измерение величины осевого смещения
- измерение величины расширения внутреннего кольца

ПРИМЕЧАНИЕ: обеспечение рекомендуемых значений уменьшенного зазора, угла затяжки стопорной гайки, осевого смещения или расширения внутреннего кольца предотвращает проворот внутреннего кольца при нормальных условиях эксплуатации, но не гарантирует надлежащего внутреннего радиального зазора во время работы. При выборе класса радиального внутреннего зазора следует учитывать дополнительное влияние вида посадки в корпус подшипника и разности температур внутреннего и наружного колец. За дополнительной информацией вы можете обратиться в техническую службу компании SKF.

Рис. 16

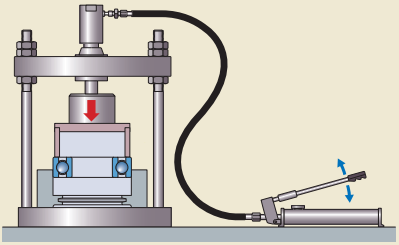


Рис. 17

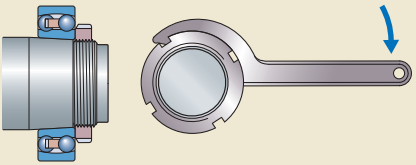


Рис. 18

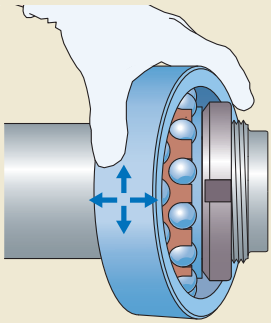
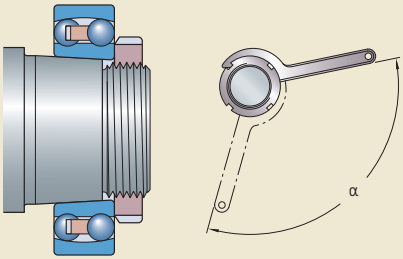


Рис. 19



Определение уменьшения зазора с помощью проворачивания наружного кольца

При монтаже самоустанавливающихся шарикоподшипников с нормальным радиальным зазором в общем случае достаточно проверить уменьшение зазора во время установки на посадочное место с помощью проворачивания и покачивания наружного кольца (→ **рис. 18**). Уменьшение зазора в подшипнике является достаточным, если наружное кольцо легко проворачивается, однако при покачивании ощущается небольшое сопротивление.

Измерение величины уменьшения зазора при помощи щупа

Для измерения радиального внутреннего зазора в средне- и крупногабаритных подшипниках до, во время и после монтажа можно использовать калиброванные щупы (→ **рис. 12**, **стр. 51**) (→ *Измерение зазора с помощью щупа*, **стр. 52**).

Рекомендованные значения величины уменьшения радиального зазора указываются для:

- сферических роликоподшипников в **Приложении F-2** (→ **стр. 403**)
- тороидальных роликоподшипников CARB в **Приложении F-3** (→ **стр. 404**)

Измерение угла затяжки стопорной гайки (α)

Компания SKF рекомендует использовать этот метод (→ **рис. 19**) для монтажа средне- и крупногабаритных подшипников с коническим отверстием и с диаметром отверстия приблизительно до 120 мм. Рекомендованные значения для угла затяжки стопорной гайки (α) указываются для:

- самоустанавливающихся шарикоподшипников в **Приложении F-1** (→ **стр. 402**)
- сферических роликоподшипников в **Приложении F-2** (→ **стр. 403**)
- тороидальных роликоподшипников CARB в **Приложении F-3** (→ **стр. 404**)

Перед тем как приступить к последнему этапу затяжки, переместите подшипник до упора на коническое посадочное место. При затягивании гайки с поворотом на рекомендованный угол (α) подшипник насаживается на коническое посадочное место на нужное расстояние. В

этом случае подшипник установлен с требуемым натягом внутреннего кольца.

Измерение величины осевого смещения

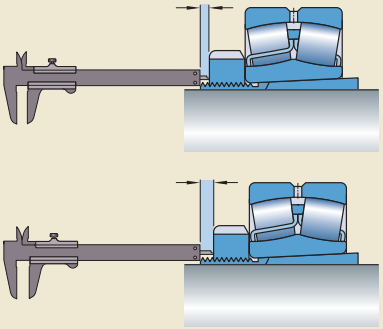
Измерение осевого смещения подшипника на коническом посадочном месте является простым способом получения нужной посадки. Одним из способов является простое измерение осевого смещения (→ **рис. 20**). Этот метод не обладает высокой точностью, поскольку сложно определить начальное положение подшипника.

Рекомендованные значения осевого смещения указываются для:

- самоустанавливающихся шарикоподшипников в **Приложении F-1** (→ **стр. 402**)
- сферических роликоподшипников в **Приложении F-2** (→ **стр. 403**)
- тороидальных роликоподшипников CARB в **Приложении F-3** (→ **стр. 404**)

Наиболее подходящим методом является метод монтажа SKF Drive-up, который позволяет просто, быстро и надёжно получить правильное осевое смещение подшипника и, следовательно, соответствующую посадку с натягом (→ *Метод монтажа SKF Drive-up*, начиная со **стр. 57**).

Рис. 20



Измерение величины осевого смещения внутреннего кольца

Измерение величины осевого смещения внутреннего кольца при напрессовке подшипника на коническое посадочное место позволяет упростить процесс монтажа для крупногабаритных подшипников. Для этого существует метод SensorMount, использующий встроенный во внутреннее кольцо подшипника датчик и специальный ручной индикатор (→ *Метод SensorMount*, **стр. 67**).

Таблица 1

Инструменты, пригодные для монтажа методом SKF Drive-up

Обозначение	Описание
Гидравлические гайки	
HMV ..E, напр., HMV 40E	Гидравлическая гайка с метрической резьбой, напр., M 200 × 3
HMVC ..E, напр., HMVC 40E	Гидравлическая гайка с дюймовой резьбой, напр., ANF 7.847 × 8 Класс 3
Насосы	
729124 SRB	Ручной гидравлический насос – рабочее давление до 100 МПа и – гидравлические гайки с диаметром резьбы до 270 мм
TMJL 100 SRB	Ручной гидравлический насос – давление до 100 МПа и – гидравлические гайки с диаметром резьбы до 460 мм
TMJL 50 SRB	Ручной гидравлический насос – рабочее давление до 50 МПа и – гидравлические гайки с диаметром резьбы до 1000 мм
Манометр	
TMJG 100 D	Диапазон давления: 0–100 МПа
Индикаторы часового типа	
TMCD 10R	Горизонтальный индикатор часового типа на измерительное расстояние до 10 мм
TMCD 1/2R	Горизонтальный дюймовый индикатор часового типа на измерительное расстояние до 0,5 дюйма
TMCD 5	Вертикальный индикатор часового типа на измерительное расстояние до 5 мм

Метод монтажа SKF Drive-up

Метод точного монтажа SKF Drive-up рекомендуется для средне- и крупногабаритных подшипников. Метод основывается на двухэтапном процессе монтажа с помощью гидравлической гайки с индикатором часового типа.

Этап первый: с помощью нагнетания в гайке давления определённого значения достигается надёжное начальное осевое положение внутреннего кольца подшипника на валу.

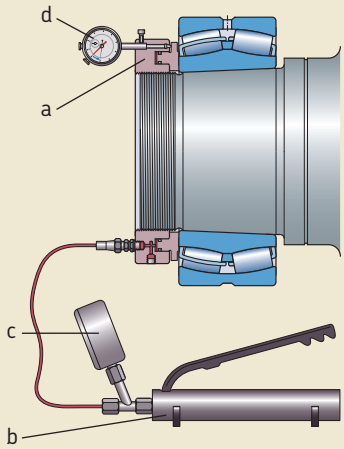
Этап второй: с помощью повышения давления в гидравлической гайке внутреннее кольцо подшипника перемещается дальше на коническое посадочное место. Осевое пере-мещение кольца измеряется индикатором часового типа для того, чтобы получить нужное значение. Рекомендованные значения необходимого давления масла в гидрогайке для получения нужного начального положения и осевого смещения до конечного положения указываются для:

- самоустанавливающихся шарикоподшипников в **Приложении H-1** (→ **стр. 406**)
- сферических роликоподшипников в **Приложении H-2** (→ **стр. 407**)
- тороидальных роликоподшипников CARB в **Приложении H-3** (→ **стр. 411**)

Для метода SKF Drive-up требуются следующие инструменты (→ **таблица 1** и **рис. 21**):

- гидравлическая гайка SKF HMV ..E или HMVC ..E (**a**)
- гидравлический насос соответствующего типоразмера (**b**)
- точный манометр, пригодный для данных условий монтажа (**c**)
- подходящий индикатор часового типа (**d**)

Рис. 21



Метод монтажа SKF Drive-up: пошаговый порядок действий

1 Перед тем как приступить к выполнению, тщательно выполните указания в разделе *«Подготовка к монтажу»*, начиная со **стр. 46**.

2 Выясните, одна или две поверхности смещаются во время монтажа (**→ рис. 22**):

- одна поверхность: **варианты 1, 2** и **3**
- две поверхности: **варианты 4** и **5**

3 Проверьте, соответствует ли диаметр отверстия подшипника диаметру резьбы гидравлической гайки (**→ рис. 22**: **варианты 1**, **3** и **4**). В этом случае необходимое давление масла для достижения начального осевого положения указывается для:

- самоустанавливающихся шарикоподшипников в **Приложении H-1** (**→ стр. 406**)
- сферических роликоподшипников в **Приложении H-2** (**→ стр. 407**)
- тороидальных роликоподшипников CARB в **Приложении H-3** (**→ стр. 411**)

Если диаметр отверстия подшипника не соответствует диаметру резьбы гидравлической гайки (**→ рис. 22: варианты 2** и **5**), необходимое давление масла для достижения начального положения должно быть скорректировано, поскольку используется меньшая гидравлическая гайка, чем та, которая показана для соответствующего подшипника. В этом случае необходимое давление масла можно рассчитать по формуле:

$$P_{req} = \frac{A_{ref}}{A_{req}} P_{ref}$$

где:

P_{req} = необходимое давление масла для фактической гидравлической гайки [МПа]

P_{ref} = давление масла, указанное для базовой гидравлической гайки [МПа]

A_{req} = площадь поршня фактической гидравлической гайки [мм^2]

A_{ref} = площадь поршня, указанная для базовой гидравлической гайки [мм^2]

Соответствующие значения для Pref, Areq и Aref перечислены в указанных выше приложениях.

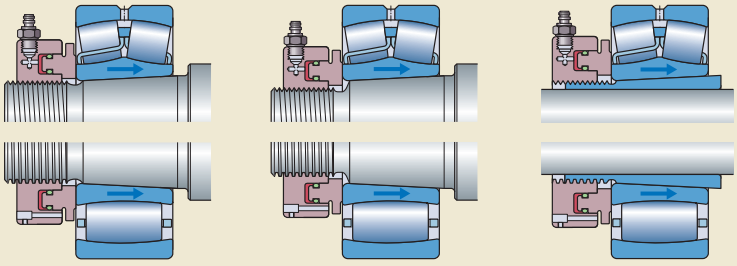
4 Нанесите на поверхности скольжения тонкий слой маловязкого масла и поместите подшипник на конический вал или втулку.

5 Наверните гидравлическую гайку на резьбовой конец вала или втулки так, чтобы она упиралась в подшипник или стяжную втулку (**→ рис. 23**).

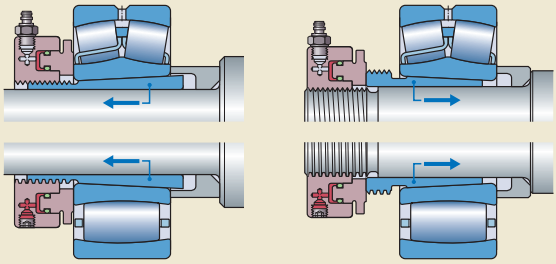
ПРИМЕЧАНИЕ: Подробные инструкции по монтажу для заданного обозначения подшипника содержатся на сайте www.skf.ru/mount.

Рис. 22

Шаги 2 и 3: Определение количества скользящих поверхностей и соответствующего начального значения.



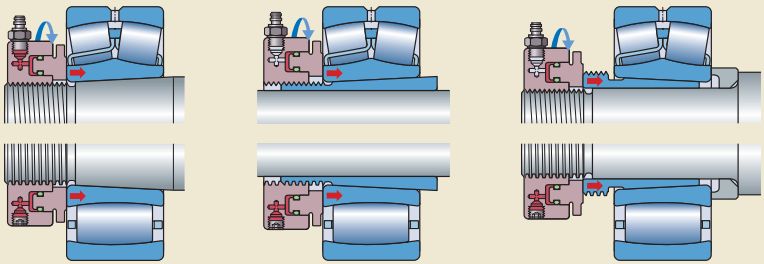
вариант 1 вариант 2 вариант 3



вариант 4 вариант 5

Рис. 23

Шаг 5: Установка гидравлической гайки.



Конический вал Закрепительная втулка Стяжная втулка

Рис. 24

Шаг 6: Создание необходимого давления для достижения начального положения.

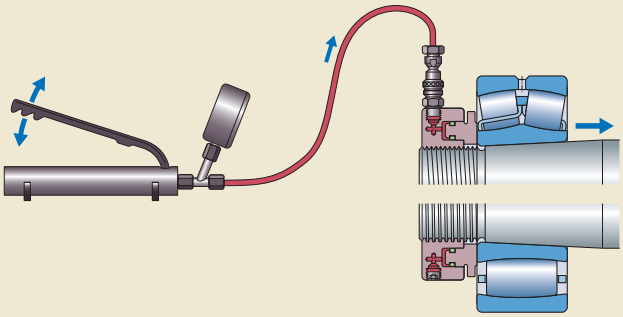


Рис. 25

Шаг 7: Определение осевого смещения по индикатору часового типа.

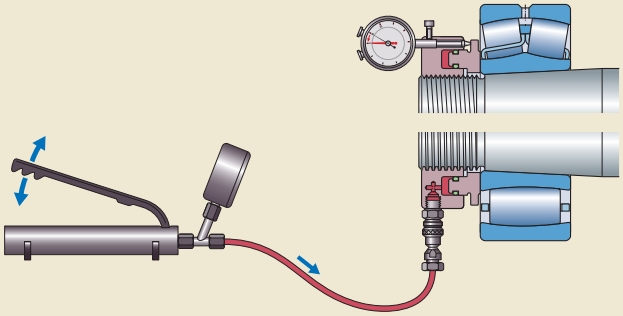
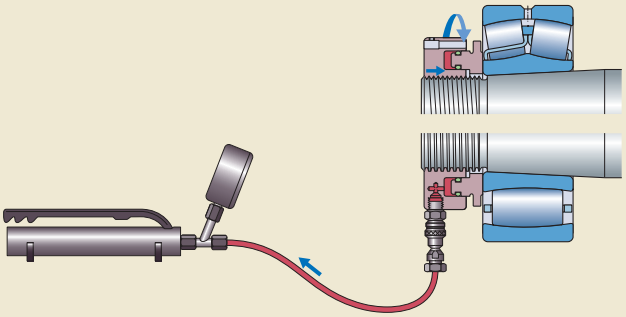


Рис. 26

Шаг 9: Слив масла из гидравлической гайки.



6 Подсоедините масляный насос к гидравлической гайке. Переместите подшипник в его начальное положение, приложив к гидравлической гайке необходимое начальное давление масла, которое контролируется по манометру. Не сбрасывайте давление (→ **рис. 24**).

ПРИМЕЧАНИЕ: При монтаже подшипника в сочетании с методом гидрораспора не нагнетайте масло между контактными поверхностями до того, как будет достигнуто начальное положение.

7 Установите индикатор часового типа на гидравлическую гайку для контроля требуемого осевого смещения подшипника. Обнулите показания индикатора. Увеличивайте давление масла в гидравлической гайке, пока подшипник не сместится на требуемое расстояние (→ **рис. 25**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Если используется метод гидрораспора, откройте перепускной клапан масляного насоса (или насосов), используемого для нагнетания масла (к валу или втулке) и дайте маслу стекать не менее 20 минут.

8 После завершения монтажа откройте перепускной клапан масляного насоса, чтобы сбросить давление.

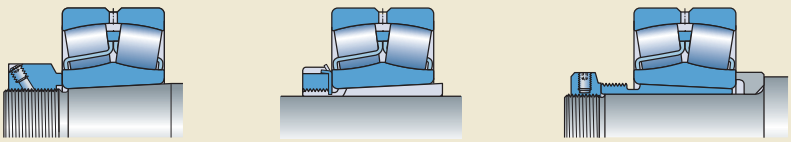
9 Чтобы слить масло, переведите поршень гидравлической гайки в исходное положение. Для этого свинтите гайку с резьбовой части вала или втулки (→ **рис. 26**).

10 Отсоедините масляный насос и снимите гайку с вала или втулки. Подшипник закреплен на конической шейке с натягом.

11 Окончательно закрепите подшипник на посадочной шейке вала или на втулке с помощью соответствующего фиксирующего устройства (→ **рис. 27**).

Рис. 27

Шаг 11: Закрепление на посадочной шейке вала или на втулке.



Конический вал | Закрепительная втулка | Стяжная втулка

Метод с применением гидрораспора

Метод гидрораспора (→ **рис. 28**) поможет значительно сэкономить время и усилия при монтаже подшипника с коническим отверстием. При использовании метода гидрораспора масло под высоким давлением подаётся между внутренним кольцом подшипника и посадочной шейкой вала, образуя на поверхности масляную плёнку. Эта масляная плёнка разделяет сопряжённые монтажные поверхности и значительно уменьшает трение между ними.

Если для этого метода доступны соответствующие инструменты (→ **Приложение G**, **стр. 405**), он может использоваться для монтажа подшипников:

- на коническую шейку вала
- на закрепительную втулку
- на стяжную втулку

Оборудование для метода гидрораспора также поставляется компанией SKF. Описание этих инструментов приведено в разделе *«Гидравлические инструменты»* на **стр. 73**.

Если метод гидрораспора применяется для монтажа средне- и крупногабаритных подшипников, компания SKF рекомендует следующую пошаговую процедуру монтажа.

Метод с применением гидрораспора:

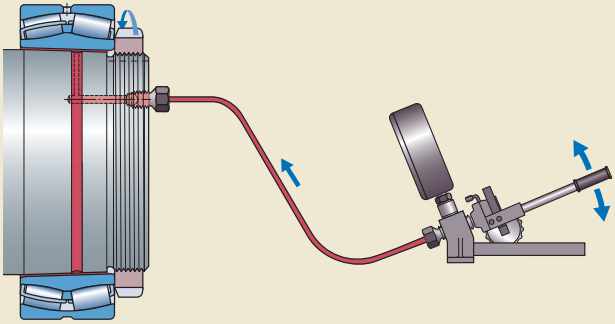
1 Перед тем как приступить к выполнению, тщательно выполните указания в разделе *«Подготовка к монтажу»*, начиная со **стр. 46**, применяя их соответствующим образом.

2 Измерьте внутренний радиальный зазор подшипника. Определите также требуемое уменьшение зазора и величину осевого перемещения подшипника (→ *Метод монтажа SKF Drive-up*, начиная со **стр. 57**). Рекомендованные значения указываются для:

- самоустанавливающихся шарикоподшипников в **Приложении F-1** (→ **стр. 402**)
- сферических роликоподшипников в **Приложении F-2** (→ **стр. 403**)
- тороидальных роликоподшипников CARB в **Приложении F-3** (→ **стр. 404**)

ПРИМЕЧАНИЕ: При измерении внутреннего радиального зазора следуйте инструкциям в разделе *«Измерение зазора с помощью калиброванных щупов»* на **стр. 52**.

Рис. 28



3 Монтаж втулки:
- При наличии снимите гайку и фиксирующее устройство. Если для монтажа подшипника используется стопорная гайка, нанесите на резьбу втулки и торцевую опорную поверхность гайки пасту дисульфида молибдена.

4 Нанесите на все сопряжённые по-верхности тонкий слой маловязкого масла.

5 Начните монтаж подшипника (→ **рис. 29**).

Коническая шейка вала:
- Установите подшипник на его посадочное место на валу.

Закрепительная втулка:
- Переместите втулку в соответствующее место на валу. Установите подшипник на втулку.

Стяжная втулка:
- Установите подшипник на вал вплотную к упорному кольцу (или заплечику вала). Надвиньте втулку по валу в отверстие подшипника.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для облегчения скольжения можно немного расширить втулку, вставив в прорезь небольшой пластиковый клин.

6 Установите на место все монтажные элементы.

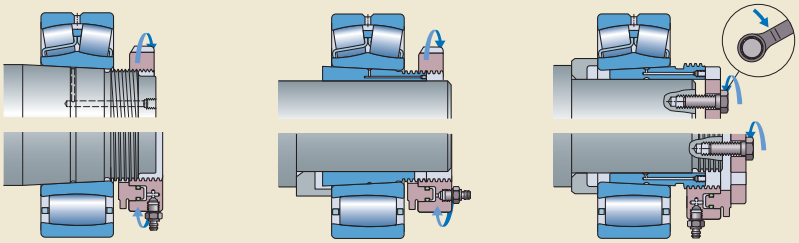
Коническая шейка вала:
- Навинчивайте стопорную или гидравлическую гайку на вал до надёжной фиксации подшипника.

Закрепительная втулка:
- Навинчивайте стопорную или гидравлическую гайку на втулку до надёжной фиксации подшипника.

Стяжная втулка:
- При использовании гидравлической гайки или метода SKF Drive-up для запрессовывания втулки в посадочное отверстие подшипника навинчивайте гайку на втулку так, чтобы поршень был обращён в другую сторону от подшипника и упирался в ограничитель, например, концевую шайбу на валу. Оставьте зазор между торцом гайки и кольцом подшипника не менее рекомендованнного монтажного осевого перемещения подшипника.

Рис. 29

Шаги 5 и 6: Установка на место подшипника и приспособлений.



Конический вал | Закрепительная втулка | Стяжная втулка

7 Установите соответствующие штуцеры и трубопроводы (→ **рис. 30**).
Коническая шейка вала:
– Установите штуцер в резьбовое отверстие для подачи масла с торца вала.
Закрепительная втулка:
– Завинтите трубку подачи масла с быстроразъёмным штуцером в резьбовое отверстие втулки.
Стяжная втулка:
– Завинтите трубку подачи масла с быстроразъёмным штуцером в резьбовое отверстие втулки.

8 Подсоедините соответствующий масляный насос (или насосы).

ПРИМЕЧАНИЕ: Если применяется метод SKF Drive-up, выполните процедуру, описанную в разделе *«Метод монтажа SKF Drive-up»*, начиная со **стр. 57**.

9 Нагнетайте масло с вязкостью приблизительно 300 мм^2/с при 20 °C, например, монтажное масло SKF, между сопряжёнными поверхностями, пока контактные поверхности не будут разделены слоем масла (→ **рис. 31**).

10 Напрессуйте подшипник (→ **рис. 32**).
Коническая шейка вала:
– Напрессуйте подшипник на указанное монтажное осевое расстояние до его конечного положения на валу, затягивая стопорную гайку или используя гидравлическую гайку.
Закрепительная втулка:
– Напрессуйте подшипник на указанное осевое расстояние до его конечного положения на втулке, затягивая стопорную гайку или используя гидравлическую гайку.
Стяжная втулка:
– Запрессуйте втулку в отверстие подшипника на указанное осевое расстояние, затягивая винты или используя гидравлическую гайку.

ПРИМЕЧАНИЕ: При использовании метода SKF Drive-up нагнетайте соответствующее давление масла в гидравлической гайке, пока подшипник не окажется в начальном положении. Затем установите индикатор часового типа и настройте его на требуемую величину монтажного осевого перемещения. Продолжайте накачивать масло, пока по индикатору не будет достигнуто требуемое монтажное перемещение.

Рис. 30

Шаги 7 и 8: Установка патрубков и трубок, подсоединение оборудования для нагнетания масла.

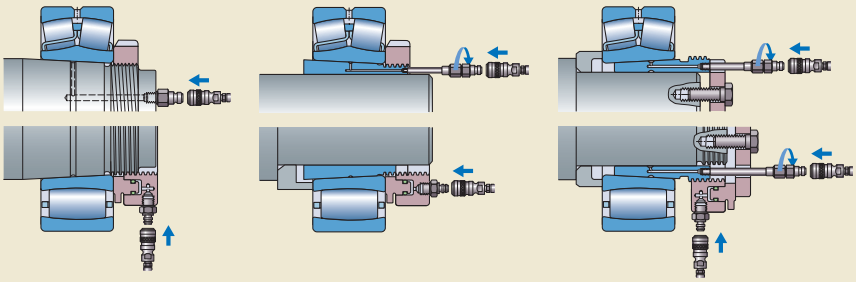
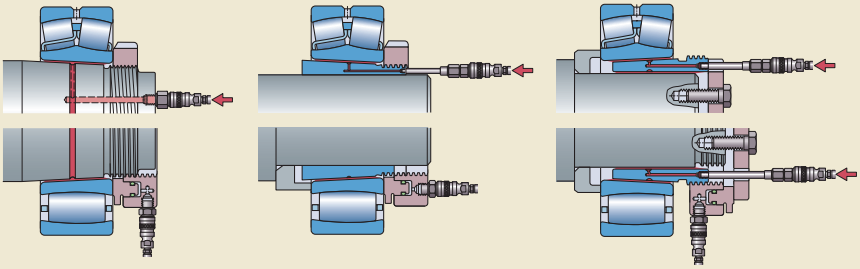


Рис. 31

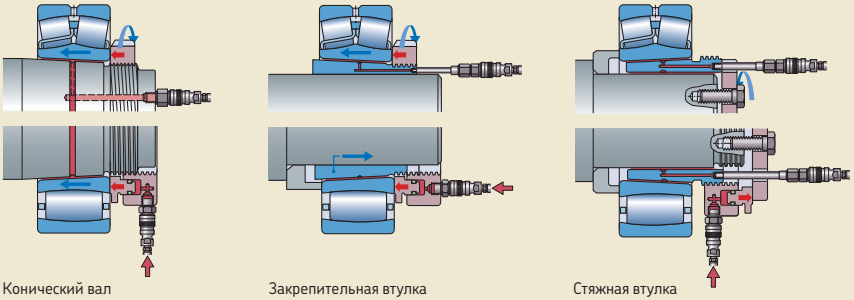
Шаг 9: Нагнетание масла под высоким давлением для разделения сопряжённых поверхностей.



Конический вал | Закрепительная втулка | Стяжная втулка

Рис. 32

Шаг 10: Перемещение подшипника.



Конический вал | Закрепительная втулка | Стяжная втулка

11 После завершения монтажа откройте перепускной клапан масляного насоса (или насосов), используемого для нагнетания масла. Дайте маслу стекать в течение не менее 20 минут.

ВНИМАНИЕ: При использовании метода SKF Drive-up не сбрасывайте давление в гидравлической гайке на этом этапе.

12 С помощью щупа проверьте остаточный радиальный внутренний зазор в подшипнике.

ПРИМЕЧАНИЕ: При использовании метода SKF Drive-up не нужно проверять остаточный внутренний радиальный зазор после монтажа.

13 Если остаточный зазор соответствует рекомендованным значениям, прекратите подачу масла к валу или втулке (отсоединяя удлинительную трубку), снимите штуцер и заглушите масляный канал.

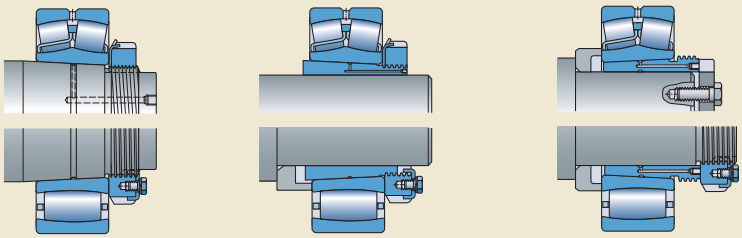
ПРИМЕЧАНИЕ: Чтобы слить масло из гайки, переместите поршень в начальное положение, предварительно отвинтив соединительный штуцер.

14 Снимите стопорную гайку, гидравлическую гайку или винты с концевой шайбы. Подшипник останется в смонтированном положении.

15 Закрепите подшипник соответствующим фиксирующим устройством (→ **рис. 33**):
- Для стопорных гаек KM или KML используйте соответствующую стопорную шайбу MB или MBL.
- Для стопорных гаек серий HM 30 и HM 31 используйте прилагаемый стопорный бугель и болт.
- В случае применения концевой шайбы используйте болты и соответствующие пружинные шайбы.

Рис. 33

Шаг 15: Закрепление подшипника.



Метод SensorMount

Метод SensorMount позволяет выполнить монтаж сферических роликоподшипников SKF и тороидальных роликоподшипников CARB с коническим отверстием диаметром более 340 мм без контрольного измерения внутреннего радиального зазора и величины монтажного осевого перемещения. Монтаж выполняется быстро и точно.

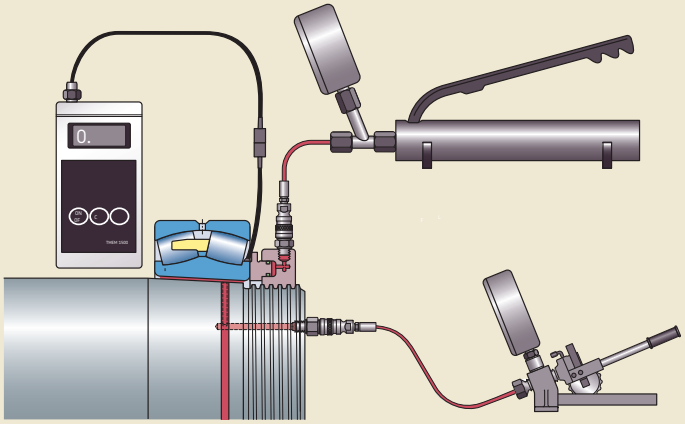
В этом методе используется датчик, встроенный во внутреннее кольцо подшипника, и специальный переносной индикаторный прибор (→ **рис. 34**). Прибор обрабатывает информацию от датчика. Величина расширения внутреннего кольца отображается в виде отношения величины уменьшения радиального зазора (в мкм) к величине диаметра отверстия подшипника (в мм). Отображаемое на индикаторе значение 0,450 является общим пределом для подшипников, работающих в нормальных условиях.

Не принимайте во внимание такие факторы, как размер подшипника, материал вала, конструкция (цельный или полый) и состояние поверхности.

Подшипники, монтируемые на конический вал или закрепительную втулку, имеют датчик на стороне внутреннего кольца с меньшим диаметром — префикс обозначения ZE, например, ZE 23084 CAK/W33. Подшипники, монтируемые на стяжную втулку, имеют датчик со стороны большего диаметра — префикс обозначения ZEB, например, ZEB C 3084 KM.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подробные инструкции по монтажу прилагаются к подшипнику. Также инструкции можно найти на сайте www.skf.ru/mount.

Рис. 34



Монтаж в нагретом состоянии

Требуемая разница температур между кольцом подшипника и валом или корпусом зависит от величины натяга и диаметра посадочного места подшипника.

При нагреве подшипников важно контролировать температуру:

- Не нагревайте открытые подшипники до температуры выше 120 °C.
- Не нагревайте уплотнённые подшипники выше 80 °C, чтобы не нанести вред смазке и/или уплотнению.

Для корпусов обычно достаточно умеренное повышение температуры от 20 до 50 °C, поскольку степень натяга редко бывает большой.

После нагрева подшипника его нужно как можно быстрее установить на место до упора в заплечик вала и удерживать до остывания. Для этого компания SKF рекомендует использовать приспособление для удержания и подъёма подшипника, особенно при монтаже средне- и крупногабаритных подшипников (→ **рис. с 7** по **9** на **стр. 50**).

ВНИМАНИЕ: При монтаже не допускаются удары по подшипнику любым твёрдым предметом, например, металлическим молотком или зубилом, а также не допускается передавать монтажное усилие через тела качения.

Для быстрого и безопасного нагрева подшипника или корпуса узла компания SKF предлагает широкий ассортимент нагревателей. Далее перечислены доступные способы нагрева и их применение.

ВНИМАНИЕ: Ни в коем случае не допускается нагревать подшипники с помощью открытого пламени (→ **рис. 35**)!

Рис. 35

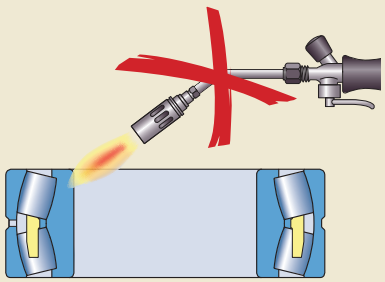


Рис. 36

Электроплиты

Для нагрева небольших подшипников или корпусов можно использовать электроплиту (→ **рис. 36**). Чтобы обеспечить равномерный нагрев, подшипники нужно несколько раз переворачивать.

Электроплита SKF имеет термостат с регулировкой температуры в пределах от 50 до 200 °C.

ВНИМАНИЕ: Уплотнённые подшипники не должны контактировать с нагревательным элементом. Для предотвращения контакта используйте предохранительное кольцо между нагревательным элементом и подшипником.

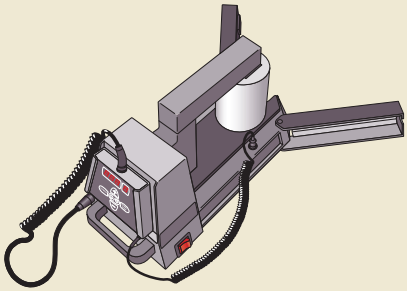
Индукционные нагреватели

Компания SKF рекомендует использовать электрический индукционный нагреватель (→ **рис. 37**) для нагрева подшипников. Индукционные нагреватели равномерно нагревают подшипники за короткое время и безопасны в использовании, поскольку нагреватель и его сердечник не нагреваются.

Индукционные нагреватели намагничивают подшипники. Поэтому важно размагнитить подшипник перед монтажом. Все индукционные нагреватели SKF имеют устройство автоматического размагничивания. Доступно несколько типоразмеров нагревателей для подшипников с диаметром отверстия от 20 мм и выше.

К индукционным нагревателям прилагаются инструкции по эксплуатации.

Рис. 37



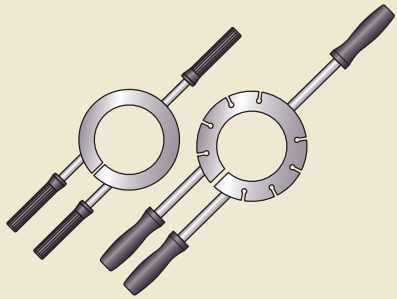
Алюминиевые нагревательные кольца

Алюминиевые нагревательные кольца (→ **рис. 38**), которые первоначально предназначались для демонтажа внутренних колец цилиндрических роликоподшипников типов NU, NJ и NUP, могут также использоваться для монтажа.

Алюминиевые нагревательные кольца SKF доступны для размеров подшипников с 204 по 252, с 304 по 340 и с 406 по 430.

К кольцам прилагаются инструкции по эксплуатации.

Рис. 38

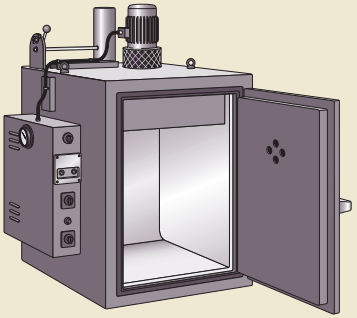


Нагревательные шкафы

Нагревательные шкафы обычно используются для нагрева большого количества малогабаритных подшипников или нескольких подшипников различного размера, а также малогабаритных корпусов.

Применяемые нагревательные шкафы оборудованы регулируемым термостатом и вентилятором (→ **рис. 39**). Вентилятор перемешивает нагретый воздух для равномерного распределения температуры по шкафу.

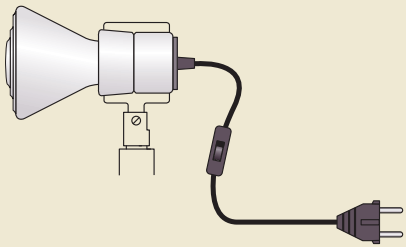
Рис. 39



Инфракрасные радиаторы

Инфракрасные радиаторы представляют собой чистый, безопасный и очень простой способ для нагрева малогабаритных тонкостенных корпусов. Инфракрасный радиатор, размещённый в резьбовой крышке, располагается в отверстии корпуса и включается. Требуется всего несколько минут для достаточного нагрева корпусов, поскольку посадка с натягом между отверстием корпуса и подшипником редко бывает тугой (→ **рис. 40**). После нагрева нужно выключить радиатор, вынуть его из отверстия корпуса и быстро вставить на место холодный подшипник.

Рис. 40



Нагревательные панели

Гибкие нагревательные панели являются отличным и безопасным решением для нагрева корпусов без применения сложных установок. Они выполнены из эластичных материалов в виде гибких ковриков различных типов и размеров (→ **рис. 41**).

Нагревательные панели являются очень хорошим техническим решением, например, ими можно накрыть корпус или поместить их внутри отверстия корпуса, или использовать в качестве плоского нагревателя снизу.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

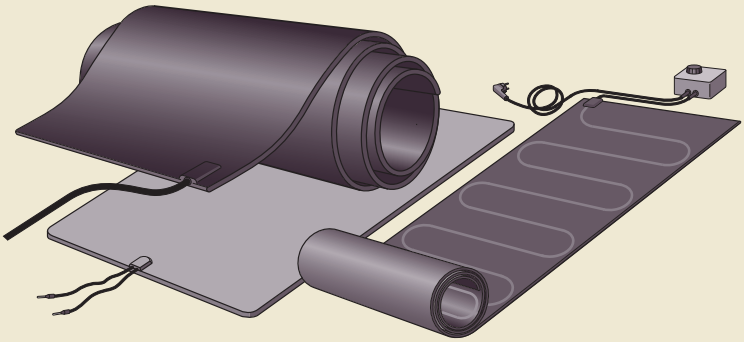
Не помещайте крупногабаритные подшипники на нагревательные панели, поскольку возникает опасность поражения электрическим током и повреждения нагревательных элементов.

Масляные ванны

Ранее масляные ванны были популярным способом нагрева подшипников и малогабаритных корпусов. Сейчас этот метод более не рекомендуется по причине низкой экономичности, небезопасности и отрицательного влияния на окружающую среду.

Нагревая подшипник в масляной ванне, нужно придерживаться нескольких основных правил. Допускается использовать только чистое масло с температурой вспышки не менее 250 °C и чистую ёмкость с регулируемым термостатом. Кроме того, подшипники или кольца подшипников не должны касаться стенок ёмкости. После нагрева подшипника и перед тем, как установить его на вал, подождите, пока с подшипника стечёт масло, и вытрите его снаружи.

Рис. 41



Монтажные инструменты SKF

Использование соответствующих монтажных инструментов, применение правильных методов и выполнение правильных процедур монтажа позволяет предотвратить преждевременный отказ подшипника и обеспечить требуемые рабочие характеристики. По этой причине в ассортимент монтажных инструментов SKF входят:

- механические инструменты
- гидравлические инструменты
- нагревательное оборудование
- защитные перчатки

Обзор монтажных инструментов SKF содержится в **Приложении J**, начиная со **стр. 416**. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.skf.ru.

Механические инструменты

Компания SKF поставляет полный ассортимент механических инструментов, включая приспособления для установки подшипников и ключи для всех общих случаев монтажа.

Набор инструментов SKF для монтажа подшипников содержит 36 ударных колец различного размера, помогающих выполнить монтаж более чем 400 типоразмеров подшипников (а также различных уплотнений).

В ассортимент ключей SKF входят гаечные ключи (включая регулируемые и специальные ключи), ударные ключи и головки для стопорных гаек.

Таблица 2

Справочник по выбору гидравлических насосов и гидрораспоров SKF

Макс. рабочее давление	**Насос** Обозначение	Описание	Объём ёмкости с маслом	Штуцер	Применение
МПа	–	–	$см^3$	–	–
50	**TMJL 50**	Ручной насос	2 700	G 1/4	Все гайки HMV ..E
100	**729124**	Ручной насос	250	G 1/4	Гидравлические гайки ≤ HMV 54E
	TMJL 100	Ручной насос	800	G 1/4	Гидравлические гайки ≤ HMV 92E
150	**THAP 150**	Насос с пневмоприводом	Отдельная ёмкость	G 3/4	Все гайки HMV ..E, метод гидрораспора
	728619 E	Ручной насос	2 550	G 1/4	Гидравлические гайки всех размеров, метод гидрораспора
300	**THAP 300E**	Насос с пневмоприводом	Отдельная ёмкость	G 3/4	Большие соединения под давлением, метод гидрораспора
	226400	Инжектор для гидрораспора с ручным приводом	200	G 3/4	Метод гидрораспора, закрепительная и стяжная втулки
	729101 B	Комплект для гидрораспора с ручным приводом	200	Несколько	Метод гидрораспора, закрепительная и стяжная втулки
	TMJE 300	Комплект для гидрораспора с ручным приводом	200	Несколько	Метод гидрораспора, закрепительная и стяжная втулки
400	**729101 E**	Комплект для гидрораспора с ручным приводом	200	G 1/4	Метод гидрораспора, соединения высокого давления

Гидравлические инструменты

Компания SKF предлагает расширенный ассортимент гидравлических инструментов для монтажа подшипников, включая гидравлические гайки, гидравлические насосы и инжекторы для гидрораспора.

Гидравлические гайки SKF имеют следующие характеристики:

- Серии HMV ..E, начиная с диаметра резьбы 50 до 200 мм включительно, имеют метрическую резьбу в соответствии со стандартом ISO 965-3:1998, класс точности 6H.
- Серии HMV ..E, начиная с диаметра резьбы 205 до 1000 мм включительно, имеют метрическую трапецеидальную резьбу в соответствии со стандартом ISO 2901:1977, класс точности 7H.
- Серии HMVC ..E, начиная с диаметра резьбы 1,967 до 12,5625 дюйма включительно, имеют американскую резьбу (форма NS) в соответствии со стандартом ANSI B1.1-1974, класс 3.
- Серии HMVC ..E, начиная с диаметра резьбы 13,339 до 37,410 дюйма включительно, имеют резьбу общего назначения ACME в соответствии со стандартом ANSI B 1.5-1957, класс 3G.

Гидравлические насосы SKF и инжекторы для гидрораспора доступны в нескольких исполнениях и размерах (→ **таблица 2**). Компания SKF также предлагает ассортимент принадлежностей, таких как трубки высокого давления, штуцеры, шланги и манометры.

Нагревательное оборудование

Ассортимент нагревательных инструментов SKF включает индукционные нагреватели, электроплиты и алюминиевые нагревательные кольца для всех общих случаев монтажа.

Защитные перчатки

Компания SKF предлагает различные типы перчаток для безопасной работы с подшипниками и смазками. Доступны четыре типа перчаток, каждый из которых подходит для выполнения работ в определённых условиях:

- специальные рабочие перчатки
- термозащитные перчатки
- перчатки для экстремальных температур
- термо- и маслостойкие перчатки

Монтажные инструкции по типу подшипника

Методы монтажа и инструменты, приведённые в разделе *«Подготовка к монтажу»*, начиная со **стр. 46**, можно использовать для всех типов подшипников. Однако из-за конструкции, размера или веса для некоторых типов подшипников требуются особые или специфические методы, включая:

- однорядные упорно-радиальные шарикоподшипники и конические роликоподшипники
- радиально-упорные шарикоподшипники с разъёмным внутренним кольцом
- самоустанавливающиеся шарикоподшипники с выступающими шариками
- уплотнённые самоустанавливающиеся шарикоподшипники
- самоустанавливающиеся шарикоподшипники с широким внутренним кольцом
- однорядные цилиндрические или игольчатые роликоподшипники с сепаратором
- многорядные цилиндрические и конические роликоподшипники
- сферические роликоподшипники и тороидальные роликоподшипники CARB

Монтаж радиально-упорных шарикоподшипников

Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники обычно регулируются относительно второго подшипника в цельном корпусе по X-образной или по O-образной схеме для выверки осевого зазора или преднатяга.

Одиночные подшипники

Одиночные радиально-упорные шарикоподшипники предназначены для одиночного применения, по одному подшипнику в каждой опоре вала. Хотя ширина колец подшипника имеет очень жёсткие допуски, эти подшипники не подходят для парного монтажа без дополнительной регулировки.

Отрегулированные подшипниковые узлы с одним подшипником в каждой опоре называются узлами с перекрёстной фиксацией и обычно используются для коротких валов с незначительными температурными смещениями. Требуемый зазор или преднатяг в этих узлах достигается во время монтажа перемещением одного из подшипников в осевом направлении.

Регулировка подшипниковых узлов по X-образной схеме

Если возможно, то компания SKF рекомендует выполнять регулировку подшипниковых узлов по X-образной схеме в вертикальном положении вала, так, чтобы он опирался на нижний подшипник.

Измерьте расстояние от торца наружного кольца до торца корпуса (→ **рис. 42**). Определите необходимую ширину заплечика торцевой крышки, основываясь на заданном осевом зазоре или преднатяге, требуемом при выполнении операции. При необходимости определите требуемую толщину регулировочных прокладок, устанавливаемых либо между корпусом и торцевой крышкой, либо между наружным кольцом и торцевой крышкой.

Закрепите окончательно обработанную торцевую крышку (и регулировочные прокладки) и установите подшипниковый узел в горизонтальное положение.

Для подшипниковых узлов с зазором проверьте окончательную осевую регулировку, измерив остаточный осевой зазор в крайних положениях вала с помощью индикатора часового типа (→ **рис. 43**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Непосредственные измерения, выполняемые с помощью индикатора часового типа, не подходят для подшипниковых узлов с преднатягом. На практике для регулировки преднатяга используются прямые и косвенные методы, например, с помощью непосредственных измерений смещения, осевого усилия или контроля момента трения в опорах. Техническая служба компании SKF оказывает помощь в расчёте преднатяга.

ПРИМЕЧАНИЕ: Во время эксплуатации зазор обычно уменьшается (преднатяг увеличивается) в результате нагрева и увеличения разности температур между внутренним и наружными кольцами и других факторов, таких как частота вращения и нагрузки.

Рис. 42

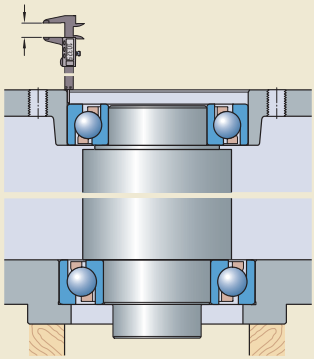
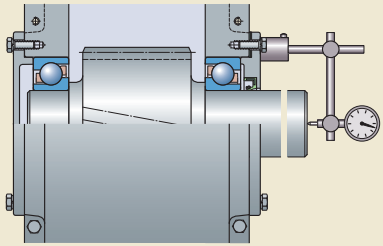


Рис. 43



Регулировка подшипниковых узлов по О-образной схеме

При регулировке подшипниковых узлов по О-образной схеме затягивайте стопорную гайку или болты в торцевой крышке, изредка проворачивая вал (→ **рис. 44**).

Для подшипниковых узлов с зазором с помощью индикатора часового типа измерьте остаточный осевой зазор (→ **рис. 45**). Если остаточный зазор слишком большой, затяните стопорную гайку или болты концевой шайбы. Если остаточный зазор слишком мал, снимите подшипники и начните процедуру снова.

ПРИМЕЧАНИЕ: Непосредственные измерения, выполняемые с помощью индикатора часового типа, не подходят для подшипниковых узлов с преднатягом. На практике для регулировки преднатяга используются прямые и косвенные методы, например, с помощью непосредственных измерений смещения, осевого усилия или контроля момента трения. Техническая служба компании SKF оказывает помощь в расчёте преднатяга.

Если между двумя внутренними кольцами подшипника используется распорная втулка (→ **рис. 46**), требуемый зазор или преднатяг можно установить, прошлифовав на соответствующую ширину распорную втулку.

ПРИМЕЧАНИЕ: Во время эксплуатации зазор обычно уменьшается (преднатяг увеличивается) в результате нагрева и увеличения разности температур между внутренним и наружными кольцами и других факторов, таких как частота вращения и нагрузки.

Подшипники для универсального монтажа и комплекты подшипников

Если два или более упорно-радиальных шарикоподшипников устанавливаются рядом друг с другом, следует использовать подшипники для универсального монтажа или комплекты подшипников с одним классом зазора или преднатяга. Эти подшипники изготовлены так, что при установке непосредственно рядом друг с другом создаётся заданный внутренний зазор или преднатяг и происходит равномерное распределение нагрузки между подшипниками без дополнительных регулировочных прокладок или колец.

Рис. 44

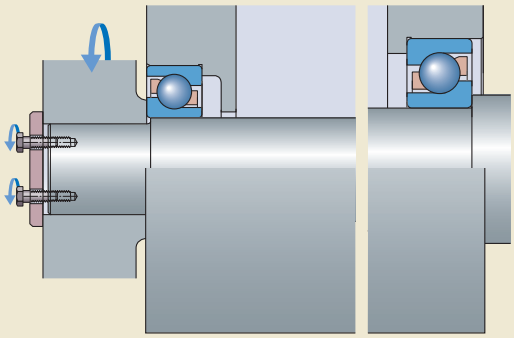


Рис. 45

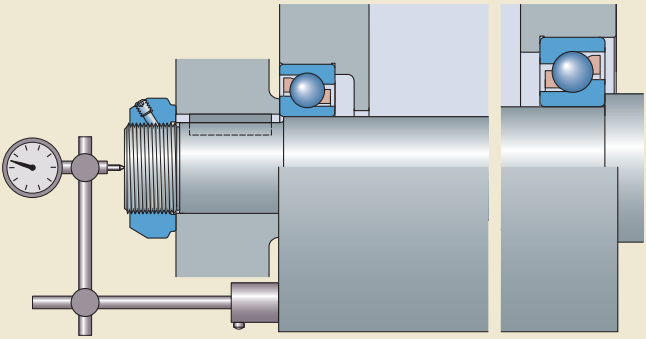
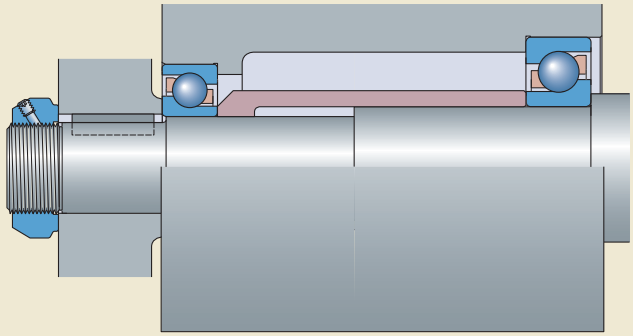


Рис. 46



Радиально-упорные шарикоподшипники с разъёмным внутренним кольцом

Для двухрядных радиально-упорных шарикоподшипников с разъёмным внутренним кольцом и шарикоподшипников с четырёхточечным контактом нужно соблюдать особую последовательность монтажа (→ **рис. 47**).

Сначала переместите внутреннее полукольцо с внутренней стороны в позицию (**1**). Затем поместите наружное кольцо и комплект шариков с сепаратором на смонтированное внутреннее полукольцо (**2**). После этого установите второе внутреннее полукольцо подшипника на вал (**3**).

Небольшие внутренние кольца можно монтировать с помощью монтажной втулки для посадки подшипника и безынерционного молотка. Перед монтажом крупногабаритных подшипников необходимо выполнять их нагрев.

ПРИМЕЧАНИЕ: Шарикоподшипники SKF Explorer с четырёхточечным контактом маркируются серийным номером на торце наружного кольца и на обоих внутренних полукольцах (→ **рис. 48**). Звёздочка на одном торце наружного кольца и на одном внутреннем полукольце позволяет монтировать подшипник в нужном положении.

Рис. 48

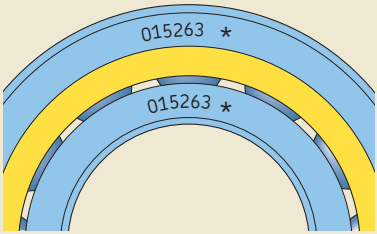
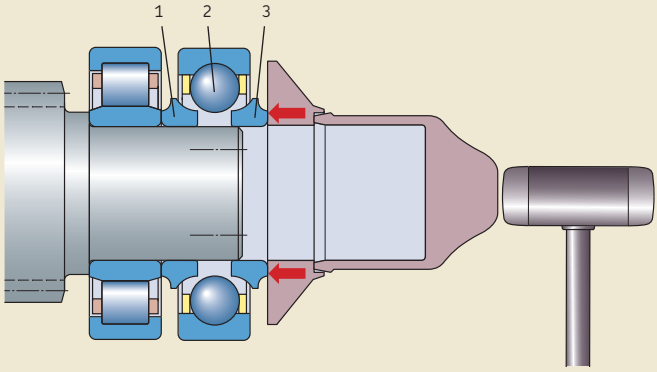


Рис. 47



Монтаж самоустанавливающихся шарикоподшипников

Подшипники в базовом исполнении с выступающими шариками

Шарики некоторых самоустанавливающихся шарикоподшипников серии 12 (d ≥ 120 мм) и серии 13 (d ≥ 90 мм) выступают сбоку подшипника. Эту конструктивную особенность нужно учитывать при монтаже.

Для подшипников с цилиндрическим отверстием компания SKF рекомендует монтаж с нагревом. Если подшипник монтируется механическим способом в холодном состоянии, промежуточное монтажное кольцо приспособления для посадки должно быть утоплено как минимум на 3 мм, чтобы не допустить повреждения шариков (→ **рис. 49**).

Для подшипников с коническим отверстием компания SKF рекомендует метод SKF Drive-up (→ **стр. 57**) совместно с распорным кольцом или промежуточной проставкой (→ **рис. 50**).

Уплотнённые подшипники с коническим отверстием

При монтаже уплотненных самоустанавливающихся шарикоподшипников на закрепительную втулку используйте закрепительную втулку из серий H 3 .. E. Эти закрепительные втулки оснащены стопорной гайкой KMFE, которая имеет выступ на торце для защиты уплотнения от механических повреждений (→ **рис. 51**).

Рис. 49

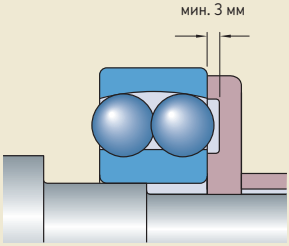


Рис. 50

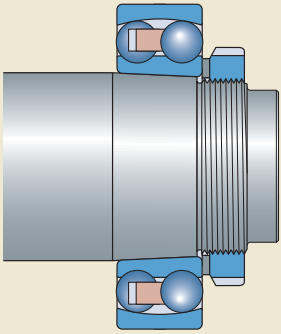


Рис. 51

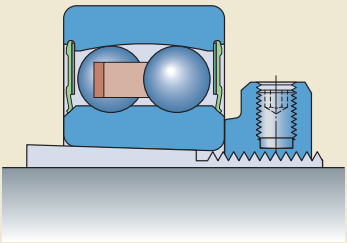
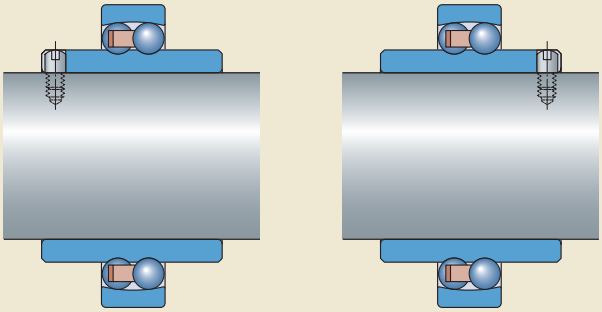


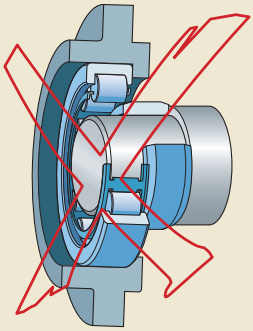
Рис. 52



Подшипники с широким внутренним кольцом

Самоустанавливающиеся шарикоподшипники с широким внутренним кольцом фиксируются на валу в осевом направлении с помощью штифта или стопорного винта. Если вал опирается на два таких подшипника, они должны быть расположены так, чтобы пазы на внутреннем кольце были направлены или друг к другу, или в противоположные стороны (→ **рис. 52**). В противном случае вал будет зафиксирован в осевом направлении только с одной стороны.

Рис. 53



Монтаж цилиндрических и игольчатых роликоподшипников

Однорядные цилиндрические или игольчатые роликоподшипники с сепаратором

Многие конструкции цилиндрических или игольчатых роликоподшипников являются разборными. Например, для цилиндрических роликоподшипников типа NU наружное кольцо и комплект роликов с сепаратором могут монтироваться независимо от внутреннего кольца, что упрощает монтаж.

Монтаж внутреннего кольца в сборе с роликами и сепаратором или без них компания SKF рекомендует выполнять с нагревом. Метод нагрева зависит от размера кольца (→ *Монтаж с нагревом*, начиная со **стр. 68**)

ВНИМАНИЕ: Перед монтажом нужно нанести масло или пластичную смазку на ролики и дорожки качения. Во время монтажа проворачивайте вал или корпус. Контролируйте, чтобы комплект роликов с сепаратором не перекашивался во время монтажа (→ **рис. 53**), что может привести к повреждению роликов и дорожек качения.

Чтобы не допустить перекоса во время монтажа, компания SKF рекомендует следующее:

- использовать монтажную направляющую втулку для подшипников, монтируемых на горизонтальный вал (→ **рис. 54**)
- использовать монтажную втулку и направляющие стержни, прикрепленные к корпусу подшипникового узла, если монтаж выполняется в вертикальном положении (→ **рис. 55**)

При использовании монтажной направляющей втулки наружный диаметр втулки должен быть равен диаметру дорожки качения внутреннего кольца и соответствовать классу точности d10 для цилиндрических роликоподшипников и допуску 0/–0,025 мм для игольчатых роликоподшипников.

ВНИМАНИЕ: При использовании индукционного нагревателя кольцо требуется размагнитить перед тем, как вынуть из нагревателя. Все индукционные нагреватели SKF имеют функцию автоматического размагничивания.

При использовании алюминиевого нагревательного кольца (→ **рис. 56**) перед нагревом кольца нанесите на дорожку качения внутреннего кольца подшипника коррозионностойкое масло, например, смазочное масло CLP68, а после установки удалите масло.

Рис. 54

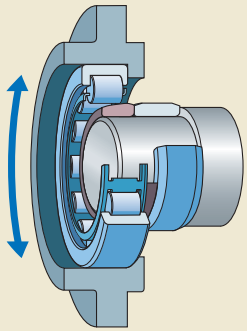


Рис. 55

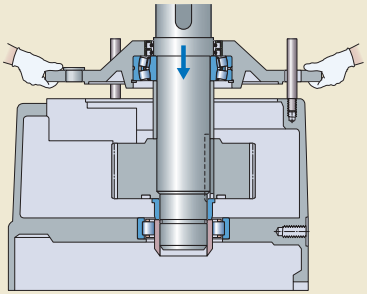
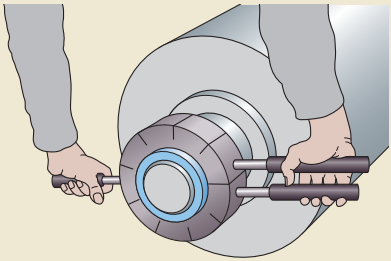


Рис. 56



Четырёхрядные цилиндрические роликоподшипники

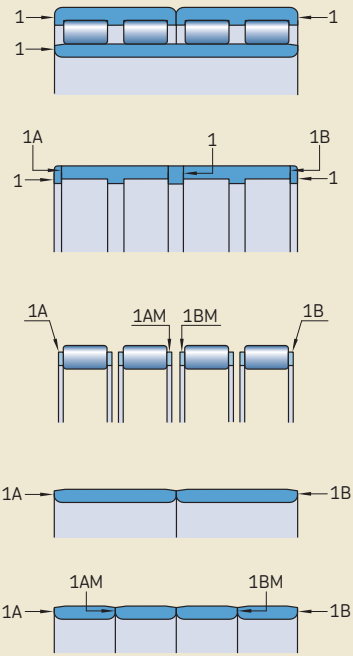
Четырёхрядные цилиндрические роликоподшипники обычно используются в прокатных станах или в машинах с тяжёлыми условиями работы. Они имеют разборную конструкцию и множество исполнений, которые отличаются, в основном, количеством внутренних и наружных колец, а также количеством свободных фланцевых колец или бортов на наружном кольце.

Компания SKF рекомендует выполнять монтаж (и демонтаж) внутренних колец с помощью специального индукционного нагревателя SKF и специальной монтажной втулки (→ *Монтаж четырёхрядных цилиндрических роликоподшипников с помощью специальной монтажной втулки*).

Во время монтажа отдельные элементы подшипника следует монтировать в правильном порядке (→ **рис. 57**). Кроме этого, все элементы подшипника маркированы одним серийным номером, так что исключаются ошибки при установке элементов разных подшипников при одновременном монтаже. Внутренние кольца и внутренние кольцевые пары полностью взаимозаменяемы и не нуждаются в одинаковой маркировке с наружным кольцом.

Торцы наружных колец разделяются на четыре зоны, которые обозначаются цифрами от I до IV. На каждом подшипнике позиция зоны I также указывается линией на наружной поверхности наружного кольца. При монтаже подшипника первый раз зона I обычно должна располагаться в зоне нагружения. В зависимости от условий эксплуатации наружные кольца обычно проворачиваются на 90° после определённого периода работы, чтобы в зоне нагружения находились различные части наружного кольца подшипника, что продлевает срок его службы.

Рис. 57



Монтаж четырёхрядных цилиндрических роликоподшипников с помощью специальной монтажной втулки

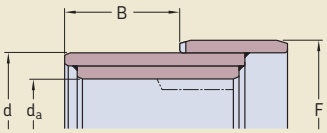
На **рис. 58** показана специальная телескопическая монтажная втулка, которая применяется для монтажа четырёхрядных цилиндрических роликоподшипников с разъёмным внутренним и наружным кольцами.

Втулка снаружи имеет ступенчатую форму. Меньший наружный диаметр соответствует диаметру отверстия внутреннего кольца. Больший диаметр соответствует диаметру дорожки качения внутреннего кольца. Ширина обоих посадочных мест равна ширине внутреннего кольца (или колец). Меньший наружный диаметр предназначен для монтажа внутренних колец, а больший наружный диаметр — для монтажа наружных колец в сборе с роликами и сепаратором.

Процедура монтажа внутренних колец (→ **рис. 59**):

1 Установите все промежуточные элементы между внутренним кольцом и заплечиком вала.
2 Установите первое кольцо на втулку.
3 Расположите втулку (с внутренним кольцом) на опорном диаметре шейки вала.
4 Установите нагреватель и нагрейте внутреннее кольцо до требуемой температуры.
5 Передвиньте внутреннее кольцо вплотную к заплечику.

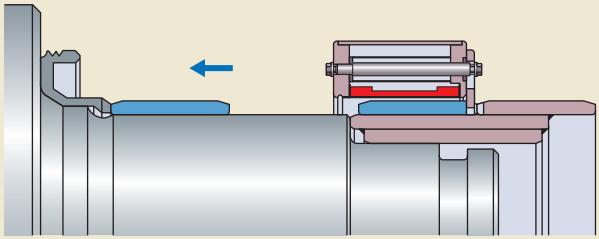
Рис. 58



B = ширина внутреннего кольца (колец)
F = диаметр дорожки качения
d = диаметр отверстия внутреннего кольца
d_a = опорный диаметр втулки

6 Удерживайте кольцо на валу в этом положении до полного остывания.
7 Снимите монтажную втулку.
8 Смонтируйте второе внутреннее кольцо, повторив **шаги с 2** по **7**.

Рис. 59



Процедура монтажа наружных колец (→ **рис. 60**):

1. Смажьте ролики в сепараторе и дорожки качения наружного кольца смазкой, которая будет применяться в дальнейшем.
2. Установите первый роликовый узел, который следует монтировать в корпусе совместно со вторым узлом, на дорожку качения большого диаметра монтажной втулки.
3. Смонтируйте требуемые уплотнения во внутренней фланцевой крышке перед тем, как одеть её на уплотняющую втулку.
4. Смажьте кромки контактного уплотнения, следя за тем, чтобы не повредить их.
5. Установите втулку на вал и осторожно продвиньте её до полной установки в требуемое положение. Чтобы установить подшипниковый узел на вал, используйте подъёмное оборудование с пружинной подвеской.
6. Заполните подшипники пластичной смазкой.
7. Смонтируйте наружные уплотнения и зафиксируйте подшипниковый узел на валу.

Монтаж конических роликоподшипников

Однорядные конические роликоподшипники

Однорядные конические роликоподшипники обычно регулируются по отношению ко второму подшипнику для выверки осевого зазора или преднатяга, по X-образной или по O-образной схеме. Требуемый зазор или преднатяг в этих узлах достигается во время монтажа перемещением одного подшипника в осевом направлении.

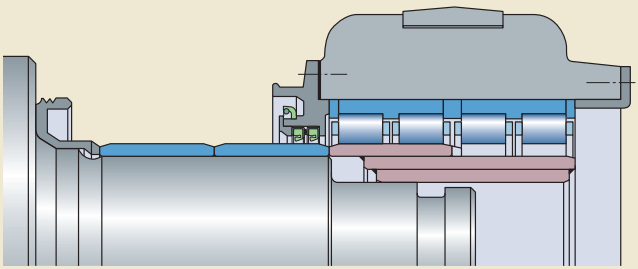
ПРИМЕЧАНИЕ: Во время эксплуатации зазор обычно уменьшается (преднатяг увеличивается) в результате нагрева и повышения разности температур между внутренними и наружными кольцами и других факторов, таких как частота вращения и нагрузки.

ВНИМАНИЕ: Выполняя регулировку узла, важно провернуть вал на несколько оборотов в обоих направлениях, чтобы проверить надёжный контакт между торцами роликов и направляющими бортами. Если надёжный контакт отсутствует, результирующий зазор/преднатяг будет неверным, что приведёт к преждевременному повреждению и выходу из строя подшипника.

Регулировка подшипникового узла по X-образной схеме (вращение внутреннего кольца)

На **рис. 61** показана типовая компоновка конических роликоподшипников по X-образной схеме для промежуточного вала в разъёмном корпусе редуктора. Зазор или преднатяг в этой компоновке достигается перемещением наружного кольца подшипника с левой стороны через центрирующий фланец крышки. Следующая процедура проста, надёжна и хорошо проверена.

Рис. 60



Подготовка:

1 С помощью соответствующих методов смонтируйте внутренние кольца в сборе с сепаратором и роликами на вал. Наденьте наружные кольца на сепараторы с роликами и установите вал в сборе в редуктор. Привинтите крышку с нерегулируемой стороны корпуса и положите корпус на эту сторону. Понадобится надлежащее зажимное приспособление для проворачивания вала.

Определение требуемой длины центрирующих заплечиков фланца:

2 Проворачивая вал от руки, нажимайте на наружное кольцо верхнего подшипника. Все ролики в подшипниках должны касаться направляющих бортов внутреннего кольца. Это достигается за несколько оборотов вала.

3 Установите крышку. Центрирующий заплечик фланца крышки должен быть не слишком длинным (→ **рис. 62**, слева) для конечного положения наружного кольца, или нужно использовать проставку (→ **рис. 62**, справа). Между крышкой и корпусом должен быть зазор (→ **рис. 62**, размер x).

4 Затягивайте крышку, одновременно проворачивая вал, до момента его торможения. Затем слегка ослабьте затяжку винтов на крышке, давая валу возможность снова свободно проворачиваться.

5 Измерьте зазор между фланцевой крышкой и корпусом (размер x).

6 Определите требуемую длину центрирующего заплечика фланца (или проставки) или толщину регулировочных прокладок:

Длина центрирующего заплечика фланца или прокладки

$a_f = a_i - x + s$ для зазора

$a_f = a_i - x - t$ для преднатяга

Толщина регулировочной прокладки

$b_f = x + s$ для зазора

$b_f = x - t$ для преднатяга

где

a_i = исходная длина центрирующего заплечика фланца или проставки

a_f = окончательная длина центрирующего заплечика фланца или проставки

b_f = окончательная толщина регулировочных прокладок

x = измеренный зазор между крышкой и корпусом редуктора

s = значение зазора (абсолютное значение)

t = значение преднатяга (абсолютное значение)

Окончательная сборка:

7 Проточите центрирующий заплечик фланца до требуемой длины. Или вставьте между фланцевой крышкой и корпусом регулировочные прокладки требуемой толщины.

8 Привинтите крышку.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для преднатяга упругость корпуса не принимается во внимание. При необходимости обратитесь к публикации

Рис. 61

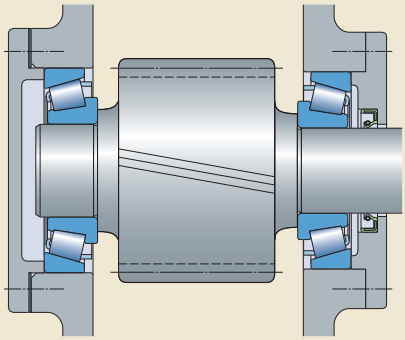
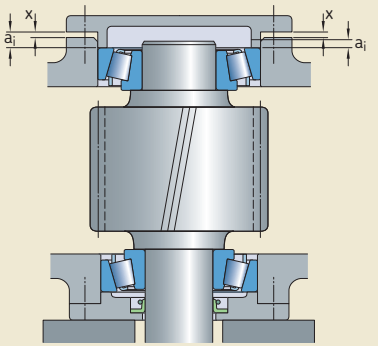


Рис. 62



SKF *Rolling bearings in industrial gearboxes* (*Подшипники качения в промышленных редукторах*).

Регулировка подшипникового узла по О-образной схеме с регулировочной гайкой (вращается внутреннее кольцо)

На **рис. 63** показана типовая компоновка конических роликоподшипников, установленных по О-образной схеме. Зазор или преднатяг в этой компоновке достигается перемещением внутреннего кольца подшипника с левой стороны с помощью затягивания регулировочной гайки. Для узлов, требующих осевой преднатяг, значение угла затяжки или значение момента затяжки должно указываться на сборочном чертеже.

Подготовка:

1 С помощью соответствующих методов смонтируйте наружные кольца на посадочные места в корпусе и внутреннее кольцо с внутренней стороны в сборе с сепаратором и роликами на вал. Понадобится надлежащее зажимное приспособление для проворачивания вала.
2 Соедините вместе вал в сборе и корпус. Может потребоваться зажимное устройство вала.
3 Смонтируйте внутреннее кольцо с наружной стороны.
4 Смонтируйте все компоненты между конусом с наружной стороны и регулировочной гайкой.

Регулировка зазора:

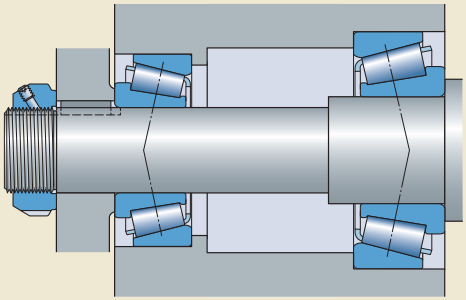
5 Измерьте осевой зазор с помощью индикатора часового типа. Для этого установите наконечник индикатора у торца вала, плотно прижмите вал в одном направлении, провернув его несколько раз, чтобы ролики прижались к борту внутреннего кольца. Установите показания индикатора на ноль. Затем прижмите вал в противоположном направлении и считайте показания осевого зазора.
6 Медленно затяните регулировочную гайку. Для подшипников с плотной посадкой на валу требуется постепенная регулировка до получения заданного значения. Для этого потребуется измерить зазор несколько раз.

ВНИМАНИЕ: Регулируйте небольшими шагами. Если в подшипниковом узле получен слишком большой зазор, потребуется вытянуть внутренне кольцо и начать регулировку сначала, что может занять много времени.

Регулировка преднатяга:

7 Затягивайте регулировочную гайку, одновременно проворачивая вал, до увеличения момента трения на валу.
8 Продолжайте медленно затягивать гайку до заданного значения крутящего момента или угла затяжки.

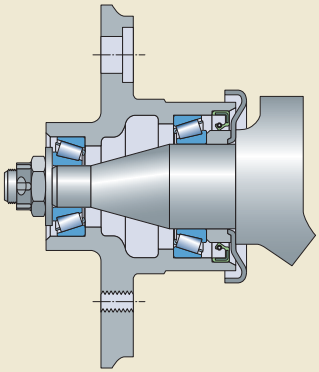
Рис. 63



Регулировка подшипниковых узлов, установленных по О-образной схеме (ступица колеса автомобиля — два конических роликоподшипника без проставки)

Конструкция ступицы колеса зависит от производителя. Однако надлежащие процедуры для монтажа подшипников, уплотнений и ступицы в сборе остаются практически одинаковыми. На **рис. 64** показан типовой подшипниковый узел. Поскольку в этом случае вращается наружное кольцо, то в большинстве случаев наружные кольца имеют плотную посадку, в то время как внутренние кольца могут устанавливаться на шейку оси со свободной посадкой. Зазор или преднатяг в этой компоновке достигается перемещением внутреннего кольца подшипника с наружной стороны с помощью затягивания регулировочной гайки.

Рис. 64



ВНИМАНИЕ: Уплотнение следует заменять после каждого снятия ступицы с оси.

1 Осторожно, чтобы не повредить дорожки качения, запрессуйте оба наружных кольца в ступицу с помощью подходящего инструмента, например, втулки или вертикального пресса (→ **рис. 65**). Торец каждого наружного кольца должен полностью опереться на буртик ступицы.
2 Установите уплотнение или компоненты уплотнения в ступицу с помощью подходящих монтажных инструментов (→ **рис. 66**). Уплотнение должно быть равномерно прижато на всю глубину.
3 Установите все компоненты уплотнения или проставки с внутренней стороны оси.
4 Подготовка внутреннего кольца концевого внешнего подшипника:
   – Для подшипников, смазываемых пластичной смазкой, нанесите смазку на комплект роликов, заполнив пространство между дорожкой качения внутреннего кольца и сепаратором.
   – Для подшипников, смазываемых маслом, нанесите на внутреннее кольцо тонкий слой масла.
5 Осторожно, чтобы не прижать ролики или сепаратор, запрессуйте внутреннее кольцо с внутренней стороны на ось с помощью подходящего инструмента, например, втулки. Торец внутреннего кольца должен полностью опираться на буртик оси или опорное проставочное кольцо.

Рис. 65

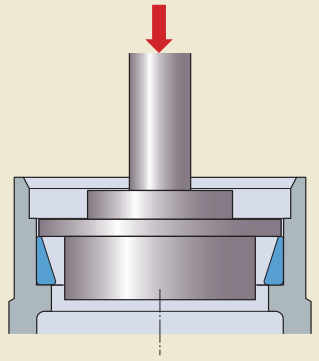
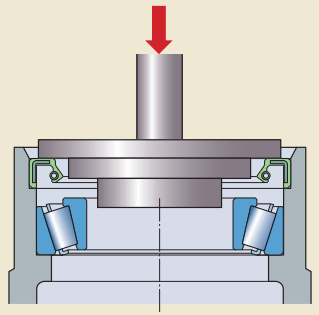


Рис. 66

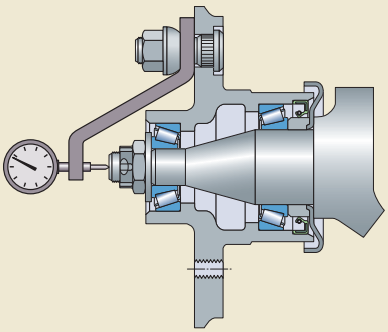


6 Установите ступицу в сборе на ось, тщательно выровняв отверстие ступицы и центр оси. Чтобы упростить эту задачу и не допустить повреждения оси, резьбы и особенно уплотнения, используйте механическую опору.
7 Подготовьте внутреннее кольцо наружного подшипника таким же образом, как и внутреннее кольцо внутреннего подшипника.
8 Осторожно, чтобы не прижать ролики или сепаратор, запрессуйте внутреннее кольцо наружного подшипника на ось с помощью подходящего инструмента, например, втулки.

ВНИМАНИЕ: Проверните вал на несколько оборотов в обоих направлениях, чтобы проверить надлежащий контакт между торцами роликов и направляющими бортами. Если надлежащий контакт отсутствует, результирующий зазор будет неверным, что приведёт к преждевременному повреждению и выходу подшипника из строя.

9 Установите шайбу(ы) и регулировочную гайку (корончатую). Затяните регулировочную гайку с помощью динамометрического ключа с требуемым моментом, указанным в инструкции по эксплуатации или обслуживанию автомобиля. Если для узла требуется осевой зазор, медленно затягивайте регулировочную гайку до резкого увеличения момента трения подшипника. Отпускайте гайку приблизительно по 1/12 оборота (30°), пока повышенное трение в подшипниковом узле исчезнет.
10 Снимите опору ступицы.
11 Проверьте свободное вращение подшипника. При необходимости можно проверить осевой зазор (люфт) в подшипниковом узле с помощью индикатора часового типа следующим образом:
12 Присоедините индикатор (→ **рис. 67**) или установите индикатор на магнитной основе снизу ступицы или тормозного барабана.
13 Отрегулируйте индикатор так, чтобы измерительный наконечник упирался в торец оси параллельно центральной линии оси. (Для алюминиевых ступиц прикрепите магнитное основание индикатора к торцу оси, а измерительный наконечник прижмите к ступице или тормозному барабану).
14 Установите показание индикатора на ноль.

Рис. 67



15 Захватив колесо в положениях 3 и 9 часов, подвигайте его вперед и назад. Считайте осевой зазор по разности показаний индикатора.
16 Установите крышку и выполните пробный пуск узла в работу.

Двухрядные и многорядные конические роликоподшипники

Двухрядные и четырёхрядные конические роликоподшипники выпускаются в различных исполнениях, отличающихся, в основном, количеством наружных колец, а также наличием или отсутствием проставочных колец.

При монтаже этих подшипников отдельные компоненты следует устанавливать в определённом порядке. Детали, которые устанавливаются вместе, маркируются буквами (→ **рис. 68**). Кроме этого, все компоненты подшипника маркированы одним серийным номером, так что исключается смешивание компонентов разных подшипников при одновременном монтаже.

Торцы наружных колец разделяются на четыре зоны, которые обозначаются цифрами от I до IV (→ **рис. 69**). На каждом подшипнике позиция зоны I также указывается линией на наружной поверхности наружного кольца. При монтаже подшипника первый раз зона I обычно должна располагаться в зоне нагружения. В зависимости от условий эксплуатации наружные кольца обычно проворачиваются на 90° после определённого периода работы, чтобы в зоне нагружения находились различные части наружного кольца подшипника, что продлевает срок его службы.

Подробные инструкции по монтажу приведены в публикации «*Четырёхрядные конические роликоподшипники SKF Explorer, инструкция по монтажу и техническому обслуживанию*».

Рис. 68

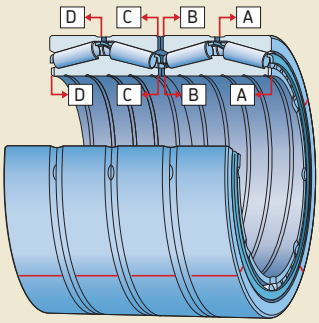
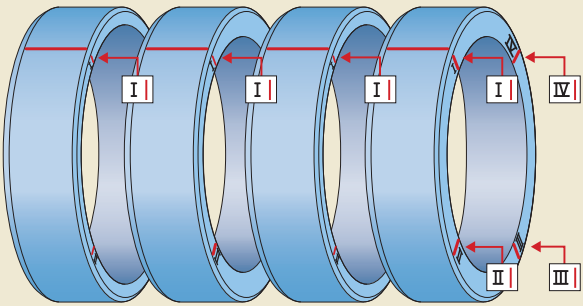


Рис. 69



Монтаж сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB

Конструктивно у сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB имеется осевое смещение колец и роликов от нормального положения во время подъёма, что влияет на качество монтажа. По этой причине компания SKF рекомендует монтировать сферические роликоподшипники и тороидальные роликоподшипники CARB в горизонтальном положении вала или корпуса и, по возможности, проворачивать внутреннее кольцо перед монтажом.

При монтаже сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB (особенно крупногабаритных) в вертикальном положении вала или корпуса ролики, совместно с внутренним или наружным кольцом, будут смещаться вниз до полного исчезновения зазора. Если во время и после монтажа не будет поддерживаться надлежащий зазор, расширяющие или сжимающие усилия, возникающие из-за посадки с натягом на внутреннем или наружном кольце, могут создавать преднатяг.

ВНИМАНИЕ: Этот преднатяг может привести к появлению вмятин (бринеллирование) на дорожках качения и/или препятствовать свободному вращению подшипника.

Чтобы не допустить появления этого преднатяга во время вертикального монтажа, используйте приспособление для удержания подшипника или специальное устройство, удерживающее элементы подшипника без смещения (→ **рис. 70**).

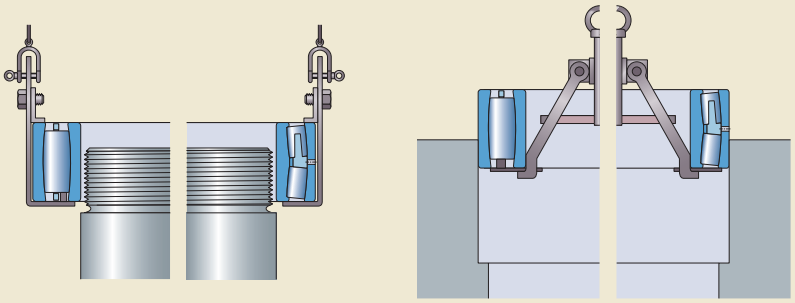
Уплотнённые сферические роликоподшипники

Уплотнённые сферические роликоподшипники обычно не требуют смазывания. Однако в тяжёлых условиях эксплуатации может потребоваться повторное смазывание. Подшипники меньших типоразмеров (d < 100 мм) оснащаются полимерной лентой, которая закрывает канавку и отверстия для смазки в наружном кольце. Если предполагается повторное смазывание подшипника, полимерную ленту нужно снять перед монтажом (→ **рис. 71**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Дополнительная информация относительно повторного смазывания приведена в разделе *«Повторное смазывание»*, начиная со **стр. 192**.

Монтаж уплотнённых сферических роликоподшипников с коническим отверстием рекомендуется выполнять с помощью метода SKF Drive-up (→ *Метод монтажа SKF Drive-up*, начиная со **стр. 57**).

Рис. 70



Тороидальные роликоподшипники CARB

Требуется учитывать осевое смещение

Тороидальные роликоподшипники CARB способны компенсировать осевое смещение вала непосредственно внутри подшипника. Чтобы обеспечить возможность такого осевого смещения вала относительно корпуса, необходимо убедиться в наличии достаточного свободного пространства с обеих сторон подшипника (→ **рис. 72**, а также см. *«Размеры опор и галтелей»*, **стр. 38**).

В нормальном состоянии после монтажа кольца подшипника не имеют смещения относительно друг друга. Однако, если предполагается значительное тепловое расширение вала, внутреннее кольцо следует монтировать со смещением относительно наружного кольца в направлении, противоположном ожидаемому тепловому расширению.

Подшипники с коническим отверстием можно монтировать с помощью модифицированной закрепительной втулки и/или стопорных гаек, чтобы не допустить трения фиксирующего устройства о сепаратор. Если используются стандартные стопорные гайки, между внутренним кольцом подшипника и стопорной шайбой может потребоваться распорное кольцо.

Для монтажа тороидальных роликоподшипников CARB с коническим отверстием хорошо подходит метод SKF Drive-up (→ *Метод монтажа SKF Drive-up*, начиная со **стр. 57**).

Если на чертеже узла отсутствует информация относительно требуемого свободного пространства, допустимого положения смещения и размеров проставок (при необходимости), посетите сайт www.skf.ru.

Подшипники со стопорным кольцом

Если для бессепараторных тороидальных роликоподшипников CARB со стопорным кольцом в наружном кольце требуется обеспечить относительно большое осевое смещение, внутреннее кольцо должно быть смещено относительно стопорного кольца (→ **рис. 73**).

Рис. 71

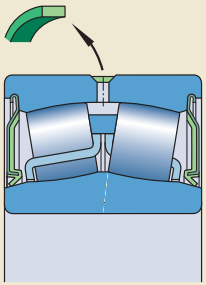


Рис. 72

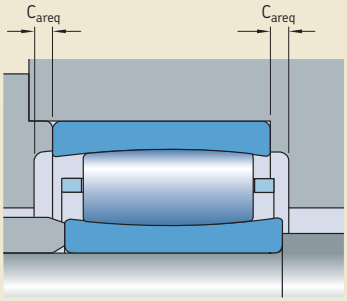
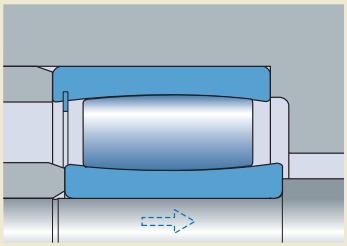


Рис. 73



Монтаж подшипниковых узлов

Общие сведения 94

Что важно помнить 94

Подготовка к монтажу 101

Применяемые инструменты 102

Монтаж шарикоподшипниковых узлов с фиксацией стопорным винтом 104
Шарикоподшипниковые узлы с чугунным или композитным корпусом. . 104
Шарикоподшипниковые узлы со штампованным стальным корпусом . . . 105

Монтаж шарикоподшипниковых узлов с эксцентриковым стопорным кольцом . . 106
Шарикоподшипниковые узлы с чугунным или композитным корпусом. . 106
Шарикоподшипниковые узлы со штампованным стальным корпусом . . . 108

Монтаж шарикоподшипниковых узлов с закрепительной втулкой 109

Монтаж шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra 111
Шарикоподшипниковые узлы SKF ConCentra со стационарными корпусами 111
Шарикоподшипниковые узлы SKF ConCentra с фланцевыми корпусами. . . 113

Монтаж роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra 114
Роликоподшипниковые узлы SKF ConCentra со стационарными корпусами 114
Роликоподшипниковые узлы SKF ConCentra с фланцевыми корпусами. . . 117

Монтаж роликоподшипниковых узлов с цилиндрическим стопорным кольцом. . 119

Сборка шарикоподшипниковых узлов . 121

Общие сведения

Подшипниковые узлы SKF поставляются готовыми к монтажу и эксплуатации. Эти узлы обычно состоят из шарико- или роликоподшипников, установленных в корпус, изготовленный из серого чугуна, листовой стали или композитного материала. Для снижения вероятности повреждения подшипников при монтаже и обеспечения их максимального срока службы следует использовать правильные процедуры монтажа и соответствующие инструменты. Подшипники — это высокоточные изделия, которые требуют осторожного обращения при монтаже.

Что важно помнить

Подшипниковые узлы SKF поставляются в трёх различных типах корпусов и, в зависимости от типа и размера подшипника, существует ряд способов фиксации узла на валу. Наиболее распространённые способы (→ **рис. 1**):

- фиксация стопорным винтом (**a**)
- фиксация эксцентриковым стопорным кольцом с одним стопорным винтом (**b**)
- фиксация закрепительной втулкой (**c**)
- фиксация SKF ConCentra (**d**, **e**)
- фиксация цилиндрическим стопорным кольцом с двумя стопорными винтами (**f**)

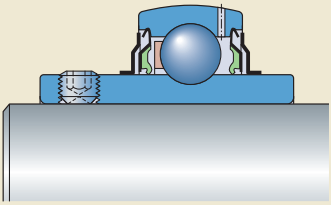
При выборе узла для замены необходимо согласовать следующие элементы базового исполнения шарико- или роликоподшипника:

- способ фиксации на валу (→ **рис. 1** и **таблица 1** на **стр. 96**)
- тип корпуса (→ **рис. с 2a** по **2t**, начиная со **стр. 95**, и **таблица 2** на **стр. 100**)
- метод уплотнения (→ **таблица 1** на **стр. 96**)
- внутреннее кольцо, которое может быть удлинено с одной или обеих сторон (шарикоподшипниковые узлы)
- фиксирующая или плавающая опора (роликоподшипниковые узлы)

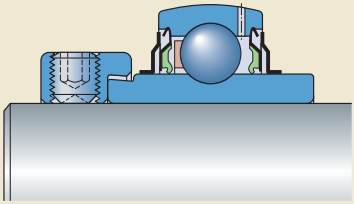
Дополнительная информация о продукции для техобслуживания и смазочных материалах SKF приведена на сайтах www.skf.ru и www.mapro.skf.ru.

Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов (→ *раздел «Обучение»*, начиная со **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

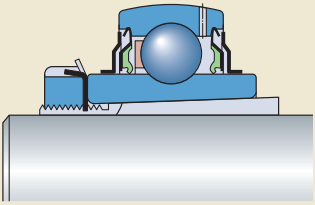
Рис. 1



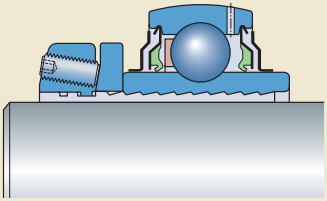
a) Фиксация стопорным винтом



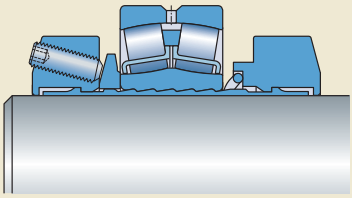
b) Фиксация эксцентриковым кольцом с одним стопорным винтом



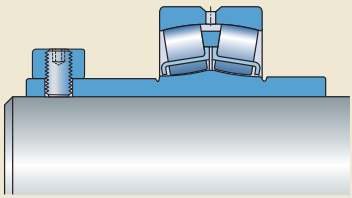
c) Фиксация закрепительной втулкой



d) Фиксация SKF ConCentra, шарикоподшипниковые узлы



e) Фиксация SKF ConCentra, роликоподшипниковые узлы



f) Фиксация цилиндрическим стопорным кольцом с двумя стопорными винтами

Таблица 1

Устройства фиксации вала, узлы и уплотнения

Суффикс обозначения	Рисунок[1)]	Описание	Подшипниковый узел в сборе, обозначение (пример)
		Фиксирующее устройство	
–	1f	Фиксация цилиндрическим кольцом с двумя стопорными винтами	SYR 2.7/16
FM	1b	Фиксация эксцентриковым кольцом с одним стопорным винтом	TU 35 FM
KF	1c	Закрепительная втулка	SYJ 65 KF
N	1e	Фиксирующий механизм SKF ConCentra	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Два стопорных винта во внутреннем кольце	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Два стопорных винта во внутреннем кольце	FYKC 30 NTR
PF	1d	Фиксирующий механизм SKF ConCentra	SY 45 PF
RM	1a	Два стопорных винта во внутреннем кольце	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Два стопорных винта во внутреннем кольце	SYFJ 45 TF
THR	1a	Два стопорных винта во внутреннем кольце	FYL 25 THR
TR	1a	Два стопорных винта во внутреннем кольце	SYK 20 TR
WF	1b	Фиксация эксцентриковым кольцом с одним стопорным винтом	FY 60 WF
		Узлы и уплотнения	
–		Монтаж плавающего роликоподшипникового узла стопорным кольцом	SYR 2.7/16
–		Двухкромочные уплотнения (стандартные)	SYR 2.7/16
AH		Шарикоподшипниковые узлы для установок обработки воздуха	SY 2 TF/AH
F		Фиксирующий роликоподшипниковый узел для метрических валов	SYT 45 F
H		Фиксирующий роликоподшипниковый узел для дюймовых валов	FSYE 3.15/16 NH
L		Плавающий роликоподшипниковый узел для метрических валов	SYNT 50 L
TS		Лабиринтные уплотнения	SYNT 50 LTS
TF		Манжетные уплотнения	SYNT 45 FTF
W		Без приспособлений для повторного смазывания	SYNT 100 FW
-118		Лабиринтные уплотнения	SYR 2.7/16 N-118
-3		Манжетные уплотнения	SYR 2.7/16-3
-18		Лабиринтные уплотнения	SYR 2.7/16-18

[1)] На **стр. 95**

Рис. 2a

Стационарные корпуса
SY, SYH, SYJ, SYM

Рис. 2b

Стационарные корпуса
SYK, SYKC, SYL

Рис. 2c

Стационарные корпуса
SYF, SYFJ

Рис. 2f

Стационарные корпуса
SYNT

Рис. 2d

Стационарные корпуса
SYFL

Рис. 2g

Стационарные корпуса
SYR, SYE

Рис. 2e

Стационарные корпуса
P, S

Рис. 2h

Фланцевые корпуса
FY, FYJ, FYM

Рис. 2i

Фланцевые корпуса
FYK, FYKC, FYL

Рис. 2l

Фланцевые корпуса
FYC

Рис. 2j

Фланцевые корпуса
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Рис. 2m

Фланцевые корпуса
F, PF

Рис. 2k

Фланцевые корпуса
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Рис. 2n

Фланцевые корпуса
FT, PFT

Рис. 2o

Фланцевые корпуса
PFD

Рис. 2r

Натяжные корпуса
TU, TUJ, TUM

Рис. 2p

Фланцевые корпуса
FYE

Рис. 2s

Натяжные корпуса
TUL

Рис. 2q

Фланцевые корпуса
FYR

Рис. 2t

Натяжные корпуса
TBR

Таблица 2

Типы корпусов шарико- и роликоподшипниковых узлов SKF[1)]

Тип корпуса	Описание
F	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым штампованным стальным корпусом, круглый фланец
FSYE	Роликоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом, основание с 4 отверстиями под болты
FSYR	Роликоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом, основание с 4 отверстиями под болты
FT	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым штампованным стальным корпусом, овальный фланец
FY	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, квадратный фланец
FYC	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, круглый фланец
FYE	Роликоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, квадратный фланец
FYJ	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, квадратный фланец
FYK	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым усиленным полиамидным корпусом, квадратный фланец
FYKC	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым усиленным полиамидным корпусом, квадратный фланец
FYL	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым усиленным полиамидным корпусом, квадратный фланец
FYM	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, круглый фланец
FYNT	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, круглый фланец
FYR	Роликоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, круглый фланец
FYRP	Роликоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, круглый фланец, мех. обработанное удлинение
FYT	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, овальный фланец
FYTB	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, овальный фланец
FYTBK	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым усиленным полиамидным корпусом, овальный фланец
FYTBKC	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым усиленным полиамидным корпусом, овальный фланец
FYTJ	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, овальный фланец
FYTL	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым усиленным полиамидным корпусом, овальный фланец
FYTM	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым литым корпусом, овальный фланец
P	Шарикоподшипниковый узел со стационарным штампованным стальным корпусом
PF	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым штампованным стальным корпусом, круглый фланец
PFD	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым штампованным стальным корпусом, треугольный фланец
PFT	Шарикоподшипниковый узел с фланцевым штампованным стальным корпусом, овальный фланец
S	Шарикоподшипниковый узел со стационарным штампованным стальным корпусом
SY	Шарикоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
SYE	Роликоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
SYF	Шарикоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом, короткое основание
SYFJ	Шарикоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом, короткое основание
SYFL	Шарикоподшипниковый узел со стационарным полиэфирным корпусом, короткое основание
SYH	Шарикоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
SYJ	Шарикоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
SYK	Шарикоподшипниковый узел со стационарным усиленным полиамидным корпусом
SYKC	Шарикоподшипниковый узел со стационарным усиленным полиамидным корпусом
SYL	Шарикоподшипниковый узел со стационарным полиэфирным корпусом
SYM	Шарикоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
SYNT	Роликоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
SYR	Роликоподшипниковый узел со стационарным литым корпусом
TU	Шарикоподшипниковый узел с натяжным литым корпусом
TUJ	Шарикоподшипниковый узел с натяжным литым корпусом
TUL	Шарикоподшипниковый узел с натяжным полиэфирным корпусом
TUM	Шарикоподшипниковый узел с натяжным литым корпусом

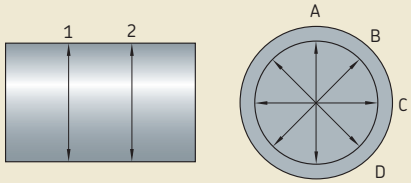
[1)] См. также **Рис. 2a — 2t**, начиная со **стр. 96**.

Подготовка к монтажу

В процессе подготовки к монтажу необходимо выполнить следующие действия:

- Убедитесь, что вал чистый и на нём нет заусенцев. При наличии заусенцев удалите их и снимите фаску на конце вала с помощью наждачной шкурки или напильника с мелкой насечкой. Протрите вал.
- Проверьте, чтобы диаметр посадочной шейки вала был в допуске, выполнив измерения в двух поперечных сечениях и четырёх диаметральных направлениях (→ **рис. 3**).
- Для подшипниковых узлов со стопорными винтами, эксцентриковым стопорным кольцом или цилиндрическим стопорным кольцом нанесите на вал тонкий слой маловязкого масла.
- Для подшипниковых узлов с закрепительной втулкой или фиксирующим механизмом SKF ConCentra с помощью чистой ткани удалите смазку с посадочной шейки вала.
- Очистите опорную поверхность узла и проверьте, чтобы рекомендованная плоскостность соответствовала классу точности IT7.
- Если узел используется повторно после демонтажа, убедитесь, что отверстие подшипника и корпус чистые.
- При необходимости поднять центр отверстия подшипникового узла с помощью регулировочных прокладок, проверьте, чтобы прокладки перекрывали всю площадь контакта основания узла с опорной поверхностью.
- Компания SKF рекомендует использовать болты или шпильки класса 8.8 с шайбами в соответствии со стандартом ISO 7089:2000 или 7090:2000 и пружинную шайбу для крепления шарико- или роликоподшипниковых узлов. Также можно использовать болты с шестигранной головкой в соответствии со стандартом ISO 4014:1999. Допускается использовать винты с шестигранным отверстием в головке в соответствии со стандартом ISO 4762:1988.
- Чтобы не допустить загрязнения подшипниковых узлов, особенно в неблагоприятных условиях, следует извлекать их из заводской упаковки только непосредственно перед монтажом.

Рис. 3



Применяемые инструменты

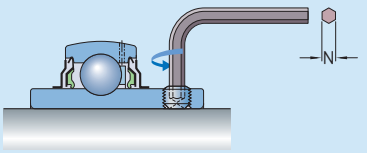
Для монтажа шарико- и роликоподшипниковых узлов требуются следующие инструменты:

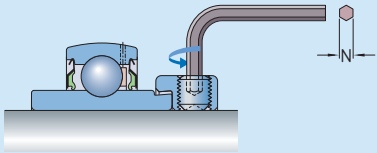
- шестигранный ключ или динамометрический ключ для затяжки стопорных винтов во внутреннем или стопорном кольце, как указано в **таблице 3**
- накидной ключ для затяжки гайки закрепительной втулки, как указано в **таблице 4**
- динамометрический ключ или шестигранный ключ для затяжки крепёжных винтов, болтов или гаек

Ключ типа 3L в соответствии со стандартом ISO 2936:2001 поставляется с шарико- или роликоподшипниковым узлом SKF ConCentra вместе с указателем момента затяжки (→ **рис. 21** на **стр. 113**).

Таблица 3

Шестигранные ключи и рекомендованные моменты затяжки для шарикоподшипниковых узлов с фиксацией стопорным винтом или стопорной втулкой





Фиксация шарикоподшипниковых узлов стопорным винтом
Узлы с суффиксами обозначения TF и TR (за исключением перечисленных далее серий)

Диаметр вала d свыше	до	Размер шестигранного ключа N	Момент затяжки
мм/дюймы		мм/дюймы	Н·м (*фунт-сила-дюйм*)
–	**35**	3	4 (*35*)
35	**45**	4	6,5 (*58*)
45	**65**	5	16,5 (*146*)
65	**100**	6	28,5 (*252*)
–	**5/8**	3/32	4 (*35*)
5/8	**1 3/16**	1/8	4 (*35*)
1 3/16	**1 3/4**	5/32	6,5 (*58*)
1 3/4	**2 11/16**	3/16	16,5 (*146*)
2 11/16	**2 15/16**	7/32	28,5 (*252*)
Узлы серий SYM .. TF, FYM .. TF и TUM .. TF			
–	**1**	1/8	4 (*35*)
1	**1 1/2**	5/32	6,5 (*58*)
1 1/2	**2 3/16**	3/16	16,5 (*146*)
2 3/16	**3**	7/32	28,5 (*252*)
Узлы с суффиксами обозначения RM			
–	**45**	3	4 (*35*)
45	**50**	4	6,5 (*58*)
–	**5/8**	3/32	4 (*35*)
5/8	**1 3/16**	1/8	4 (*35*)
1 3/16	**1 3/4**	5/32	6,5 (*58*)
1 3/4	**2 11/16**	3/16	16,5 (*146*)
2 11/16	**2 15/16**	7/32	28,5 (*252*)

Шарикоподшипниковые узлы с эксцентриковым стопорным кольцом
Узлы с суффиксами обозначения FM и WF

Диаметр вала d свыше	до	Размер шестигранного ключа N	Момент затяжки
мм/дюймы		мм/дюймы	Н·м (*фунт-сила-дюйм*)
–	**25**	3	4 (*35*)
25	**30**	4	6,5 (*58*)
30	**65**	5	16,5 (*146*)
–	**5/8**	3/32	4 (*35*)
5/8	**1**	1/8	4 (*35*)
1	**1 15/16**	5/32	6,5 (*58*)
1 15/16	**3**	3/16	16,5 (*146*)

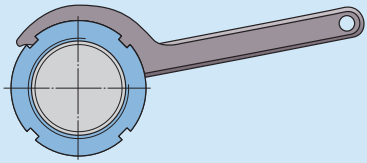
Роликоподшипниковые узлы с цилиндрическим стопорным кольцом

1 3/16	**2 3/16**	3/8	28,5 (*252*)
2 3/16	**3 1/2**	1/2	70 (*620*)
3 1/2	**4**	5/8	149,7 (*1 325*)
4	**4 15/16**	5/8	149,7 (*1 325*)

Используемые ключи входят в полный ассортимент монтажных инструментов и продукции SKF (→ **Приложение J**, начиная со **стр. 416**).

Таблица 4

Накидные ключи и моменты затяжки для шарикоподшипниковых узлов серий SYJ .. KF, FYJ .. KF и FYTJ .. KF, смонтированных с закрепительной втулкой



Диаметр вала		**Подшипниковый узел**	**Соответствующая закрепительная втулка**	**Соответствующий накидной ключ**				
d		Отверстие, диаметр	Обозначение	Обозначение	Момент затяжки			
					мин.	макс.	мин.	макс.
мм	дюймы	мм	–	–	Н·м		фунт-сила-дюйм	
19,050	3/4	**25**	**HE 2305**	HN 5–6	13	17	115	150
20	–	**25**	**H 2305**	HN 5–6	13	17	115	150
23,812	15/16	**30**	**HA 2306**	HN 5–6	22	28	195	248
25	–	**30**	**H 2306**	HN 5–6	22	28	195	248
25,400	1	**30**	**HE 2306**	HN 5–6	22	28	195	248
30	–	**35**	**H 2307**	HN 7	27	33	239	292
30,162	1 3/16	**35**	**HA 2307**	HN 7	27	33	239	292
31,750	1 1/4	**40**	**HE 2308**	HN 8–9	35	45	310	398
35	–	**40**	**H 2308**	HN 8–9	35	45	310	398
36,512	1 7/16	**45**	**HA 2309**	HN 8–9	45	55	398	487
38,100	1 1/2	**45**	**HE 2309**	HN 8–9	45	55	398	487
40	–	**45**	**H 2309**	HN 8–9	45	55	398	487
41,275	1 5/8	**50**	**HS 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
42,862	1 11/16	**50**	**HA 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
44,450	1 3/4	**50**	**HE 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
45	–	**50**	**H 2310**	HN 10–11	55	65	487	575
49,212	1 15/16	**55**	**HA 2311 B**	HN 10–11	65	85	575	752
50	–	**55**	**H 2311**	HN 10–11	65	85	575	752
50,800	2	**55**	**HE 2311**	HN 10–11	65	85	575	752
53,975	2 1/8	**60**	**HS 2312**	HN 12–13	85	115	752	1 018
55	–	**60**	**H 2312**	HN 12–13	85	115	752	1 018
55,562	2 3/16	**65**	**HA 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328
57,150	2 1/4	**65**	**HE 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328
60	–	**65**	**H 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328
60,325	2 3/8	**65**	**HS 2313**	HN 12–13	110	150	974	1 328

Монтаж шарикоподшипниковых узлов с фиксацией стопорным винтом

Шарикоподшипниковые узлы с чугунным или композитным корпусом

При монтаже шарикоподшипниковых узлов с чугунным или композитным корпусом (→ **рис. 2a**, **2b**, **2c**, **2d**, **2h**, **2i**, **2j**, **2k**, **2l**, **2r** и **2s** на **стр. 96–99**), фиксирующихся стопорным винтом (→ **рис. 1a**, **стр. 95**), тщательно следуйте указаниям, изложенным в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 101**, а также следующим дополнительным рекомендациям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 **а**) Стационарные узлы: Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. Тщательно выровняйте оба узла и затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5**.

б) Фланцевые узлы: Закрепите вал в монтажном положении между корпусами механизма. Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. При отсутствии заплечиков тщательно выровняйте оба узла и затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5**.

в) Натяжные узлы: Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. Установите вал с подшипниковыми узлами в сборе на натяжные рамы и регулировочные винты через установочные отверстия в подшипниковых узлах. Тщательно выровняйте оба подшипниковых узла.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости замены смазочного материала максимальная допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В крайнем случае допускается несоосность до 5°.

3 Выровняйте вал в подшипниковых узлах в осевом направлении (→ **рис. 4**).
4 Затяните стопорные винты во внутреннем кольце (→ **рис. 5**) обоих узлов с моментами затяжки, указанными в **таблице 3** на **стр. 102**.
5 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.
6 Установите на место торцевую(-ые) крышку(-и) (при наличии).

Рис. 4

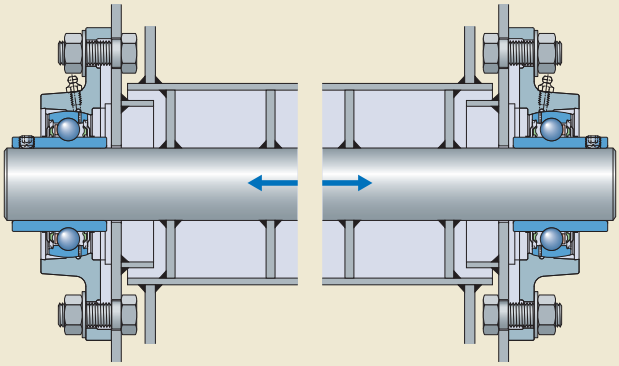
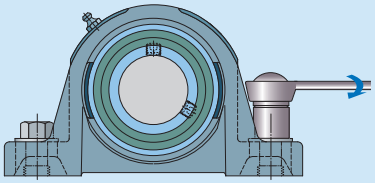


Таблица 5

Рекомендованные моменты затяжки для крепёжных болтов или гаек



Размер болта	Момент затяжки	
мм/дюймы	Н·м	фут-фунт-сила
6	9	7
8	22	16
10	45	34
12	80	60
16	200	150
20	385	285
24	665	485
3/8	28	21
1/2	95	70
5/8	185	135
3/4	320	235
7/8	515	380
1	770	570

Шарикоподшипниковые узлы со штампованным стальным корпусом

При монтаже шарикоподшипниковых узлов со штампованным стальным корпусом (→ **рис. 2e**, **2m**, **2n** и **2o** на **стр. 97–99**) с фиксацией стопорным винтом (→ **рис. 1a**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 101**, а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.

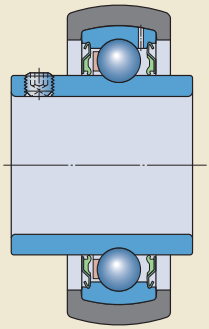
2 **а**) Стационарные узлы: Установите корпуса на опорные поверхности. Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу и положите вал с подшипниковыми узлами в сборе на опоры корпусов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если в узле применяется каучуковое демпфирующее кольцо, сначала установите это кольцо на наружное кольцо подшипника (→ **рис. 6**).

б) Фланцевые узлы: Установите половину корпуса подшипника на опорную поверхность корпуса механизма в месте монтажа, закрепите вал в положении монтажа между корпусами механизма и надвиньте с каждой стороны вала подшипник с фиксирующим устройством наружу.

Рис. 5

Рис. 6



3 Установите крышку корпуса или вторую половину корпуса на каждый из подшипников (→ **рис. 7**, **стр. 106**) и установите крепёжные болты или гайки, не затягивая их.
4 Тщательно выровняйте оба корпуса, например, с помощью вала и затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости замены смазочного материала максимальная допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В крайнем случае допускается несоосность до 5°.

ВНИМАНИЕ: Узлы со штампованным стальным корпусом не компенсируют несоосность после полной затяжки крепёжных болтов или гаек, если только стационарные корпуса не оснащаются каучуковым демпфирующим кольцом.

5 По возможности выровняйте вал в подшипниковых узлах в осевом направлении (→ **рис. 4** на **стр. 104**) и проверните его несколько раз.
6 Затяните стопорные винты во внутреннем кольце обоих узлов с моментами затяжки, указанными в **таблице 3** на **стр. 102**.
7 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.

Рис. 7

Монтаж шарикоподшипниковых узлов с эксцентриковым стопорным кольцом

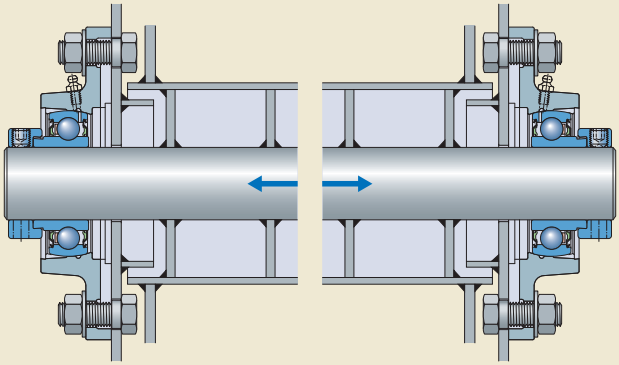
Шарикоподшипниковые узлы с чугунным или композитным корпусом

При монтаже шарикоподшипниковых узлов с чугунным или композитным корпусом (→ **рис. 2a**, **2c**, **2h**, **2j**, **2l** и **2r** на **стр. 96**–**99**) и эксцентриковым стопорным кольцом (→ **рис. 1b**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 101**, а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Удалите эксцентриковые стопорные кольца.
3 **а**) Стационарные узлы: Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. Тщательно выровняйте оба узла и затяните крепёжные болты в обоих узлах с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
б) Фланцевые узлы: Установите вал между корпусами механизма. Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. При отсутствии заплечиков тщательно выровняйте оба узла и затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
в) Натяжные узлы: Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. Установите вал с подшипниковыми узлами в сборе на натяжные рамы с помощью регулировочных винтов через отверстия в подшипниковых узлах. Тщательно выровняйте оба подшипниковых узла.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости повторного смазывания максимально допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В противном случае допускается несоосность до 5°.

Рис. 8



4 Выровняйте вал в подшипниках в осевом направлении (→ **рис. 8**).
5 Установите эксцентриковое стопорное кольцо на удлинение внутреннего кольца каждого подшипника и затяните его вручную в направлении вращения вала (→ **рис. 9**). Затем затяните стопорное кольцо с помощью накидного ключа (→ **рис. 10**), или с помощью молотка и пробойника. Затяните стопорные винты в стопорном кольце обоих узлов с моментами затяжки, указанными в **таблице 3** на **стр. 102**.
6 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.
7 Установите на место торцевую(-ые) крышку(-и) (при наличии).

Рис. 9

Шарикоподшипниковые узлы со штампованным стальным корпусом

При монтаже шарикоподшипниковых узлов со штампованным стальным корпусом (→ **рис. 2e**, **2m**, **2n** и **2o** на **стр. 97–99**) с фиксацией эксцентриковым стопорным кольцом (→ **рис. 1b**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 101**, а также следующим дополнительным указаниям:

Рис. 10

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Удалите стопорные кольца.
3 **а**) Стационарные узлы: Поместите корпуса подшипниковых узлов на опорные поверхности. Установите подшипник с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу в нижние половины корпусов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если в узле применяется каучуковое демпфирующее кольцо, сначала установите это кольцо на наружное кольцо подшипника (→ **рис. 11**).

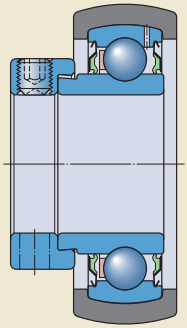
б) Фланцевые узлы: Установите вал между корпусами механизма. Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу.
4 Установите крышку корпуса или вторую половину корпуса на каждый из подшипников (→ **рис. 12**) и установите крепёжные болты или гайки, не затягивая их.
5 Тщательно выровняйте оба корпуса, например, с помощью вала и затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости повторного смазывания максимальная допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В противном случае допускается несоосность до 5°.

ВНИМАНИЕ: Узлы со штампованным стальным корпусом не компенсируют несоосность вала после полной затяжки крепежных болтов или гаек, если только стационарные корпуса не оснащаются каучуковым демпфирующим кольцом.

6 Если возможно, выровняйте вал в подшипниковых узлах в осевом направлении (→ **рис. 8** на **стр. 107**) и проверните его несколько раз.

Рис. 11



7 Установите эксцентриковое стопорное кольцо на удлинение внутреннего кольца каждого подшипника и затяните его вручную в направлении вращения вала. Затем затяните стопорное кольцо в конечное положение с помощью накидного ключа или с помощью молотка и пробойника. Затяните стопорный винт в стопорном кольце каждого узла с моментами затяжки, указанными в **таблице 3** на **стр. 102**.
8 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.

Монтаж шарикоподшипниковых узлов с закрепительной втулкой

При монтаже шарикоподшипниковых узлов с закрепительной втулкой (→ **рис. 1c**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 101,** а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Определите осевое положение закрепительных втулок на валу (→ **рис. 13**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа узел на закрепительной втулке будет смещен в осевом направлении вдоль вала. При использовании ступенчатого вала положение подшипника на валу задано, что значительно упрощает монтаж.

3 Удалите гайки и стопорные шайбы с закрепительных втулок.
4 Немного разожмите каждую закрепительную втулку, вставив плоскую отвёртку в прорезь втулки (→ **рис. 14**). Затем передвиньте втулки вдоль вала в нужное положение.
5 Надвинте первый подшипниковый узел на посадочное место на закрепительной втулке.
6 Установите на место стопорную шайбу и затяните стопорную гайку так, чтобы внутреннее кольцо подшипника плотно село на втулку.
7 Окончательно затяните стопорную гайку накидным ключом до достижения угла затяжки около 70° (→ **рис. 15**) или динамометрическим ключом с рекомендованным моментом затяжки (→ **таблица 4** на **стр. 103**). Во время затягивания гайки втулка не должна проворачиваться на валу, при этом вал перемещается по оси в соответствии с осевым смещением узла на коническом посадочном месте втулки.

Рис. 13

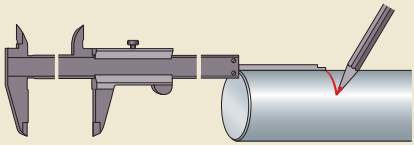


Рис. 14

Рис. 15

8 Застопорите гайку, загнув лапку на стопорной шайбе в одну из прорезей по окружности гайки (→ **рис. 16**).
9 Установите крепёжные болты или гайки, не затягивая их.
10 Установите подшипниковый узел на другой конец вала, где зафиксирована втулка.
11 Повторите действия, описанные в **пунктах 6**–**9**. При этом узел должен перемещаться на закрепительной втулке вдоль оси вала на заданную величину смещения на коническом посадочном месте втулки.
12 Тщательно выровняйте оба подшипниковых узла.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости повторного смазывания максимальная допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В противном случае допускается несоосность до 5°.

13 Затяните крепёжные болты или гайки с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
14 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.
15 Установите на место торцевую(-ые) крышку(-и) (при наличии).

Чтобы смонтировать фланцевый корпус шарикоподшипникового узла на закрепительной втулке, обратитесь в техническую службу компании SKF.

Рис. 16

Монтаж шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra

ВНИМАНИЕ: Ни в коем случае не пытайтесь разобрать узел. Кроме того, не затягивайте стопорные винты в стопорном кольце, если только узел не установлен на вал. Эти действия приведут к повреждению ступенчатой втулки SKF ConCentra.

Шарикоподшипниковые узлы SKF ConCentra со стационарными корпусами

При монтаже шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra со стационарными корпусами (→ **рис. 1d**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе **«Подготовка к монтажу»** *на* стр. 101, а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Установите узел с каждой стороны вала стопорным кольцом наружу (→ **рис. 17**).
3 Поместите первый подшипниковый узел в нужное положение и установите крепёжные болты, не затягивая их.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа подшипниковый узел будет смещён в осевом направлении на ступенчатой втулке SKF ConCentra вдоль вала (→ **рис. 18**).

Рис. 17

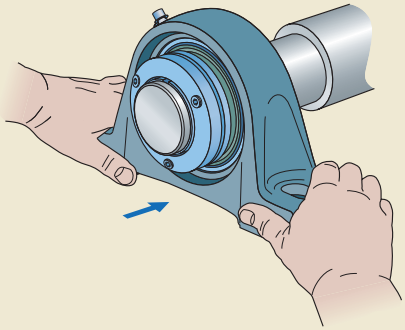
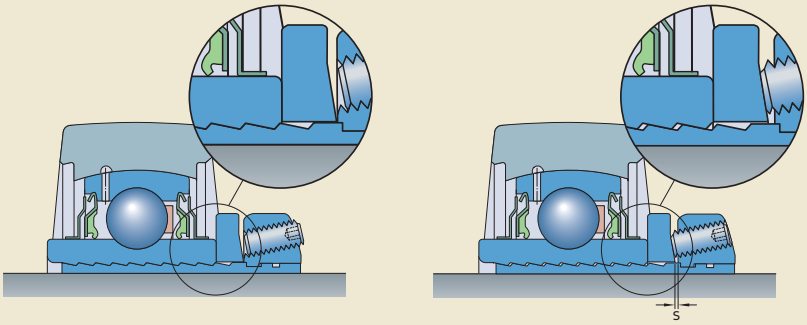


Рис. 18



4 Установите стопорное кольцо таким образом, чтобы стопорный винт не находился напротив прорези во втулке.
5 Коротким концом прилагаемого шестигранного ключа вручную затяните установочные винты (→ **рис. 19**).
6 С помощью длинной стороны шестигранного ключа затяните винты еще на 1/2 оборота попеременно за два шага (1/4 оборота и 1/4 оборота) в соответствии с монтажной схемой (→ **рис. 20**), начиная с винта, расположенного противоположно прорези во втулке.
7 Установите прилагаемый красный указатель момента затяжки на короткий конец шестигранного ключа (→ **рис. 21**) и затяните винты таким образом, чтобы шестигранный ключ коснулся указателя момента затяжки (→ **рис. 22**). При использовании динамометрического ключа рекомендованный момент затяжки составляет 8 Н·м
8 Выровняйте узел и затяните крепёжные болты или гайки с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
9 Установите подшипниковый узел на другом конце вала. Установите крепёжные болты или гайки, но не затягивайте их.
10 Повторите действия, описанные в **пунктах 4–7**. При этом узел должен иметь возможность перемещаться по оси вала на заданную величину осевого смещения (s) на втулке SKF ConCentra (→ **рис. 18** на **стр. 111**).
11 Тщательно выровняйте вал.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости повторного смазывания максимальная допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В противном случае допускается несоосность до 5°.

12 Затяните крепёжные болты или гайки с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
13 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.

Рис. 19

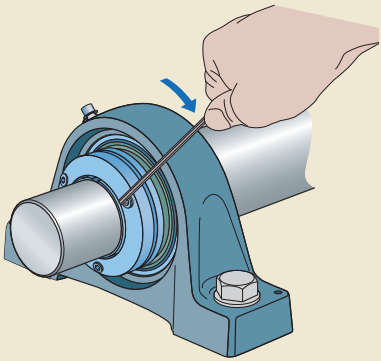


Рис. 20

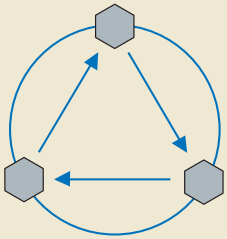


Рис. 21

Рис. 22

Шарикоподшипниковые узлы SKF ConCentra с фланцевыми корпусами

При монтаже шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra с фланцевыми корпусами (→ **рис. 1d**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 101**, а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Закрепите вал в монтажном положении между корпусами механизма.
3 Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала опорным кольцом наружу.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа узел будет смещён в осевом направлении на ступенчатой втулке SKF ConCentra вдоль вала (→ **рис. 18**), **стр. 111**).

4 Установите первый подшипниковый узел в нужное положение и затяните крепёжные болты или гайки с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
5 Установите стопорное кольцо таким образом, чтобы стопорный винт не находился напротив прорези во втулке.
6 Коротким концом прилагаемого шестигранного ключа вручную затяните установочные винты.
7 С помощью длинного конца шестигранного ключа затяните винты еще на 1/2 оборота попеременно за два шага (1/4 оборота и 1/4 оборота) в соответствии с монтажной схемой (→ **рис. 20**), начиная с винта, расположенного противоположно прорези во втулке.
8 Установите прилагаемый красный указатель момента затяжки на короткий конец шестигранного ключа (→ **рис. 21**) и затяните винты таким образом, чтобы шестигранный ключ коснулся указателя момента затяжки. При использовании динамометрического ключа рекомендованный момент затяжки составляет 8 Н·м
9 Надвиньте подшипниковый узел на другой конец вала в нужное положение. Установите крепёжные болты или гайки, не затягивая их.

10 Повторите действия, описанные в **пунктах 5–8**. При этом узел должен иметь возможность двигаться по оси вала (→ **рис. 23**) на заданную величину осевого смещения (s) на втулке SKF ConCentra (→ **рис. 18** на **стр. 111**).
11 Тщательно выровняйте вал.

ПРИМЕЧАНИЕ: При необходимости повторного смазывания максимальная допустимая несоосность вала относительно корпуса узла составляет 2°. В противном случае допускается несоосность до 5°.

12 Затяните крепёжные болты или гайки с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.
13 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.

Монтаж роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra

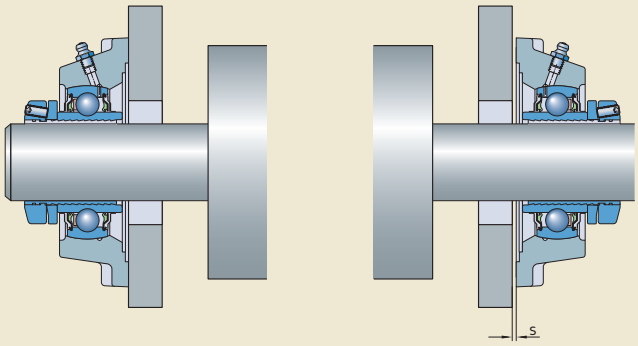
ВНИМАНИЕ: Ни в коем случае не пытайтесь разобрать узел. Кроме того, не затягивайте стопорные винты в опорном кольце, если только узел не установлен на вал. Эти действия приведут к повреждению ступенчатой втулки SKF ConCentra.

Роликоподшипниковые узлы SKF ConCentra со стационарными корпусами

При монтаже роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra со стационарными корпусами (→ **рис. 1e**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе **«Подготовка к монтажу»** на **стр. 101**, а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Определите положение фиксирующего и плавающего подшипниковых узлов на валу. Фиксирующий узел должен всегда располагаться на валу со стороны привода.
3 Установите узел с каждой стороны вала стопорным кольцом наружу (→ **рис. 24**).

Рис. 23



ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа узел будет смещён в осевом направлении на ступенчатой втулке SKF ConCentra вдоль вала (→ **рис. 25**).

4 Установите крепёжные болты или гайки, не затягивая их.
5 Установите фиксирующий подшипниковый узел на оси вала, выровняв его на опорной поверхности. Узлы SYNT имеют удобную вертикальную маркировку на лапах для крепления корпуса (→ **рис. 26**).
6 Закрепите фиксирующий подшипник на валу.

Рис. 24

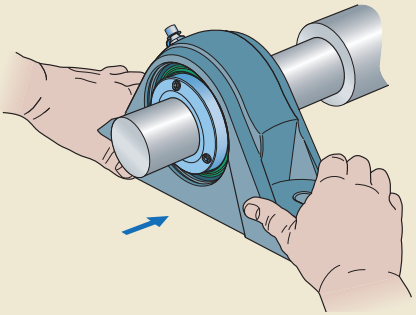
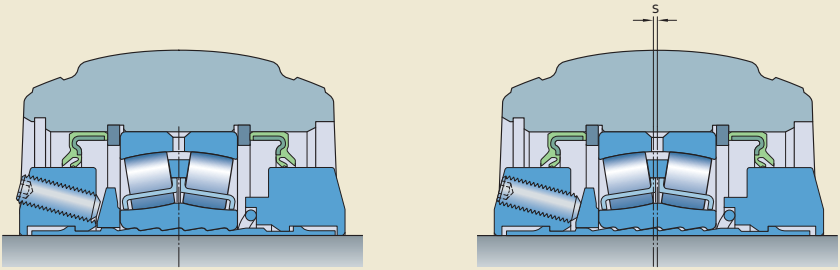


Рис. 26

Рис. 25



7 Установите стопорное кольцо таким образом, чтобы стопорный винт не располагался напротив прорези во втулке. С помощью короткого конца прилагаемого шестигранного ключа вручную затяните установочные винты. Используя монтажную схему (→ **рис. 27**), начните затяжку с винта, установленного с противоположной стороны прорези во втулке. Установите прилагаемый красный указатель момента затяжки на короткий конец шестигранного ключа (→ **рис. 21** на **стр. 113**) и затяните винт таким образом, чтобы шестигранный ключ коснулся указателя момента затяжки (→ **рис. 28**). При затяжке стопорных винтов с помощью динамометрического ключа (→ **рис. 29**) используйте головку 3 мм. Сначала затяните винты вручную согласно монтажной схеме. Затем окончательно затяните каждый винт до рекомендованного момента затяжки 8 Н·м

8 Проверьте ещё раз выравнивание фиксирующего узла. Максимальная допустимая несоосность вала относительно корпусов узлов составляет 1,5°.

9 Определите среднее положение места посадки плавающей опоры. Закрепите вал. Захватите стопорные кольца с обеих сторон ненагруженного корпусного подшипника и переместите его из одного крайнего положения закреплённого корпуса в другое. Если предусматривается только тепловое расширение вала, компания SKF рекомендует, чтобы крайнее положение подшипника располагалось со стороны фиксирующей опоры (→ **рис. 30**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа узел будет смещён в осевом направлении на ступенчатой втулке SKF ConCentra вдоль вала (→ **рис. 25**), **стр. 115**).

10 Закрепите плавающий подшипник на валу, как описано в **пункте 7**.

11 Тщательно выровняйте узел. Затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.

Рис. 27

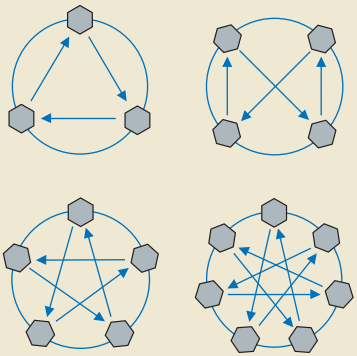


Рис. 28

Рис. 29

12 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.
13 Установите на место торцевую(-ые) крышку(-и) (при наличии).

Роликоподшипниковые узлы SKF ConCentra с фланцевыми корпусами

При монтаже роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra с фланцевыми корпусами (→ **рис. 1e**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* **на** стр. 101, а также следующим дополнительным указаниям:

1 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
2 Определите положение фиксирующего и плавающего узлов на валу. Фиксирующий узел должен всегда располагаться на валу со стороны привода.
3 Закрепите вал в монтажном положении между корпусами механизма.
4 Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала в нужное место стопорным кольцом наружу.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа узел будет смещён в осевом направлении на ступенчатой втулке SKF ConCentra вдоль вала.

5 Установите крепёжные болты или гайки, не затягивая их (→ **рис. 31**).

Рис. 31

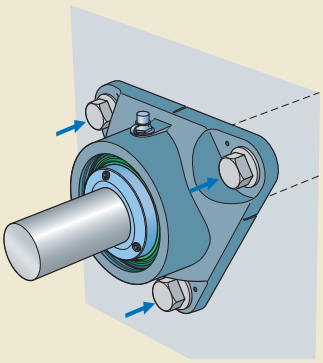
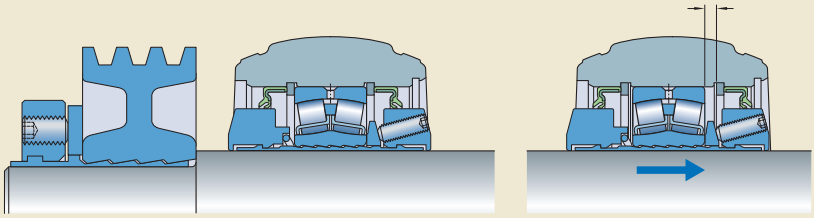


Рис. 30



6 Закрепите фиксирующий подшипник на валу. Установите стопорное кольцо таким образом, чтобы стопорный винт не находился напротив прорези во втулке. С помощью короткой стороны прилагаемого шестигранного ключа вручную затяните установочные винты. С помощью длинной стороны шестигранного ключа затяните винты еще на 1/2 оборота попеременно за два шага (1/4 оборота и 1/4 оборота) в соответствии с монтажной схемой (→ **рис. 27** на **стр. 116**), начиная затяжку с винта, противоположного прорези во втулке. Установите прилагаемый красный указатель момента затяжки на короткий конец шестигранного ключа и затяните винт таким образом, чтобы шестигранный ключ коснулся указателя момента затяжки (→ **рис. 32**). При использовании динамометрического ключа (→ **рис. 33**) рекомендованный момент затяжки составляет 8 Н·м.

7 Проверьте ещё раз выравнивание фиксирующего узла. Максимальная допустимая несоосность вала относительно корпусов узлов составляет 1,5°.

8 Определите среднее положение места посадки плавающей опоры на валу. Закрепите вал. Захватите стопорное кольцо ненагруженного корпусного подшипника и переместите его из одного крайнего положения закреплённого корпуса в другое. Если предусматривается только тепловое расширение вала, компания SKF рекомендует, чтобы крайнее положение подшипника располагалось со стороны фиксирующей опоры.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо учитывать, что во время монтажа узел будет смещён в осевом направлении на ступенчатой втулке SKF ConCentra вдоль вала.

9 Закрепите плавающий подшипник на валу, как описано в **пункте 6**.

10 Тщательно выровняйте узел. Затяните крепёжные болты с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**.

Рис. 32

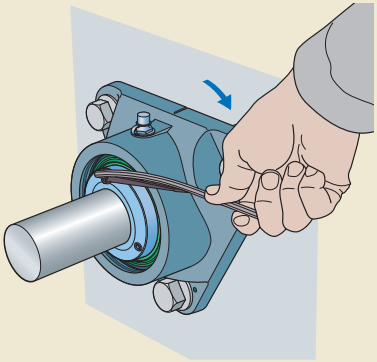
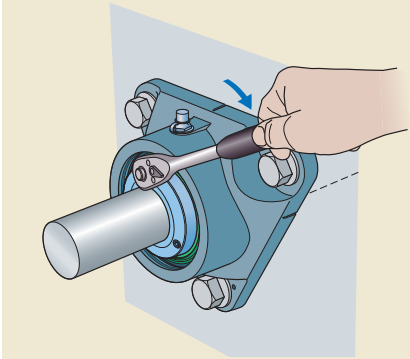


Рис. 33



11 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.

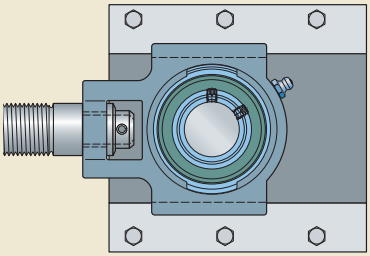
12 Установите торцевую крышку (при наличии) в расточку отверстия корпуса.

Монтаж роликоподшипниковых узлов с цилиндрическим стопорным кольцом

При монтаже роликоподшипниковых узлов с цилиндрическим стопорным кольцом (→ **рис. 1f**, **стр. 95**) тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* **на** стр. 101, а также следующим дополнительным указаниям:

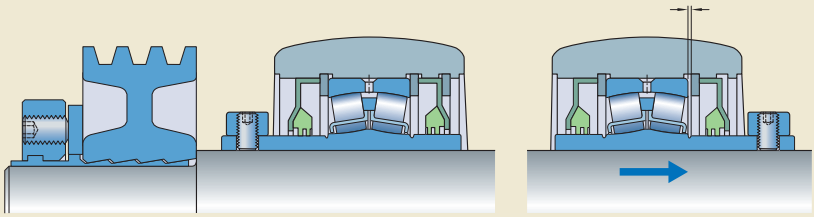
1 Определите положение фиксирующего и плавающего подшипниковых узлов на валу. Фиксирующий узел должен всегда располагаться на валу со стороны привода.
2 Установите на вал все сборочные детали, расположенные между двумя подшипниковыми узлами.
3 **а**) Стационарные узлы: Установите узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. Тщательно выровняйте оба узла. Установите крепёжные болты и затяните их с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**. Максимальная допустимая несоосность вала относительно корпусов узлов составляет 1,5°.
б) Фланцевые узлы: Закрепите вал в монтажном положении между корпусами механизма. Установите подшипниковый узел с каждой стороны вала. При отсутствии заплечиков тщательно выровняйте оба узла. Установите крепёжные болты и затяните их с рекомендованными значениями момента затяжки, указанными в **таблице 5** на **стр. 105**. Максимальная допустимая несоосность вала относительно корпусов узлов составляет 1,5°.
в) Натяжные узлы: Установите узел с каждой стороны вала фиксирующим устройством наружу. Установите вал с подшипниковыми узлами в сборе на натяжные рамы с помощью регулировочных винтов через отверстия в подшипниковых узлах (→ **рис. 34**). Тщательно выровняйте оба подшипниковых узла. Максимальная допустимая несоосность вала относительно корпусов узлов составляет 1,5°.
4 Выровняйте вал в подшипниковых узлах в осевом направлении.

Рис. 34



5 Затяните стопорные винты в цилиндрической стопорной втулке, которая обжимает вал, через отверстия во внутреннем кольце фиксирующего узла с моментами затяжки, указанными в **таблице 3** на **стр. 102**.
6 Определите среднее положение места посадки на валу плавающей опоры, установив вал на опоры и перемещая ненагруженный подшипник из одного крайнего положения корпуса в другое. Если предусматривается только тепловое расширение вала, компания SKF рекомендует, чтобы крайнее положение подшипника располагалось со стороны фиксирующей опоры (→ **рис. 35**).
7 Закрепите плавающий подшипник на валу, как описано в **пункте 3**.
8 При возможности проверьте свободное вращение вала, провернув его несколько раз вручную.

Рис. 35



Сборка шарикоподшипниковых узлов

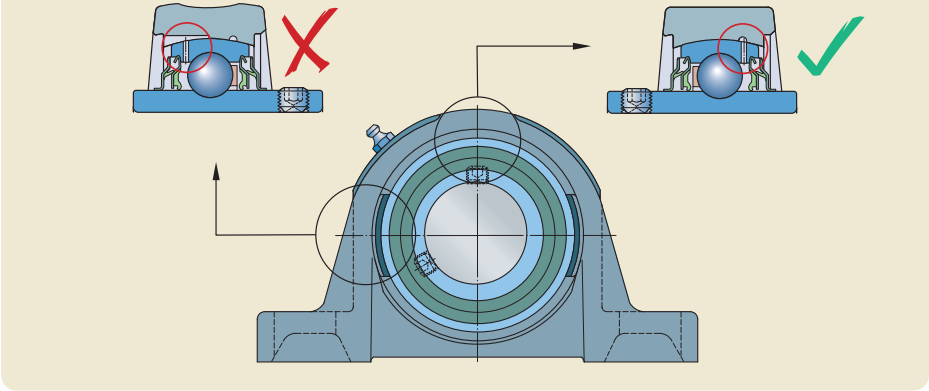
Если подшипники и корпуса типа Y, изготовленные из серого чугуна или композитного материала, поставляются не в сборе, сначала необходимо выполнить их сборку. Для этого необходимо вставить подшипник в паз в отверстии корпуса (→ **рис. 36**). В шарикоподшипниках с эксцентриковым стопорным кольцом сначала необходимо удалить стопорное кольцо. Чтобы повернуть подшипник в нужное положение, при котором фиксирующее устройство направлено в сторону паза, можно использовать круглый деревянный брус или обрезок трубы и т. п. (→ **рис. 37**).

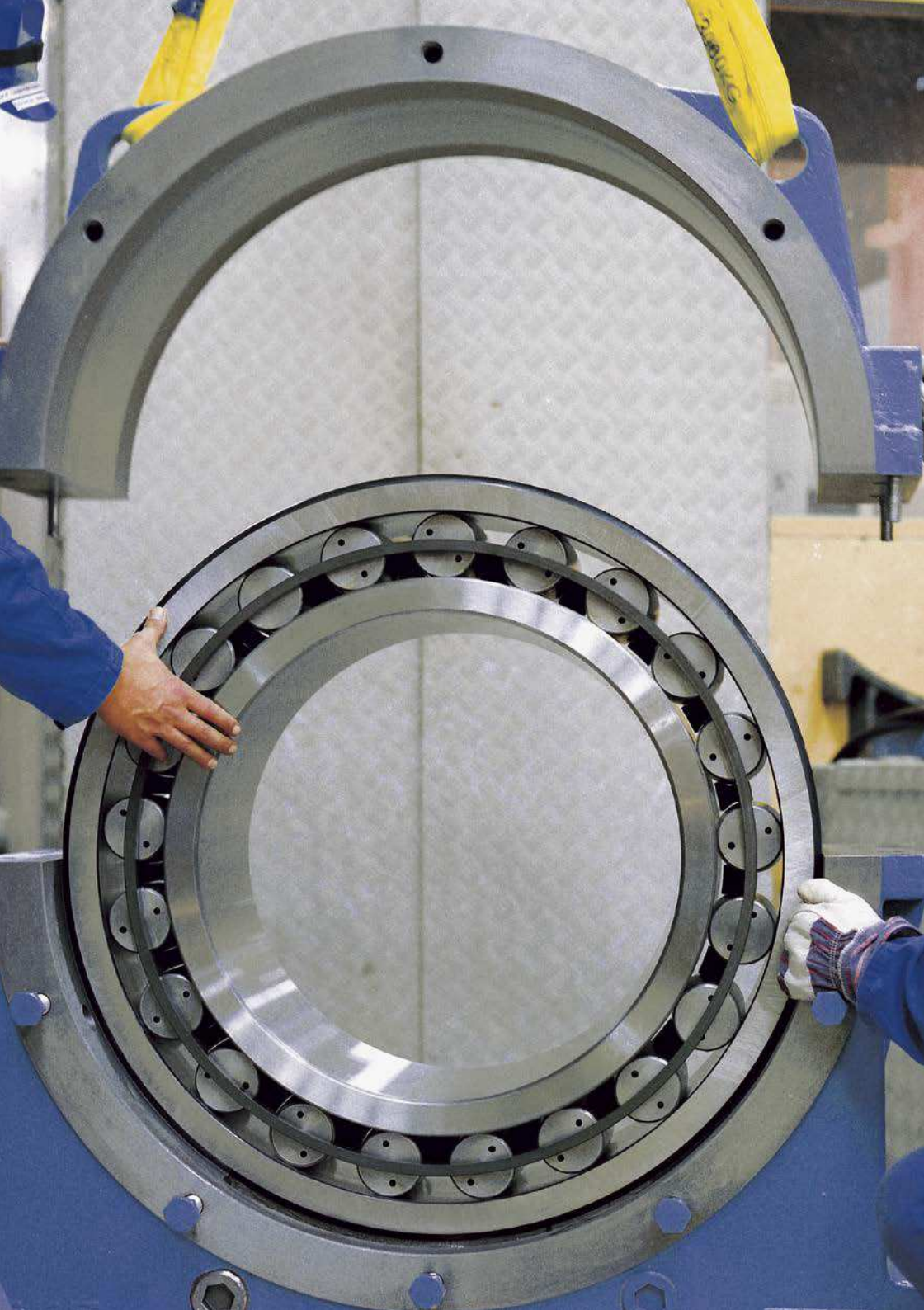
ВНИМАНИЕ: При установке подшипника проследите, чтобы отверстие для подвода смазки на корпусе узла располагалось на противоположной стороне относительно фиксирующего устройства на внутреннем кольце подшипника (→ **рис. 38**).

Рис. 36

Рис. 37

Рис. 38





Монтаж корпусов подшипников

Введение 124

Выбор запасных частей 124

Подготовка к монтажу 130

Использование регулировочных прокладок 130

Болты 131

Использование фиксирующих колец . . 132

Использование торцевых крышек 133

Установка разъёмных или неразъёмных уплотнений 133

Монтаж стандартных стационарных разъёмных корпусов 134

Монтаж стационарных корпусов SONL . 137

Введение

Стандартный ассортимент корпусов подшипников SKF включает:

- разъёмные стационарные корпуса
- неразъёмные стационарные корпуса
- фланцевые корпуса
- натяжные корпуса

Корпуса подшипников SKF в основном изготовляются из серого чугуна. Наиболее распространённые стационарные корпуса также изготовляются из чугуна со сфероидальным графитом или стального литья для областей применения, требующих высокой прочности. Корпуса подшипников в основном предназначены для установки самоустанавливающихся шарикоподшипников, сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB.

В поставку большинства корпусов SKF входит инструкция по монтажу. В этом разделе также содержится информация относительно монтажа и сборки разъёмных стационарных корпусов. Обращайтесь в техническую службу компании SKF по вопросам монтажа специальных корпусов SKF для особого применения, например:

- конвейеры и барабаны
- конвертеры
- прокатные станы и роторные печи
- бумагоделательные машины
- ветротурбины
- шестерни открытых редукторов

Дополнительная информация о продукции для техобслуживания и смазочных материалах SKF приведена на сайтах www.skf.ru и www.mapro.skf.ru.

Подробные инструкции по монтажу корпусов подшипников специального назначения приведены на сайте www.skf.ru/mount.

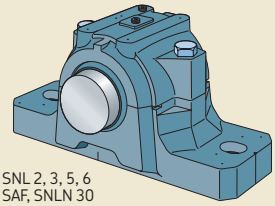
Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов (→ *раздел «Обучение»*, начиная со **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Выбор запасных частей

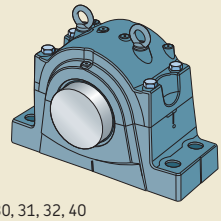
Доступен широкий выбор различных типов корпусов SKF. Они могут использоваться с различными уплотнениями для различных подшипниковых узлов. Поэтому нужно внимательно относиться к выбору корпуса для замены. Новый корпус должен соответствовать исходной заводской комплектации в отношении следующих параметров:

- тип корпуса (→ **рис. 1** и **таблица 1**, **стр. 126**)
- исполнение корпуса (→ **таблица 2** на **стр. 127**)
- подшипниковый узел (→ **рис. 2**, **стр. 127**)
- тип и конфигурация уплотнения (→ **таблица 3**, **стр. 128** и **рис. 3**, **стр. 129**)

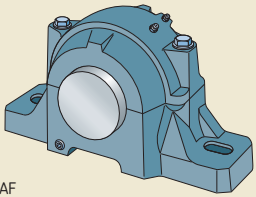
Рис. 1



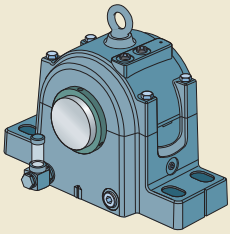
SNL 2, 3, 5, 6
SAF, SNLN 30



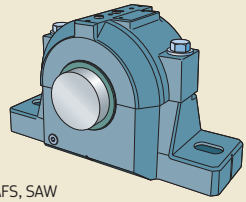
SNL 30, 31, 32, 40



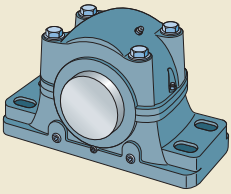
SAF



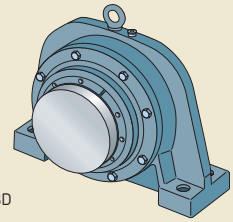
SONL



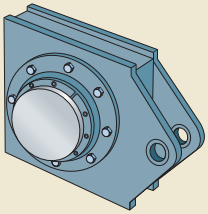
SAFS, SAW



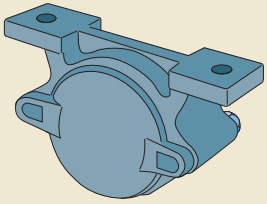
SDAF



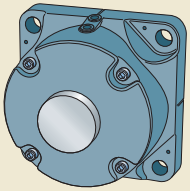
SBD



THD



TVN



FNL

Таблица 1

Стандартные корпуса подшипников SKF

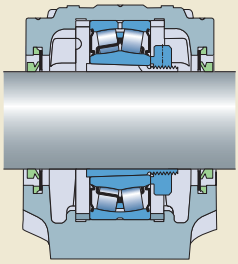
Корпус Тип/серия	Заменен на	Описание
FNL		Чугунный фланцевый корпус треугольной или квадратной формы с двухкромочными уплотнениями
FSNL		Чугунный стационарный корпус с четырьмя отверстиями в основании под крепёжные болты
SAF		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SAFS		Стальной стационарный разъёмный корпус
SAW		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SBD		Чугунный стационарный неразъёмный корпус с лабиринтными уплотнениями
SD 31	**SNL 31**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SDAF		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SDG	**SNL 32, 40**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SDJC 31	**SNL 31**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SN 2, 3, 5, 6	**SNL 2, 3, 5, 6**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SN 30	**SNLN 30**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNA 2, 3, 5, 6	**SNL 2, 3, 5, 6**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNH 2, 3, 5, 6	**SNL 2, 3, 5, 6**	Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNL 2, 3, 5, 6		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNLN 30		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNL 30		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNL 31		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNL 32		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNL 40		Чугунный стационарный разъёмный корпус
SNLD		Стационарный разъёмный корпус из чугуна со сфероидальным графитом
SNT		Стальной стационарный разъёмный корпус с войлочными уплотнениями
SOFN	**SONL**	Чугунный стационарный разъёмный корпус для смазывания маслом с лабиринтными уплотнениями
SONL		Чугунный стационарный разъёмный корпус для смазывания маслом с лабиринтными уплотнениями
SSNHD	**SSNLD**	Разъёмный стационарный корпус из чугуна со сфероидальным графитом с цельным основанием
SSNLD		Разъёмный стационарный корпус из чугуна со сфероидальным графитом с цельным основанием
THD		Чугунный натяжной корпус
TVN		Чугунный стационарный неразъёмный корпус с войлочными уплотнениями
7225	**FNL**	Чугунный фланцевый корпус треугольной или квадратной формы с войлочными уплотнениями

Таблица 2

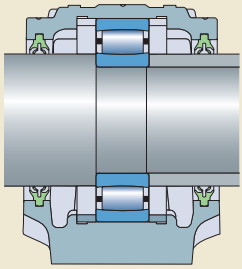
Стандартные исполнения корпусов подшипников SKF

Обозначение Суффикс	**Описание**
A	Корпус для установки на конце вала
B	Корпус для сквозного вала
F	Корпус для фиксирующего подшипника
G	Корпус для подшипника с цилиндрическим отверстием на ступенчатом валу
K7	Корпус с диаметром посадочного отверстия класса точности K7
L	Корпус для плавающего подшипника
/MS1	Два отверстия в основании под крепёжные болты
/MS2	Четыре отверстия в основании под крепёжные болты
SN	Корпус с резьбовым отверстием под датчик
TURA	Корпус для смазывания маслом с лабиринтными уплотнениями
TURT	Корпус для смазывания маслом с лабиринтными уплотнениями
TURU	Корпус для смазывания маслом с лабиринтными уплотнениями
V	Корпус с отверстием для выхода смазки в основании

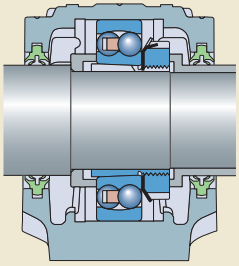
Рис. 2



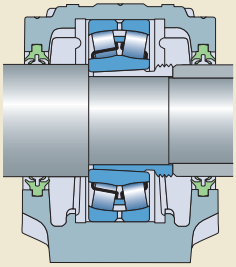
Подшипник на закрепительной втулке на гладком валу



Подшипник на цилиндрическом посадочном месте на ступенчатом валу



Подшипник на закрепительной втулке на ступенчатом валу



Подшипник на стяжной втулке на ступенчатом валу

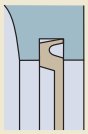
Таблица 3

Стандартные уплотнения для корпусов подшипников SKF

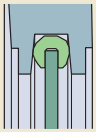
Обозначение серии	Описание
Уплотнения для метрических корпусов	
ASNH	Торцевая крышка для корпусов SNL
ETS	Торцевая крышка для крупногабаритных корпусов SNL
FS	Войлочная полоса (разъёмная)
TS	Лабиринтное уплотнение для крупногабаритных корпусов SNL (неразъёмное)
TFL	Двухкромочное уплотнение для фланцевых корпусов (неразъёмное)
TNF	Усиленное таконитовое уплотнение с радиальным лабиринтом для крупногабаритных корпусов SNL (неразъёмное)
TSD .. U	U-образное лабиринтное масляное уплотнение[1)]
TSN .. A	V-образные уплотнения (неразъёмное)
TSN .. C	Войлочные уплотнения (разъёмные)
TSN .. CB	Войлочные уплотнения с пропиткой графитом (разъёмные)
TSN .. L	Четырёхкромочные уплотнения (разъёмные)
TSN .. NC	Усиленное таконитовое уплотнение с осевым лабиринтом (неразъёмное)
TSN .. ND	Усиленное таконитовое уплотнение с радиальным лабиринтом (неразъёмное)
TSN .. S	Лабиринтное уплотнение (неразъёмное)
TSN .. TURU	U-образное лабиринтное масляное уплотнение[1)]
Уплотнения для дюймовых корпусов	
B-17024-	Контактный элемент из бутадиенакрилонитрильного каучука для уплотнения PosiTrac Plus (неразъёмное)
EPR	Торцевая крышка (уплотнительная заглушка)
LER	Лабиринтное уплотнение (неразъёмное)
LOR	Уплотнение PosiTrac: лабиринтное кольцо с O-образным кольцом внутри отверстия (неразъёмное)
TER	Таконитовое уплотнение с внутренним войлочным уплотнением и внешним контактным уплотнением (неразъёмное)
TER-V	Таконитовое уплотнение с внутренним войлочным уплотнением и внешним V-образным кольцом (неразъёмное)

[1)] Поставляется только в сборе, т. е. модифицированный корпус с уплотнениями

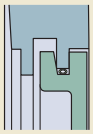
Рис. 3



ASNH

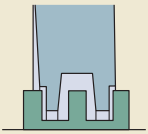


EPR

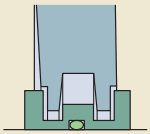


ETS

FS

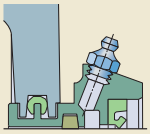


LER

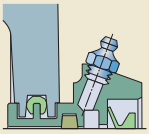


LOR

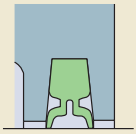
LOR + B-17024-



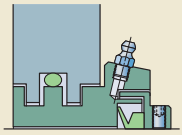
TER



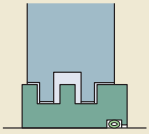
TER-V



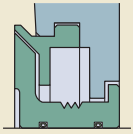
TFL



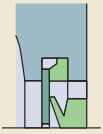
TNF



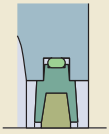
TS



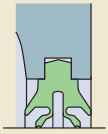
TSD .. U



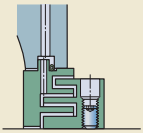
TSN .. A



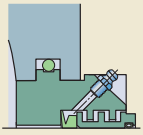
TSN .. C



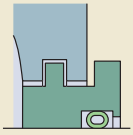
TSN .. L



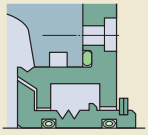
TSN .. NC



TSN .. ND



TSN .. S



TSN .. TURU

Подготовка к монтажу

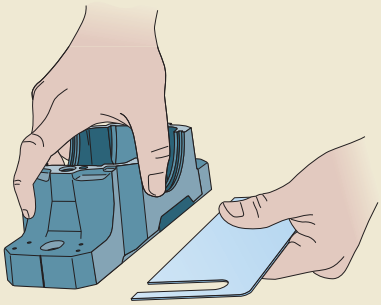
При подготовке к монтажу выполните следующее:

- Убедитесь в чистоте рабочего места для монтажа.
- Изучите все чертежи и инструкции, чтобы определить верную последовательность сборки различных компонентов.
- Проверьте наличие всех необходимых деталей и инструментов.
- Очистите опорную поверхность для установки корпуса. Опорная поверхность не должна быть окрашена.
- Убедитесь, что опорная поверхность удовлетворяет требованиям по плоскостности и жёсткости. Чтобы не допустить деформирования посадочного отверстия в корпусе, компания SKF рекомендует обеспечивать плоскостность поверхности в пределах квалитета допуска IT7 (→ **Приложение C**, **стр. 385**). Шероховатость поверхности не должна превышать значения $R_a \leq 12{,}5$ мкм.
- Перед тем, как повторно использовать корпус, тщательно очистите его и замените все детали, подверженные износу, например, контактные уплотнения, O-образные кольца или эластомерные шнуры.

Использование регулировочных прокладок

Высоту центра отверстия стационарного корпуса от опорной поверхности можно регулировать с помощью регулировочных прокладок. Регулировочные прокладки должны полностью закрывать контактную поверхность между основанием корпуса и опорной поверхностью (→ **рис. 4**).

Рис. 4



Болты

Если отсутствуют рекомендации по крепёжным болтам и гайкам, компания SKF рекомендует использовать следующие детали для крепления корпуса к опорной поверхности (→ **рис. 5**):

- болты с шестигранной головкой в соответствии со стандартом EN ISO 4014:2000
- болты с шестигранным отверстием под ключ в головке в соответствии со стандартом EN ISO 4762:1998
- гайки с шестигранной головкой в соответствии со стандартом EN ISO 4032:2000
- плоские шайбы в соответствии со стандартом EN ISO 7089

Если нагрузка на корпус направлена перпендикулярно к опорной поверхности корпуса, можно использовать болты или гайки класса прочности 8.8. Если нагрузка направлена не перпендикулярно к опорной поверхности, следует использовать болты или гайки класса прочности 10.9.

Затягивайте все болты крышек и крепёжные болты с рекомендованными моментами затяжки, указанными в **таблице 4**. Для дюймовых размеров корпусов используются болты различных классов. Затягивайте болты крышки на этих корпусах с моментами затяжки, указанными в инструкции по монтажу, прилагаемой к этим корпусам.

Рис. 5

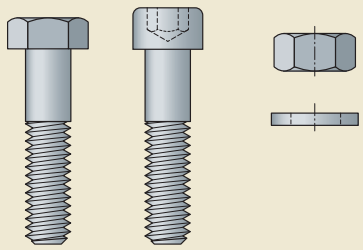


Таблица 4

Рекомендованные моменты затяжки для крепёжных болтов и болтов крышки, класс 8.8

Размер болта	**Момент затяжки**			
	Крепёжные болты		Болты крышки[1)]	
мм/дюймы	Н·м	фут-фунт-сила	Н·м	фут-фунт-сила
10	45	34	50	37
12	80	60	80	60
16	200	150	150	110
20	385	285	200	150
24	665	485	350	260
30	1 310	970	400	300
36	2 280	1 690	600	445
42	3 640	2 700	850	630
48	5 450	4 030	1 250	920
56	8 710	6 420	–	–
64	13 100	9 660	–	–
72	18 800	13 900	–	–
1/2	95	70	–	–
5/8	185	135	–	–
3/4	320	235	–	–
7/8	515	380	–	–
1	770	570	–	–
1 1/8	1 090	800	–	–
1 1/4	1 530	1 130	–	–
1 3/8	2 020	1 490	–	–
1 1/2	2 650	1 950	–	–

[1)] Для дюймовых корпусов рекомендованный момент затяжки указывается в документации, прилагаемой к корпусу.

Использование фиксирующих колец

Ширина посадочного места под наружное кольцо подшипника для большинства стандартных корпусов SKF достаточна, чтобы обеспечить осевое смещение «s» наиболее широкого подшипника, который подходит для этого корпуса (→ **рис. 6**). Для фиксирующих подшипниковых узлов, которые должны обеспечивать осевую фиксацию вала в обоих направлениях, следует использовать фиксирующие кольца, позволяющие закрепить наружное кольцо подшипника в посадочном месте корпуса (→ **рис. 7**). Фиксирующие кольца SKF обозначаются префиксом FRB, за которым следует размер (ширина/наружный диаметр) в миллиметрах, напр.: FRB 11.5/100 (→ **рис. 8**).

Тороидальные роликоподшипники CARB являются исключением. Эти плавающие подшипники не могут воспринимать осевые нагрузки, однако допускают относительное осевое смещение колец внутри подшипника. Поэтому наружное кольцо должно быть зафиксировано в осевом направлении на посадочном месте с помощью фиксирующих колец.

Обычно для одного корпуса требуются два фиксирующих кольца, по одному с каждой стороны подшипника. Если требуется только одно фиксирующее кольцо, его нужно вставить со стороны стопорной гайки. При монтаже в корпусе, открытая часть разрезного фиксирующего кольца направлена вверх (→ **рис. 12**, **стр. 134**).

Крупногабаритные корпуса SNL, начиная с размеров 3076, 3168, 3264 и 4076, доступны в двух вариантах в зависимости от положения подшипника. Посадочное место в корпусе обрабатывается с учётом того, что корпуса для фиксирующих подшипников обозначаются суффиксом F и для них не требуются фиксирующие кольца. Корпуса для плавающих подшипников обозначаются суффиксом L.

ВНИМАНИЕ: При монтаже тороидальных роликоподшипников CARB следует использовать фиксирующий корпус (суффикс обозначения F).

Рис. 6

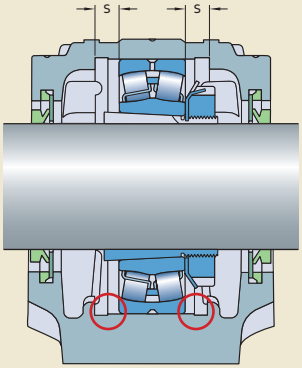


Рис. 7

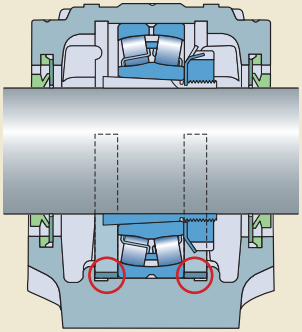
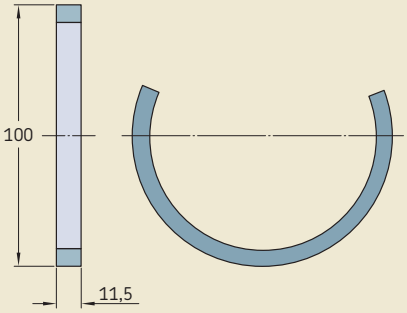


Рис. 8

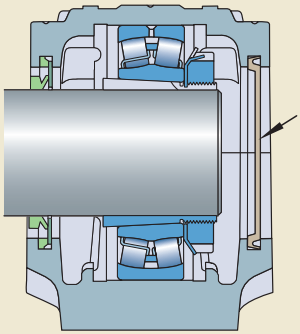


FRB 11.5/100

Использование торцевых крышек

Корпуса подшипников SKF на конце вала должны быть оснащены торцевой крышкой (заглушкой). Торцевые крышки обычно устанавливаются в канавку под уплотнения (→ **рис. 9**).

Рис. 9



Установка разъёмных или неразъёмных уплотнений

Разъёмные стационарные корпуса доступны с разъёмными или неразъёмными уплотнениями. Разъёмные уплотнения проще в монтаже — половинки уплотнения устанавливаются в канавки под уплотнения в основании и крышке корпуса. Неразъёмные уплотнения надвигаются на место установки по валу.

Монтаж стандартных стационарных разъёмных корпусов

При монтаже стационарных корпусов тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 130**, а также следующим дополнительным указаниям:

ПРИМЕЧАНИЕ: Уплотнения для стационарных корпусов обычно поставляются в комплекте с инструкцией по монтажу.

1 Подготовка вала:
- Установите сборочные детали, которые расположены на валу между двумя подшипниками, включая неразъёмные уплотнения с внутренней стороны подшипников.
- Смонтируйте подшипники с каждой стороны вала. Заполните подшипники пластичной смазкой.
- В случае ступенчатого вала, при необходимости установите распорные кольца.

ПРИМЕЧАНИЕ: Распорные кольца не входят в комплект корпуса.

- Если используются неразъёмные уплотнения, смонтируйте внешние уплотнения с каждой стороны вала. Если корпус устанавливается на конце вала, уплотнение не устанавливается. Вместо него в основание корпуса вставляется торцевая крышка.

2 Определите расположение корпусов:
- Если корпус используется для ступенчатого вала и отверстия в корпусе имеют различные диаметры, расположение корпуса фиксируется диаметрами отверстий корпуса.
- Если отверстия в корпусе с обеих сторон одинаковые, нужно учитывать положение пресс-маслёнки в крышке. При повторном смазывании с торца самоустанавливающихся шарикоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB корпус должен быть размещён так, чтобы пресс-маслёнка располагалась с противоположной стороны от стопорной гайки.
- Если корпус расположен на конце вала, пресс-маслёнка в крышке должна быть расположена на торцевой крышке корпуса.

Рис. 10

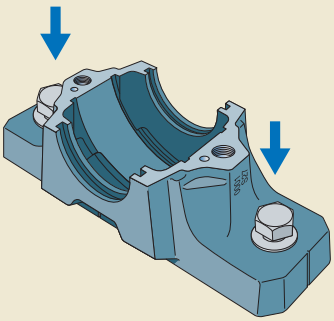


Рис. 11

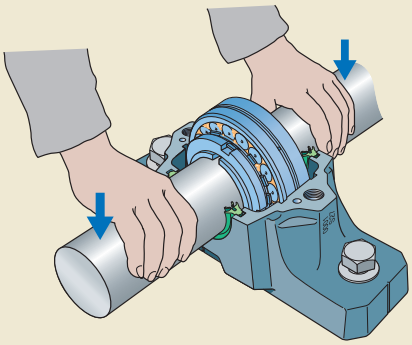
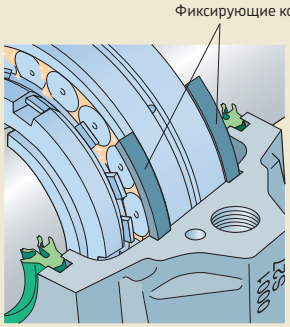


Рис. 12



3 Установите основание корпуса на опорной поверхности. Вставьте крепёжные болты (→ **рис. 10**), но не затягивайте их. Если используются разъёмные уплотнения, вставьте половину уплотнения в канавку каждого корпуса.

4 Установите подготовленный вал в основание(-я) корпуса (→ **рис. 11**). Будьте осторожны, чтобы не повредить уже установленные уплотнения.

5 При необходимости установите фиксирующее кольцо с каждой стороны фиксирующего подшипника (→ *Использование фиксирующих колец*, **стр. 132**). Убедитесь, что открытая сторона фиксирующего кольца направлена вверх (→ **рис. 12**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Для плавающих тороидальных роликоподшипников CARB требуется фиксирующее кольцо с каждой стороны подшипника.

6 Тщательно выровняйте основания корпуса. Слегка затяните крепёжные болты.

ПРИМЕЧАНИЕ: На лицевой стороне и торцах основания корпусов SNL и многих других корпусов SKF имеются вертикальные метки, указывающие на центр посадочного места подшипника (→ **рис. 13**).

7 Заполните основания корпусов рекомендованным количеством смазки. Компания SKF рекомендует заполнить свободное пространство корпуса на:
- 40 % при повторном смазывании с торца подшипника.
- 20 % при повторном смазывании через кольцевую канавку и смазочные отверстия в наружном кольце подшипника.

ПРИМЕЧАНИЕ: На некоторых корпусах имеется маркировка, указывающая на 40 % заполнения (→ **рис. 14**).

8 При необходимости, установите торцевую крышку в канавку для уплотнения в основании корпуса.

Рис. 13

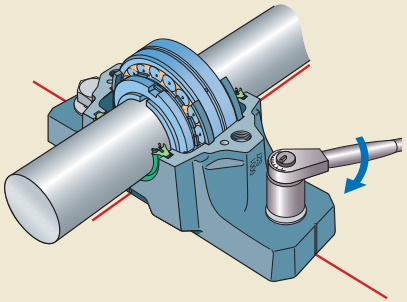


Рис. 14

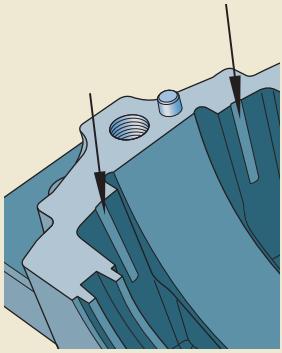
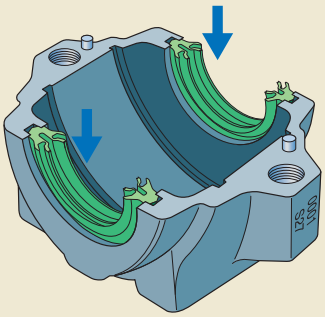


Рис. 15



9 При использовании разъёмных уплотнений вставьте вторые половины уплотнений в канавки для уплотнений крышек корпусов (→ **рис. 15** на **стр. 135**). Если применимо, заполните смазкой пространство между кромками внутреннего уплотнения.
10 Установите на каждое основание корпуса крышку (→ **рис. 16**) и притяните её болтами с рекомендованным моментом затяжки (→ **таблица 4** на **стр. 131**).

ВНИМАНИЕ: Крышки и основания не взаимозаменяемы. Убедитесь, что крышка и основание имеют одинаковый серийный номер.

11 Ещё раз проверьте выравнивание корпусов и полностью затяните крепёжные болты (→ **рис. 17**) с рекомендованным моментом затяжки, указанным в **таблице 4** на **стр. 131**.
12 При необходимости, завершите сборку уплотнения, которая может включать следующие процедуры:
- Для V-образных уплотнений: нанесите смазку на сопряжённую поверхность, затем установите уплотнение на место.
- Для лабиринтных колец: вытяните и вставьте пустотелую силиконовую трубку во внутреннюю канавку каждого лабиринтного кольца с помощью отвёртки, проворачивая вал.
- Для заполняемых смазкой уплотнений: подайте пластичную смазку через пресс-маслёнку в полость уплотнения, проворачивая вал.

13 Компания SKF рекомендует повторно затянуть крышку и крепёжные болты через один-два дня с соответствующим моментом затяжки.

Рис. 16

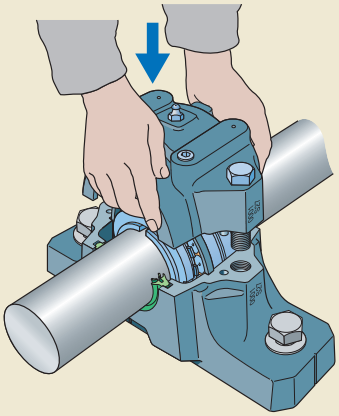
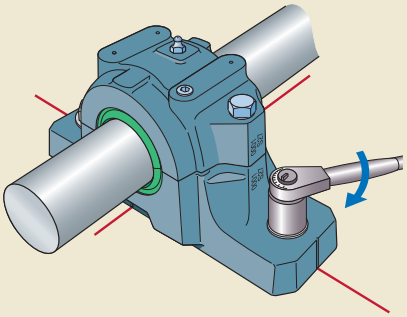


Рис. 17



Монтаж стационарных корпусов SONL

При монтаже стационарных корпусов SONL тщательно следуйте указаниям в разделе *«Подготовка к монтажу»* на **стр. 130**, а также следующим дополнительным указаниям:

ПРИМЕЧАНИЕ: Уплотнения для стационарных корпусов обычно поставляются в комплекте с инструкцией по монтажу.

1 Установите сборочные детали, которые расположены на валу между двумя подшипниками.
2 Определите положение подшипников или втулок на валу и отметьте его.

3 Передвиньте внутренние распорные втулки с лабиринтным фланцем (**a**) совместно с уплотнительными кольцами (**b**) и O-образными кольцами (**c**) с каждой стороны вала и поместите маслоподающие кольца (**d**) на распорные втулки с лабиринтным фланцем (→ **рис. 18**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Не устанавливайте маслоподающее кольцо (**d**) при использовании циркуляционной системы смазывания.

4 Смонтируйте подшипники на вал или закрепительную втулку (→ **рис. 19**).
5 Передвиньте внешние распорные втулки с лабиринтным фланцем с каждой стороны вала и установите уплотнительные кольца и O-образные кольца на распорные втулки. Если корпус располагается на конце вала, не устанавливайте лабиринтное кольцо, а установите в основание корпуса торцевую крышку с двумя O-образными кольцами.
6 Установите основания корпусов на опорной поверхности. Сторона с углублением для сбора масла на посадочном месте подшипника должна располагаться с внутренней стороны подшипникового узла (→ **рис. 20**). Установите крепёжные болты, но не затягивайте их.
7 Установите указатель уровня масла и магнитную пробку в каждое основание корпуса, если используется маслоподающее кольцо. Если это возможно, указатель уровня масла должен устанавливаться со стороны, противоположной положению маслоподающего кольца. Это связано с тем, что перемешивание масла кольцом влияет на точность показаний указателя уровня. Если используется картридж для охлаждения масла, выполните инструкции, прилагаемые к картриджу.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для предотвращения утечки масла на все резьбовые поверхности присоединяемых деталей, таких как указатель уровня или трубопроводы, следует нанести маслостойкий герметик.

Рис. 18

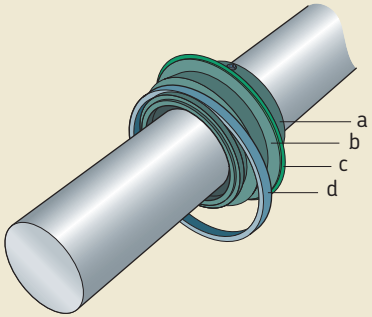


Рис. 19

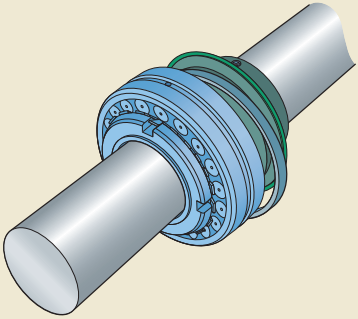
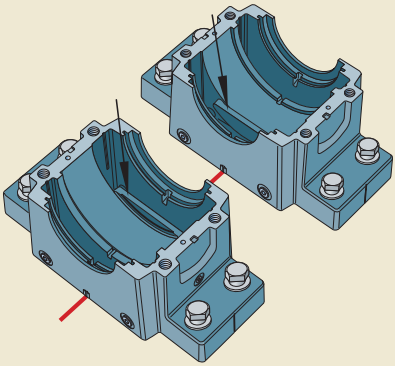


Рис. 20



8 Переместите уплотнения к подшипнику. Если используется закрепительная втулка, затяните стопорные винты во втулках с лабиринтным фланцем. Рекомендуемые моменты затяжки:

- размеры 17–26 8 Н·м
- размеры 28–32 18 Н·м
- размеры 34–48 35 Н·м

9 Установите вал в сборе в основания корпусов (→ **рис. 21**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Маслоподающие кольца должны попасть в канавки для сбора масла и свободно вращаться.

10 При необходимости установите фиксирующее кольцо с каждой стороны фиксирующего подшипника (→ *Использование фиксирующих колец*, **стр. 132**). Убедитесь, что открытая сторона фиксирующего кольца направлена вверх (→ **рис. 22**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Для плавающих тороидальных роликоподшипников CARB требуется фиксирующее кольцо с каждой стороны подшипника.

11 Тщательно выровняйте основания корпусов. Слегка затяните крепёжные болты.

Рис. 22

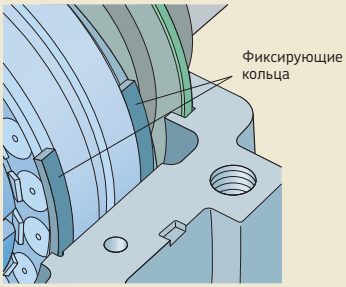


Рис. 23

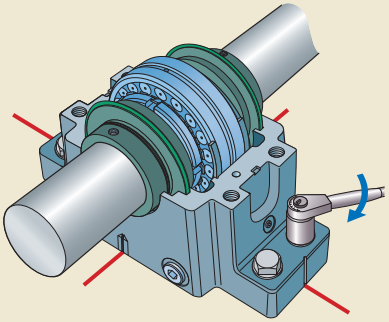


Рис. 21

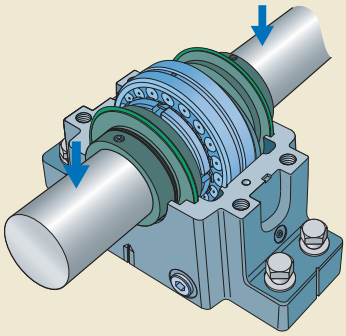
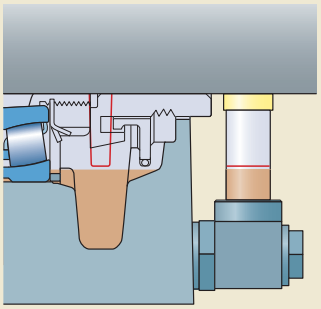


Рис. 24



ПРИМЕЧАНИЕ: На концах основания и средней части торцевых поверхностей корпусов SONL имеются вертикальные метки, указывающие на центр посадочного места подшипника (→ **рис. 23**).

12 Если используется циркуляционная система смазывания маслом, подсоедините подводящий и отводящий масляные трубопроводы к корпусу.

ВНИМАНИЕ: Отводящий трубопровод должен обеспечивать надлежащий слив во избежание переполнения корпуса.

13 Если используются маслоподающие кольца, заполните корпуса маслом до указанного максимального уровня. Указатель уровня масла и метки внутри основания корпуса показывают максимальный уровень (→ **рис. 24**).

ВНИМАНИЕ: Уровень масла во время работы может падать. Чтобы избежать утечек, не допускайте переполнения корпуса.

14 Нанесите на сопряжённые поверхности корпуса маслостойкий герметик.

15 На каждое основание корпуса установите крышку (→ **рис. 25**) и затяните болты крышки (для соединения крышки и основания) с рекомендованным моментом затяжки, указанным в **таблице 4** на **стр. 131**. Крышка и основание одного корпуса не взаимозаменяемы с такими же деталями других корпусов. Они должны иметь одинаковый серийный номер.

ПРИМЕЧАНИЕ: Устанавливать крышку корпуса на основание необходимо осторожно, чтобы не повредить О-образные кольца

16 Если используется циркуляционная система смазывания маслом, подсоедините подводящий и отводящий масляные трубопроводы к крышке корпуса.

17 Еще раз проверьте выравнивание и полностью затяните крепёжные болты в основании корпуса (→ **рис. 26**) с рекомендованным моментом затяжки, указанным в **таблице 4** на **стр. 131**.

Рис. 25

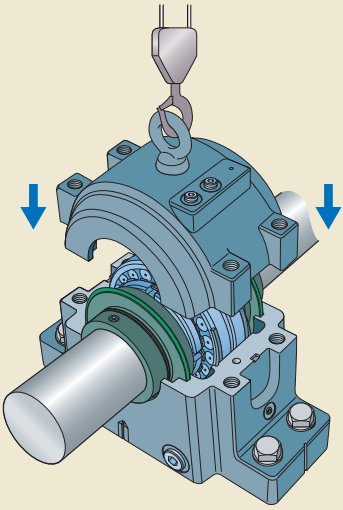
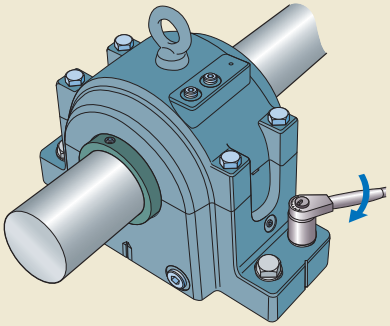


Рис. 26



18 Компания SKF рекомендует повторно затянуть крышку и крепёжные болты через один-два дня с соответствующим моментом затяжки.

Установка уплотнений

Общие сведения **142**

Что важно помнить **142**

Комплект инструментов SKF для монтажа подшипников **146**

Подготовка к установке **146**

Установка манжетного уплотнения в корпус **146**
Установка уплотнений со вспомогательной кромкой 149
Установка неразъёмного цельнокаучукового уплотнения 149

Установка манжетного уплотнения через вал **150**

Замена манжетного уплотнения **151**

Восстановление изношенного вала с помощью износостойкой втулки SKF . . . **152**
Установка втулки SKF Speedi-Sleeve 152
Установка износостойкой втулки большого диаметра 152

Установка разъёмного цельнокаучукового уплотнения большого диаметра **154**

Установка уплотняющих шайб **156**

Установка V-образного уплотнения . . **157**

Общие сведения

Для надлежащего функционирования уплотнений необходимо выполнить их правильную установку. Это достаточно простая задача при наличии опыта установки, чистого рабочего места и подходящих инструментов. Уплотняемая поверхность (область, где кромки уплотнения контактируют с валом) должна удовлетворять техническим условиям по шероховатости поверхности и цилиндричности, а также должна быть чистой. Если сопряжённые поверхности имеют какие-либо признаки износа, их необходимо восстановить до работоспособного состояния. Для этого можно использовать втулку SKF Speedi-Sleeve или износостойкую втулку большого диаметра (LDSLV). Не подлежащий восстановлению вал необходимо заменить.

Поскольку манжетные уплотнения очень широко распространены и играют важную роль в защите подшипников, смазочного материала и других критических узлов от попадания загрязнений, данная глава посвящена исключительно таким уплотнениям, если не оговорено иное.

Дополнительная информация о монтажных инструментах приведена на сайте www.mapro.skf.ru.

Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов (→ *раздел «Обучение»*, начиная со **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Программа SKF SealFinder, доступная на сайте www.skf.ru, содержит информацию об уплотнениях приблизительно 80 различных производителей и дистрибьюторов и позволяет выполнять быстрый перекрёстный поиск.

Что важно помнить

Уплотнения SKF доступны в различных конструктивных исполнениях, типах и разновидностях. Наиболее распространенные типы манжетных уплотнений перечислены ниже:

- манжетные уплотнения с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной
- манжетные уплотнения с металлическим корпусом, без стягивающей пружины
- манжетные уплотнения с обрезиненной наружной поверхностью и стягивающей пружиной
- манжетные уплотнения с обрезиненной наружной поверхностью без стягивающей пружины

При замене уплотнения необходимо убедиться, что сменное уплотнение соответствует исходному заводскому уплотнению по следующим параметрам:

- тип и конструктивное исполнение уплотнения (→ **таблицы 1a** и **1b**)
- материал кромки уплотнения (→ **таблица 2**, **стр. 145**)

ВНИМАНИЕ: Незначительная ошибка при оформлении заказа может привести к внезапному отказу уплотнения, например, в случае установки уплотнения из бутадиенакрилонитрильного каучука вместо гораздо более теплостойкого уплотнения из фторкаучука, хотя конструктивное исполнение обоих практически идентично.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:
При температуре выше 300 °C все материалы на основе фторкаучука и политетрафторэтилена (PTFE) выделяют опасные испарения. В случае попадания на кожу или вдыхании испарений немедленно обратитесь к врачу за медицинской помощью.

Таблица 1a

Манжетные уплотнения для общего промышленного применения

Тип уплотнения без вспомогательной кромки		со вспомогательной кромкой		Описание
CRS1		**CRSA1**		Уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной
CRSH1		**CRSHA1**		Армированное уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной
CRW1		**CRWA1**		Уплотнение с металлическим корпусом, с кромкой SKF WAVE, со стягивающей пружиной
CRWH1		**CRWHA1**		Армированное уплотнение с металлическим корпусом, с кромкой SKF WAVE, со стягивающей пружиной
CRW5		**CRWA5**		Уплотнение с металлическом корпусом для повышенного давления, с кромкой SKF WAVE, со стягивающей пружиной
HMS5		**HMSA10**		Уплотнение с обрезиненной наружной поверхностью и стягивающей пружиной
HMS4		**HMSA7**		Уплотнение с обрезиненной наружной поверхностью и стягивающей пружиной
SL **SLX** **SLS** **DL**		**SLA** **DLA**		Уплотнение с металлическим корпусом, с кромкой (кромками) из PTFE
YSLE **YNSLE** **YSL**				Уплотнение из PTFE с O-образным кольцом (кольцами)

5

Таблица 1b

Манжетные уплотнения для промышленного применения в тяжёлых условиях

Тип уплотнения без вспомогательной кромки		со вспомогательной кромкой		Описание
HDL		**HDLA**		Уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной
HDS1 **HDS2**		**HDSA1** **HDSA2**		Уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной с системой фиксации SKF Springlock (типы HDS2 и HDSA2 также оснащаются системой фиксации пружины SKF Springcover)
		HDSB1 **HDSB2**		Уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной с системой фиксации SKF Springlock (тип HDSB2 также оснащается системой фиксации пружины SKF Springcover)
		HDSC1 **HDSC2**		Уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной с системой фиксации SKF Springlock (тип HDSC2 также оснащается системой фиксации пружины SKF Springcover)
HDS3				Уплотнение с металлическим корпусом, со стягивающей пружиной с системами фиксации SKF Springlock и SKF Springcover, с регулируемыми дистанционными шайбами
HDS4				Уплотнение с обрезиненной наружной поверхностью, со стягивающей пружиной и дистанционными шайбами
HDS6				Уплотнение с обрезиненной наружной поверхностью, с дистанционными шайбами, без стягивающей пружины
HDS7				Уплотнение с металлическим корпусом, без стягивающей пружины
HDSD1 **HDSD2**				Уплотнение с металлическим корпусом, с двумя противоположно направленными кромками, со стягивающими пружинами
HDSE1 **HDSE2**				Уплотнение с металлическим корпусом, с двумя направленными в одну сторону кромками, со стягивающими пружинами
HS4 **HS5**				Неразъёмное цельнокаучуковое уплотнение, со стягивающей пружиной с системой фиксации SKF Springlock (тип HS5 также оснащается системой фиксации пружины SKF Springcover)

Таблица 1b (продолжение)

Манжетные уплотнения для промышленного применения в тяжёлых условиях

Тип уплотнения без вспомогательной кромки		со вспомогательной кромкой		Описание
HS6 **HS7** **HS8**				Разъёмное цельнокаучуковое уплотнение, со стягивающей пружиной с системой фиксации SKF Springlock (типы HS7 и HS7 также оснащаются системой фиксации пружины SKF Springcover)
HSF1 **HSF2** **HSF3**		**HSF4**		Армированное тканью разъёмное уплотнение, со стягивающей пружиной
HSF5 **HSF6** **HSF7** **HSF9**		**HSF8**		Армированное тканью неразъёмное уплотнение, со стягивающей пружиной
SBF				Уплотнение с металлической вставкой, со стягивающей пружиной
R01-P **R01-R**		**R02-P** **R02-R**		Уплотнение с обрезиненной наружной поверхностью и стягивающей пружиной
R01-AF **R01-AS**				Уплотнение с обрезиненной наружной поверхностью, со стягивающей пружиной

Таблица 2

Варианты материалов кромки уплотнения SKF

Суффикс обозначения	Материал кромки уплотнения	Пример обозначения
R, RG	Бутадиенакрилонитрильный каучук (NBR)	CR 15X35X7 CRW1 R
H	Гидрированный бутадиенакрилонитрильный каучук (HNBR) (DURATEMP)	CR 420X470X20 HDS3 H
D	Карбоксилатный бутадиенакрилонитрильный каучук (XNBR) (SKF Duralip)	CR 240X280X16 HDS2 D
V	Фторкаучук (FKM) (SKF Duralife)[1)]	CR 640X680X20 HDL V
T	Политетрафторэтилен (PTFE)	CR 70X90X10 RD10 T

[1)] Важная информация по технике безопасности при работе с фтористыми эластомерами представлена на **стр. 142**.

Комплект инструментов SKF для монтажа подшипников

Инструменты SKF для монтажа подшипников можно использовать для установки манжетных уплотнений с наружным диаметром до 120 мм. В комплект входят:

- 3 ударные втулки для равномерного распределения монтажного усилия, маркированные буквами A, B или C
- 36 ударных колец для соответствующей ударной втулки, маркированных буквами на внутренней и наружной поверхностях кольца, например, B 25/52
- один двусторонний безынерционный молоток

Подготовка к установке

Для обеспечения надёжных уплотнительных характеристик и достижения наилучших результатов необходимо выполнить следующие действия:

- Убедитесь, что размеры выбранного уплотнения соответствуют диаметру вала и посадочному отверстию в корпусе.
- Убедитесь, что выбранный тип уплотнения соответствует условиям работы, например, рабочей температуре и частоте вращения.
- Проверьте уплотнение на отсутствие повреждений, например, выемок, надрезов или разрывов. Запрещается использовать поврежденные уплотнения.
- Тщательно очистите грязное уплотнение. Для этого используйте теплую мыльную воду (с температурой не выше 30 °C) с последующей просушкой при комнатной температуре.
- Кромки посадочного отверстия в корпусе должны иметь фаски или быть сглажены, чтобы предотвратить повреждение наружной повёрхности уплотнения.
- Посадочное отверстие в корпусе и сопряжённая поверхность вала должны удовлетворять техническим требованиям SKF относительно размеров и точности формы, шероховатости и твёрдости поверхности.
- Все края вала, с которыми будет соприкасаться кромка уплотнения, должны иметь фаски или быть скруглены.
- Покройте уплотнение тонким слоем смазочного материала, который будет использоваться в устройстве. Кромки уплотнения из PTFE не следует предварительно смазывать, если они работают без смазки.

Установка манжетного уплотнения в корпус

При установке уплотнения в корпус монтажное усилие следует по возможности прилагать к его наружной поверхности. Поэтому SKF рекомендует использовать монтажную оправку в сочетании с механическим или гидравлическим прессом (или молотком).

ВНИМАНИЕ: При установке убедитесь в правильной ориентации рабочей кромки уплотнения (→ **рис. 1**). Если основная функция уплотнения заключается в предотвращении внешнего загрязнения подшипника, кромка уплотнения должна быть обращена наружу от подшипника. Если основная функция заключается в удержании смазочного материала, кромка уплотнения должна быть обращена внутрь к подшипнику.

Далее предлагаются методы установки, выбор которых зависит от типа оборудования и расположения уплотнения в корпусе:

Рис. 1

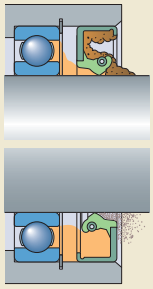


Рис. 2

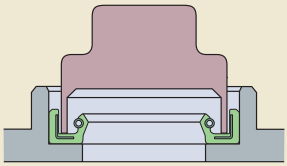


Рис. 3

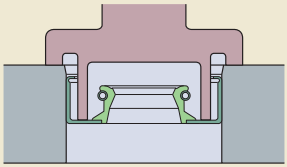


Рис. 4

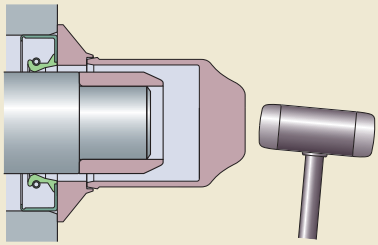


Рис. 5

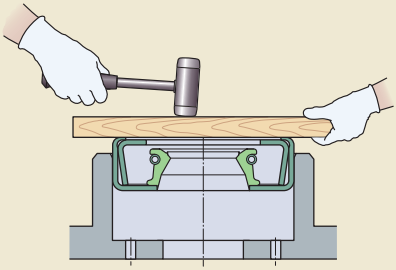


Рис. 6

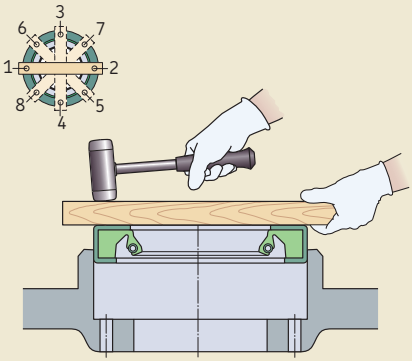


Рис. 7

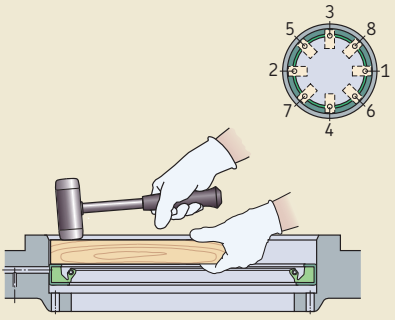
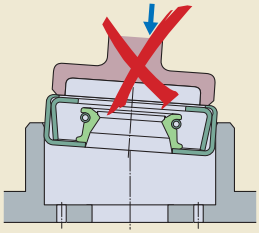
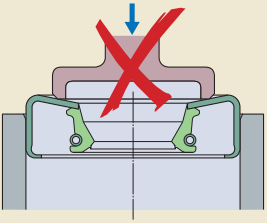


Рис. 8



- Задняя поверхность уплотнения находится напротив бортика или стопорного кольца — используется оправка (→ **рис. 2**, **стр. 147**).
- На определенном расстоянии внутри отверстия в корпусе — используйте оправку с ограничителем, чтобы правильно расположить уплотнение (→ **рис. 3**, **стр. 147**).
- Заподлицо со стенкой посадочного отверстия в корпусе — используйте ударную втулку для монтажа подшипников SKF (→ **рис. 4**, **стр. 147**). Можно воспользоваться также деревянной доской или листом пластика и лёгкими ударами молотка установить уплотнение на место (→ **рис. 5**, **стр. 147**).

Рис. 9



При отсутствии подходящего монтажного инструмента для крупногабаритных уплотнений SKF рекомендует использовать деревянный блок (→ **рис. 6**, **стр. 147**) или металлический притирочный диск. Используя приведённую схему (→ **рис. 6**, **стр. 147**) последовательности нанесения ударов, равномерно постукивайте по окружности на поверхности уплотнения, не допуская наклона или перекоса. Если уплотнение должно быть углублено за стенку корпуса, необходимо использовать деревянный цилиндрический брусок (→ **рис. 7**, **стр. 147**).

Рис. 10

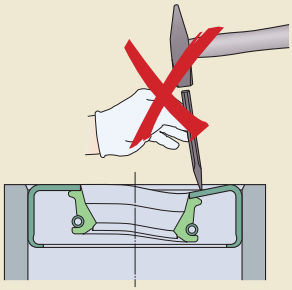
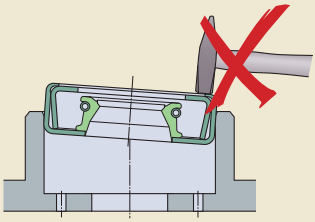


Рис. 11



При установке уплотнения в посадочное отверстие в корпусе:

- Убедитесь, что уплотнение и монтажный инструмент расположены без перекоса в отверстии корпуса (→ **рис. 8**).
- Убедитесь, что наружный диаметр инструмента соответствует диаметру уплотнения, в противном случае существует опасность деформации уплотнения (→ **рис. 9**).
- Запрещается использовать для этих целей пробойник (→ **рис. 10**).
- По монтажному инструменту следует наносить только лёгкие удары молотком (постукивать).
- Запрещается бить молотком непосредственно по уплотнению независимо от типа молотка (→ **рис. 11**).

ВНИМАНИЕ: Аккуратно используйте герметик (чтобы предотвратить контакт с кромкой уплотнения, сопряжённой поверхностью и подшипником).

Установка уплотнений со вспомогательной кромкой

При установке сдвоенных манжетных уплотнений или уплотнений с вспомогательной кромкой (пыльником) заполните зазор между основной и вспомогательной кромкой соответствующей смазкой (→ **рис. 12**). Это не относится к силоксановым каучуковым уплотнениям или уплотнениям с гидродинамическими кромками.

Установка неразъёмного цельнокаучукового уплотнения

Цельнокаучуковые уплотнения могут быть установлены вручную — для этого не требуется использование специальных монтажных инструментов. Однако после установки следует зафиксировать уплотнение в посадочном отверстии в корпусе стопорной крышкой (→ **рис. 13**).

Рис. 12

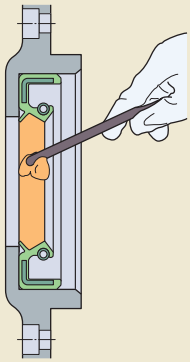
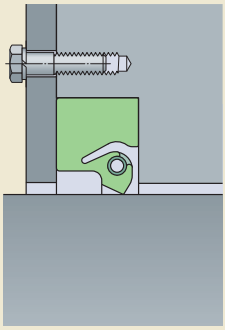


Рис. 13



Установка манжетного уплотнения через вал

Для установки уплотнения на вал компания SKF рекомендует следующее:

- Закройте все канавки, шпоночные пазы, перекрёстные отверстия, шлицы, резьбу и другие острые края тонкостенным (< 0,5 мм) защитным колпачком (→ **рис. 14**).
- Используйте переходную втулку, если ступенька вала не имеет фасок или закруглений (→ **рис. 15**).

Наружная поверхность защитных колпачков и втулок должна быть покрыта тем же смазочным материалом, которым смазаны уплотнение и сопряжённая поверхность. На наружной поверхности и заходной фаске монтажного инструмента не должно быть заусенцев или острых краёв.

Манжетные уплотнения, изготовленные из фторопласта (PTFE), следует всегда устанавливать с использованием защитного колпачка или переходной втулки.

Если после монтажа корпус или машина подлежат окраске, следует защитить уплотнения от попадания краски. Для этого можно использовать диски, вырезанные из картона (→ **рис. 16**).

Рис. 14

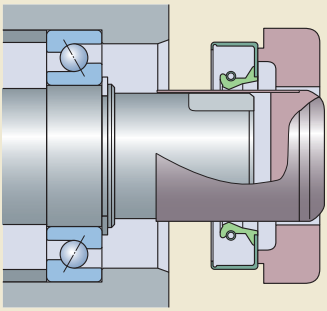


Рис. 15

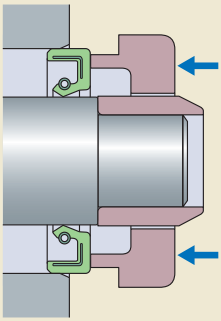


Рис. 16

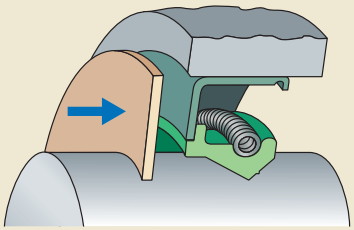
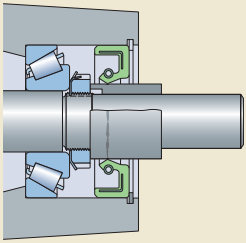
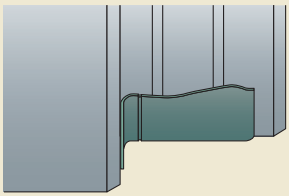


Рис. 17

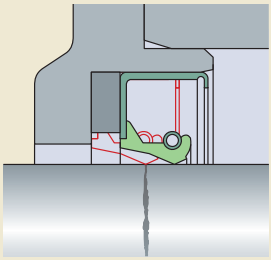
a



b



c



d

Замена манжетного уплотнения

ВНИМАНИЕ: При удалении манжетного уплотнения запрещается использовать его повторно.

Если на уплотняемой поверхности имеются какие-либо признаки износа или повреждения, её нужно восстановить до работоспособного состояния. Это можно сделать одним из следующих способов (→ **рис. 17**):

- Механически обработать сопряжённую поверхность вала, для чего потребуется его демонтаж из узла.
- Заменить защитное кольцо, образующее сопряжённую поверхность (**a**).
- Установить втулку SKF Speedi-Sleeve (для диаметра вала ≤ 203 мм) (**b**) или износостойкую втулку большого диаметра (LDSLV) (для диаметра вала > 203 мм).
- Установить кольцевую проставку в посадочное отверстие в корпусе между буртиком корпуса и уплотнением (**c**).
- Запрессовать новое уплотнение на другую глубину в посадочное отверстие в корпусе (**d**).

По возможности, рабочая кромка уплотнения всегда должна быть обращена к уплотняемой среде (**c**).

При выборе уплотнения для замены необходимо следить за тем, чтобы конструктивное исполнение и материал соответствовали оригиналу. В случае сомнений следует использовать более высококачественное уплотнение, гарантированно работающее в заданных условиях эксплуатации.

При отсутствии уплотнения аналогичного конструктивного исполнения с той же шириной, можно использовать чуть более узкое уплотнение. Для замены можно использовать и более широкое уплотнение при соответствующей глубине посадочного отверстия в корпусе.

Восстановление изношенного вала с помощью износостойкой втулки SKF

Установка втулки SKF Speedi-Sleeve

Применение износостойких втулок SKF Speedi-Sleeve представляет собой быстрый, лёгкий и недорогой способ устранения следов износа на валу. Данные втулки избавляют от необходимости производить разборку машины для снятия вала и тем самым могут значительно сократить время простоя и ремонта. Другое преимущество износостойких втулок SKF Speedi-Sleeve состоит в том, что стенка втулки имеет толщину всего 0,28 мм.

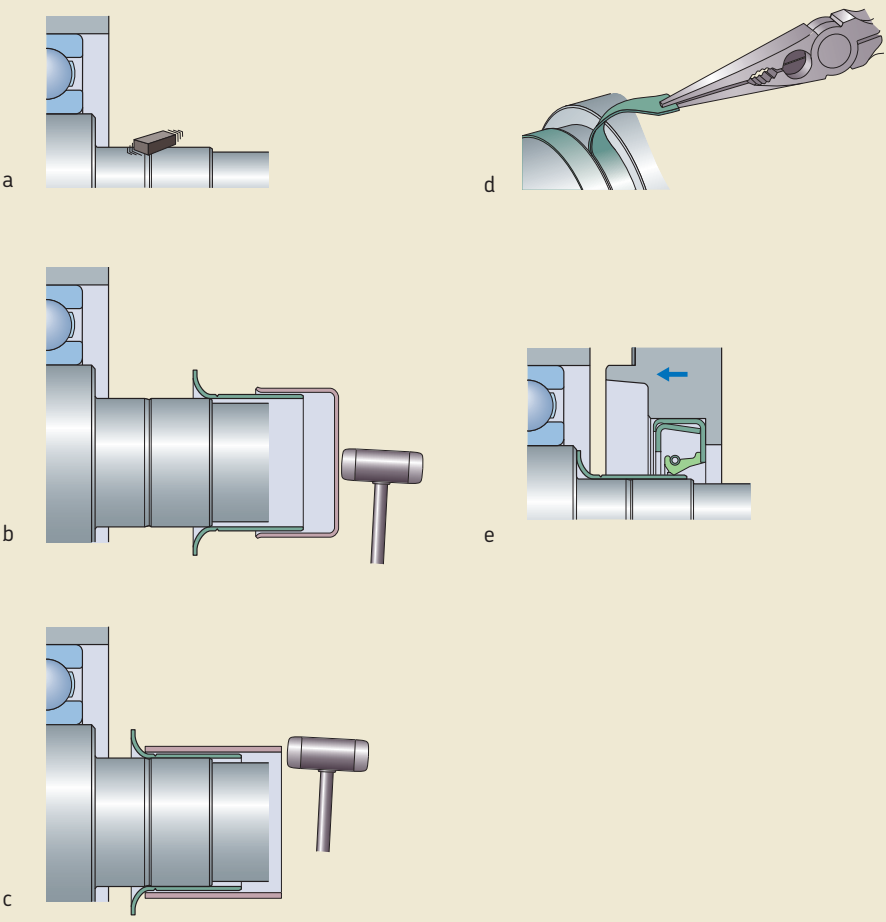
Хотя процедура установки не представляет трудностей, для достижения наилучших результатов её необходимо выполнять осторожно (→ **рис. 18**).

1. Очистите уплотняемую поверхность вала. Удалите любые заусенцы или неровные участки (**a**) и удостоверьтесь, что втулка не будет установлена сверху на шпоночные пазы, отверстия, шлицы или подобные места.
2. Измерьте диаметр вала на участке, где будет установлена втулка. Проведите замеры в трёх сечениях по длине вала и рассчитайте среднее значение (чтобы удостовериться, что диаметр вала находится в пределах рекомендуемых технических требований). Если среднее значение диаметра находится в допустимом диапазоне для данного размера втулки, то будет обеспечена плотная посадка втулки на валу без использования клея для предотвращения её проворота.
3. Определите окончательное положение втулки на валу таким образом, чтобы она полностью перекрывала изношенный участок вала, сделайте отметку прямо на поверхности. Втулку следует располагать над изношенной поверхностью, а не просто оставлять заподлицо с концом вала.
4. Дополнительно можно нанести тонкий слой незатвердевающего герметика на внутреннюю поверхность втулки. Удалите герметик, попавший на внешнюю поверхность вала или втулки.
5. Если на валу имеются глубокие царапины, заполните их порошковым металлическим эпоксидным наполнителем. Установите втулку до того как наполнитель затвердеет, чтобы успеть удалить излишки наполнителя. Удалите также остатки наполнителя с поверхности втулки.

ВНИМАНИЕ: При установке втулки SKF Speedi-Sleeve запрещается использовать нагрев!

6. Фланец втулки можно оставить без изменений, но в оборудовании, где фланец будет мешать другим узлам, его следует удалить. Для этого сделан круговой надрез в одном из сечений втулки. Втулка устанавливается на вал фланцевым концом вперёд. Затем разместите на втулке монтажный инструмент (**b**).
7. Слегка постукивайте по центру монтажного инструмента, пока втулка не перекроет изношенную поверхность вала. Если монтажный инструмент слишком короткий, можно использовать отрезок трубы с обрезанным концом без заусенцев (**c**). Убедитесь, что внутренний диаметр трубы совпадает с диаметром монтажного инструмента. Будьте осторожны, чтобы не поцарапать наружную шлифованную поверхность втулки.
8. Для предотвращения повреждения уплотнения втулку SKF Speedi-Sleeve всегда следует устанавливать таким образом, чтобы её внешняя острая кромка была полностью размещена на поверхности вала.
9. Если фланец был надрезан для удаления, с помощью плоскогубцев с удлинёнными губками зажмите его подальше от поверхности уплотнения (**d**) и скрутите в спираль, стараясь не оторвать конец втулки от вала и во избежание образования зазубренного края. Удалять фланец следует осторожно, чтобы избежать повреждения наружной поверхности втулки.
10. После установки втулки проверьте ещё раз поверхность на наличие заусенцев, которые могут повредить уплотнение.

Рис. 18



11 Перед установкой уплотнения нанесите на втулку смазочный материал, используемый в системе смазывания.
12 Проверьте готовность уплотнения к установке.
13 Установите новое уплотнение, следуя приведённым выше инструкциям, или установите торцевую крышку с новым уплотнением (**e**).

Установка износостойкой втулки большого диаметра

Износостойкие втулки большого диаметра (LDSLV) SKF предназначены для посадки с нагревом. Перед установкой на вал втулку нужно равномерно нагреть до температуры приблизительно 180 °C с помощью соответствующего оборудования, например, индукционного нагревателя SKF.

ВНИМАНИЕ: Не нагревайте втулку до температуры выше 200 °C.

Втулку следует установить на вал сразу после нагревания, так как она быстро охлаждается и может занять неправильное положение на валу. При необходимости изменения положения втулки следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить наружную поверхность или заходную фаску.

Установка разъёмного цельнокаучукового уплотнения большого диаметра

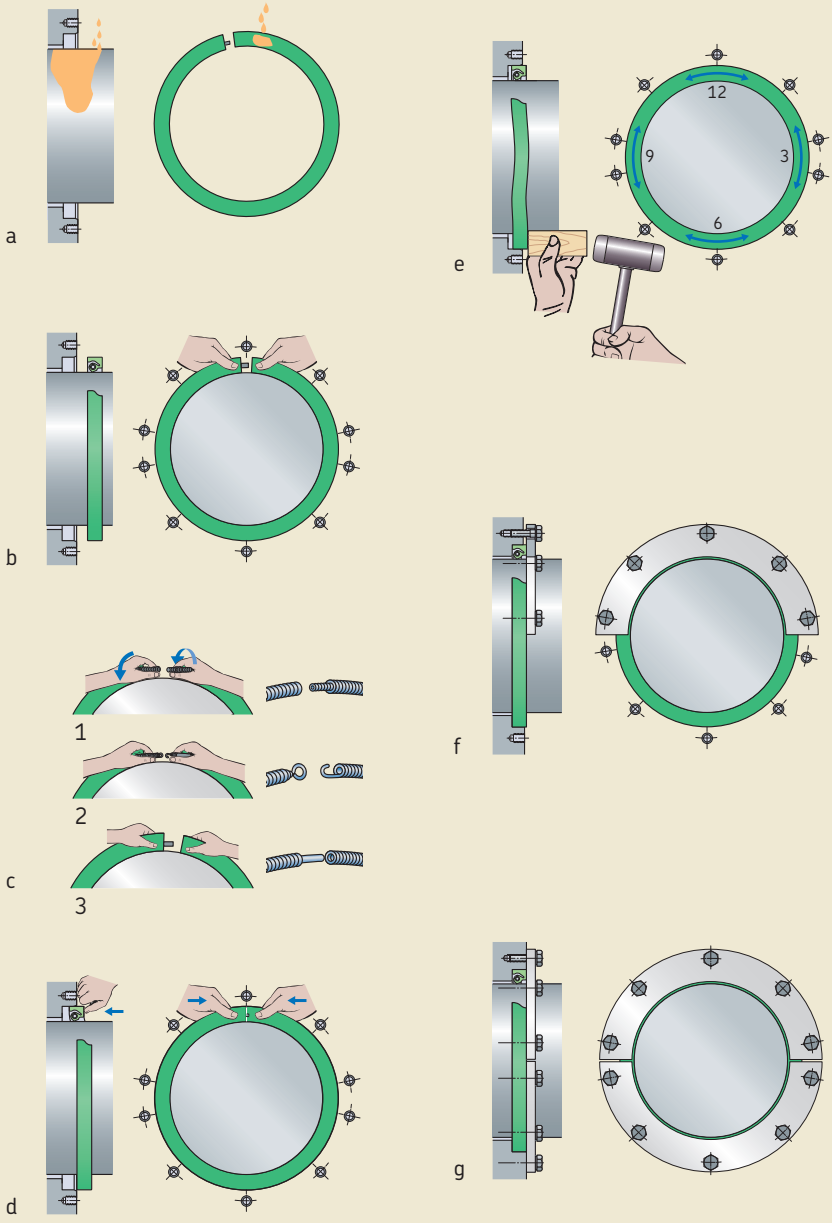
Данные инструкции применимы при установке разъёмного цельнокаучукового уплотнения серий HS6, HS7 и HS8 или разъёмного, усиленного кордом уплотнения серий HSF1, HSF2, HSF3 или HSF4 (→ **рис. 19**).

1 Если применимо, вставьте стягивающую пружину с системой фиксации SKF Springlock в канавку и установите пружинное соединение таким образом, чтобы оно было смещено относительно разъёма уплотнения.
2 Нанесите тонкий слой смазочного материала на кромки уплотнения и сопряжённую с ними поверхность вала (**a**). Используйте тот же смазочный материал, который будет применяться для смазывания уплотняемого узла.
3 Убедитесь, что кромка уплотнения установлена в правильном направлении (**b**).
4 Соедините концы стягивающей пружины:
   – Для пружин с резьбовым соединением (**c1**), применяемых для уплотнений серий HSF1, HSF2, HSF3 и HSF4, стяните концы пружины вместе. Вставьте один конец в другой и заверните в правильное положение.
   – Для пружин с соединением «крюк-петля» (**c2**), применяемых для уплотнений серии HS6 и большинства уплотнений серии HS8, соедините концы пружины и вставьте крюк в петлю. Избегайте чрезмерного растягивания пружины, поскольку это может ухудшить рабочие характеристики уплотнения.
   – Для пружин со штекерным соединением (**c3**), применяемых для уплотнений серии HS7, стяните и соедините концы уплотнения вместе. После этого вставьте штифт одного конца пружины в отверстие другого конца пружины. Избегайте чрезмерного растягивания пружины, поскольку это может ухудшить рабочие характеристики уплотнения.
5 Поверните уплотнение на валу таким образом, чтобы место стыка находилось в положении 12 часов, и запрессуйте место стыка уплотнения в посадочное отверстие в корпусе (**d**).
6 Запрессуйте оставшуюся часть уплотнения, начав с положений 3 и 9 часов (**e**) и закончив одновременно в положениях 6 и 12 часов. Для диаметров вала 1200 мм и более рекомендуется осуществлять запрессовку уплотнения в порядке 12, 3, 6 и 9 часов, а уже затем запрессовывать остальные участки.

   ВНИМАНИЕ: Запрещается вставлять только один конец уплотнения и оборачивать оставшуюся часть уплотнения вокруг вала. Уплотнение растянется, что существенно усложнит его установку в корпусе.

7 С помощью небольшого деревянного бруска запрессуйте уплотнение в посадочное отверстие в корпусе до упора в заплечик (**e**).
8 Проверьте состояние уплотнения после монтажа, особенно в месте стыка.
9 Установите торцевую накладную крышку (**f** и **g**). Равномерно затягивайте крепёжные болты по схеме «крест на крест» до полного прилегания крышки к торцу корпуса.

Рис. 19



Установка уплотняющих шайб

Уплотняющие шайбы — с войлочным покрытием или без него (→ **рис. 20a**) — всегда следует устанавливать как показано на **рис. 21a**, чтобы насосный эффект был направлен наружу от подшипника. Если распорные шайбы (→ **рис. 20b**) предназначены для облегчения замены смазки, тогда одну распорную шайбу следует установить вплотную с внутренним кольцом, а другую — вплотную с наружным кольцом (→ **рис. 21b**).

1. Заполните свободное пространство между двумя шайбами водоотталкивающей и антикоррозийной смазкой, например, SKF LGMT 2.
2. Нанесите небольшое количество смазки на отверстие и наружную поверхность шайбы.
3. Установите комплект шайб в начальное положение. Убедитесь, что боковая поверхность свободного кольца упирается в наружное кольцо подшипника (→ **рис. 21b**).
4. Запрессуйте набор шайб одновременно в посадочное отверстие в корпусе и на валу, используя монтажную оправку или аналогичный инструмент, который равномерно упирается в обе шайбы (→ **рис. 22**). Убедитесь, что шайбы не перекошены.
5. При необходимости установки нескольких комплектов шайб рядом друг с другом следует последовательно установить первый комплект до установки следующего.

Рис. 20

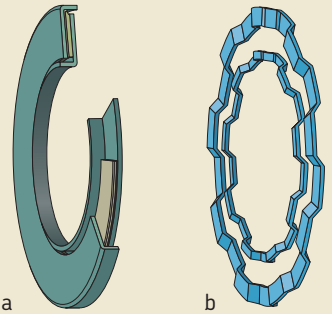


Рис. 22

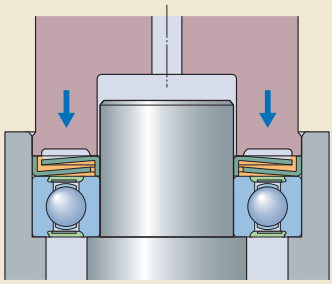


Рис. 21

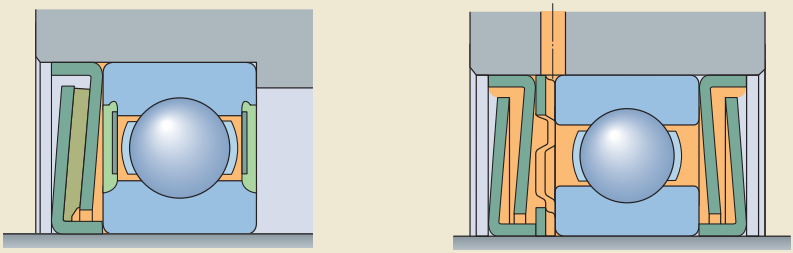
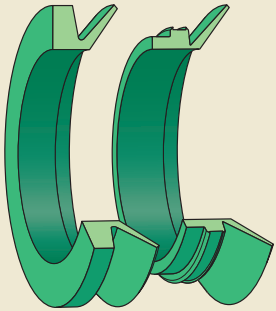


Рис. 23



Установка V-образного уплотнения

Эластичные V-образные уплотнения (→ **рис. 23**) целиком изготовлены из эластомера без армирующих деталей и могут легко натягиваться на другие детали, что делает их установку простой и удобной (→ **рис. 24**). В случае установки нескольких манжет V-образного сечения одинакового размера можно использовать простые монтажные инструменты для запрессовки уплотнения на заданное расстояние по длине вала (→ **рис. 25**).

При установке V-образного уплотнения необходимо убедиться, что оно равномерно прилегает по окружности вала и что величина осевого перемещения вала не превосходит допустимое смещение V-образного кольца относительно опорной поверхности.

Рис. 24

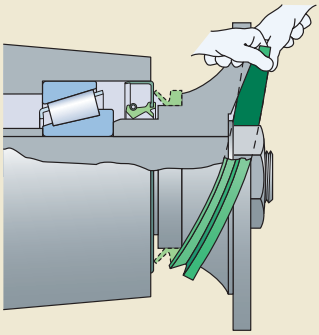
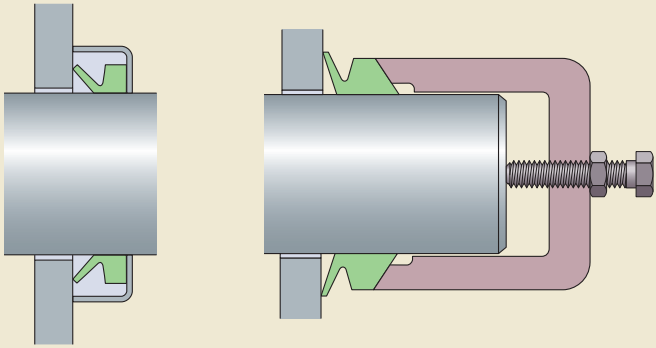


Рис. 25



SKF
SKF Shaft Alignment Tool TKSA 40
-0.02
-0.02
+0.01
0.00
-0.07
-0.12
+0.01
+0.03
SKF
TKSA MM - Stationary

Выверка

Введение **160**

Монтаж и выверка машины **161**
Качество фундамента 161
Метки для выверки 161
Подвижное основание 162
Типы подвижных оснований 162
Проверка подвижности основания 162
Регулирование прокладками 163
Калиброванные пластины 163
Опоры SKF Vibracon SM 164
Подогнанные стальные клинья 164
Эпоксидная смола 165
Затяжка болтами 166
Момент затяжки при сборке 166
Инструменты для затягивания 166

Выверка соосности валов **167**
Типы несоосности 167
Соглашения по измерению 167
Стационарные и подвижные машины . . 167
Параметры выверки 168
Позиции измерения 168
Допуски на соосность валов 169
Методы выверки соосности валов 170
Традиционные методы выверки соосности валов 170
Методы с использованием индикаторов часового типа 170
Лазерные методы выверки соосности валов 172
Процесс выверки 173

Выверка карданных валов **175**
Допуски на выверку карданных валов . . . 175
Методы выверки карданных валов 175
Лазерные методы выверки карданных валов 175

Выверка ремённых передач **176**
Типы несоосности ремённых передач 176
Допуски на выверку ремённых передач . . 176
Методы выверки ремённых передач 176
Традиционные методы выверки ремённых передач 176
Лазерные методы выверки ремённых передач 176

Введение

Выверка приводов и приводных механизмов является важным мероприятием во время начальной установки и обслуживания машины. Выверка расположения узлов машины критически важна с точки зрения предотвращения преждевременного выхода из строя подшипников и повреждения элементов привода. Стоимость регламентных работ по надлежащей выверке машины незначительна по сравнению с внеплановыми затратами на техобслуживание в случае выхода из строя важной детали.

Выверка требуется для:

- соосных валов, соединяемых муфтами
- карданных валов
- ремённых передач (шкивов)
- валков и барабанов, напр., бумагоделательной машины

В этой главе приведены основные процедуры, применяемые для точной выверки валов, карданных валов и ремённых передач.

Точная выверка обеспечивает:

- увеличенный срок службы подшипника
- увеличенный срок службы уплотнения
- увеличенный срок службы муфты
- увеличенные интервалы техобслуживания
- повышенный КПД машины
- более низкий уровень вибраций и нагружения конструкции машины

Дополнительная информация о выверке валов, карданных валов, ремённых передач, а также валков и барабанов представлена на сайтах www.aptitudexchange.com и www.skf.ru.

Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов по выверке оборудования (→ *Обучение*, начиная со **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Инструменты для выверки соосности валов и ремённых передач, а также калиброванные пластины доступны в перечне изделий для техобслуживания (→ **Приложение K**, **стр. 419**). Для получения дополнительной информации посетите сайт www.mapro.skf.ru.

В технической службе компании SKF работают опытные специалисты по выверке узлов машин. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.skf.ru.

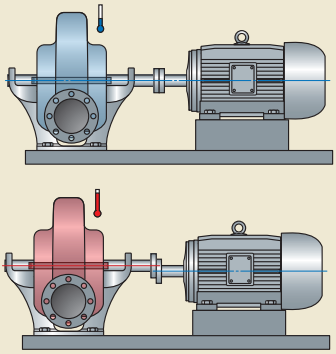
Монтаж и выверка машины

Надлежащая выверка приводов и механизмов в значительной степени зависит от качества монтажа машины. Качественно выполненный монтаж ускоряет и упрощает процесс выверки с получением точных результатов.

Для достижения качественного монтажа следует принимать во внимание несколько аспектов:

- качество фундамента
- метки для выверки
- подвижное основание
- регулирование прокладками
- затяжка болтами

Рис. 1



Качество фундамента

При монтаже машины первостепенное внимание нужно уделить фундаменту, поскольку от него зависит крепление и работа механизмов без вибраций в условиях динамических нагрузок. Как для нового монтажа машины, так при повторной установке, компания SKF рекомендует придерживаться следующих шагов:

1. Проверьте фундамент на наличие трещин, ухудшения качества и повреждений анкерных отверстий и при необходимости выполните ремонт.
2. Снимите имеющиеся регулировочные прокладки и подпорки. Если они не повреждены, перед повторным использованием проверьте наличие на них ржавчины и при необходимости очистите.
3. Удалите ржавчину, краску и масло с монтажной поверхности фундамента.
4. Замените все ржавые крепёжные болты или болты с поврежденной резьбой.
5. Проверьте плоскостность фундамента с помощью лазера. Плоскостность должна соответствовать квалитету допусков IT7.

ПРИМЕЧАНИЕ: До начала работ по выверке нужно завершить все ремонтные работы!

Метки для выверки

Компоненты машины в процессе работы нагреваются и расширяются или деформируются (→ **рис. 1**). Этот эффект называется тепловым расширением и зависит от материала и температуры машины.

Как правило, конструкторы рассчитывают тепловое расширение машины и указывают параметры выверки для его компенсации. Эти параметры указываются в виде значений смещения муфты или значений смещений на опорах машины.

Дополнительно к инструкциям, предоставляемым изготовителем оборудования, компания SKF рекомендует проводить выверку при установившейся температуре корпуса машины относительно фундамента и температуры окружающей среды. Перед началом процедуры выверки разность температур между корпусом машины и фундаментом не должна превышать 10–15 %. При совмещении меток для выверки нужно принимать во внимание фактическую температуру узлов и элементов машины.

Подвижное основание

Подвижное основание («мягкая лапа») (→ **рис. 2**) означает, что машина не установлена на фундаменте неподвижно. Подвижность основания обычно обусловлена следующими причинами:

- повреждения фундамента, особенно растрескивание
- деформированная или повреждённая рама машины, которая установлена только на части поверхности
- неверно выполненное регулирование прокладками

Типы подвижных оснований

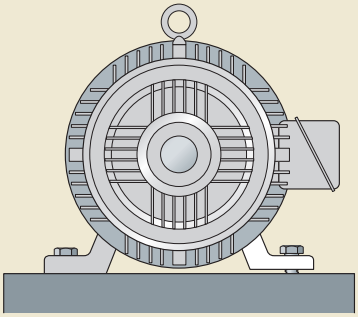
Существуют два типа подвижных оснований (→ **таблица 1**)

- параллельное подвижное основание
- угловое подвижное основание

Подвижное основание делает невозможным точную выверку в вертикальной плоскости, поскольку машина имеет возможность вертикального смещения. Затягивание крепёжных болтов с целью компенсации подвижности основания может привести к деформированию корпуса машины, что, в свою очередь, приведёт к неправильной выверке и преждевременному выходу подшипника из строя.

И параллельные, и угловые подвижные основания можно устранить с помощью регулировочных опор SKF Vibracon SM. Дополнительная информация приведена в разделе *«Регулирование прокладками»*, начиная со **стр. 163**.

Рис. 2



Проверка подвижности основания

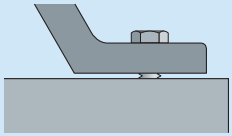
Проверка основания на «мягкую лапу» лучше всего выполняется с помощью набора щупов и измерения четырёх значений зазоров под каждой опорой машины. Этот метод позволяет с высокой точностью определить значения зазоров и тип подвижной опоры.

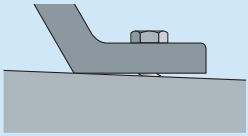
Чтобы наиболее точно определить степень серьёзности проблемы с подвижной опорой, компания SKF рекомендует использовать лазерный метод.

Дополнительная информация приведена в соответствующем разделе *«Выверка соосности»*, начиная со **стр. 167**, или *«Выверка ремённых передач»*, начиная со **стр. 176**.

Таблица 1

Типы подвижных оснований





	Параллельное подвижное основание	**Угловое подвижное основание**
Описание	Опора машины параллельна опорной поверхности, но не опирается на неё.	Только часть опоры машины опирается на опорную поверхность.
Исправление	Устраните зазор с помощью калиброванных пластин.	Отрегулируйте угол или добавьте подогнанный клин.
	Используйте опоры SKF Vibracon SM, чтобы подготовить монтажную поверхность для машины (→ *Опоры SKF Vibracon SM*, **стр. 164**).	Используйте опоры SKF Vibracon SM, чтобы подготовить монтажную поверхность для машины (→ *Опоры SKF Vibracon SM*, **стр. 164**).

Регулирование прокладками

Регулирование прокладками — это метод устранения зазора между опорами машины и несущей рамой машины. Набор элементов для регулирования установки машины обычно включает в себя:

- калиброванные пластины
- регулируемые в вертикальном и угловом направлении стальные выравниватели, напр., опоры SKF Vi acon SM (→ **рис. 3**)
- подогнанные стальные клинья
- эпоксидная смола

Процесс регулирования прокладками зависит от выбранного типа прокладок. Некоторые прокладки предназначены для создания надлежащей монтажной плоскости для новых машин. Другие используются для устранения подвижной опоры в процессе выверки уже работающей машины.

Калиброванные пластины

Калиброванные пластины — это тонкие выравнивающие пластины, используемые для точного регулирования общей высоты машины или устранения параллельной подвижной опоры. Калиброванные пластины устанавливаются между опорой машины и опорной поверхностью (→ **рис. 4**).

Компания SKF рекомендует использовать калиброванные пластины из прочной нержавеющей стали для работы в тяжёлых условиях. Калиброванные пластины из мягкого материала, например, меди или латуни подвержены деформации. Это приводит к появлению механических люфтов и возможным проблемам с выверкой в будущем.

Компания SKF поставляет калиброванные пластины серии TMAS пяти различных размеров по десять значений толщин в каждом (**таблицы 2a** и **2b, стр. 164**) для диаметров крепёжных болтов до 52 мм. Эти калиброванные пластины с одним пазом выполнены из высококачественной нержавеющей стали с жёсткими допусками для точного выравнивания. Пластины поставляются комплектами по десять штук, на которых имеется маркировка толщины.

Рис. 3

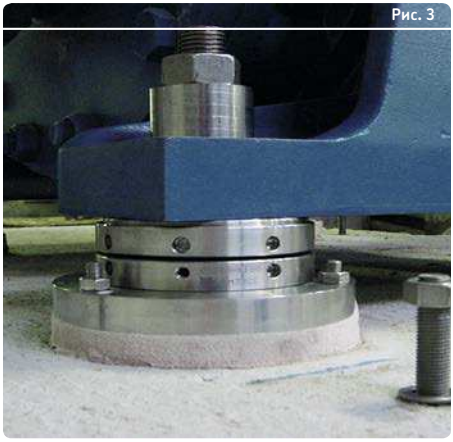
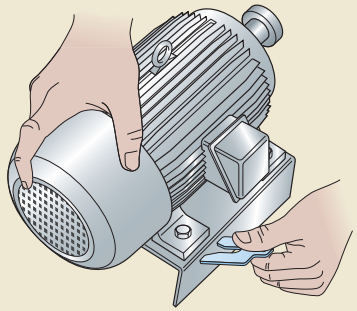


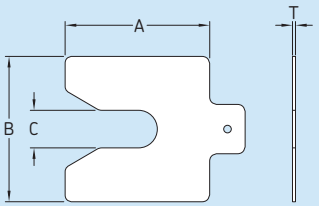
Рис. 4



ВНИМАНИЕ: По возможности используйте только одну пластину. Не используйте набор более чем из трёх пластин. Это увеличивает количество контактирующих поверхностей, что влияет на рекомендованное растяжение болта. Дополнительная информация относительно крепления болтами приведена в разделе *«Затяжка болтов»* на **стр. 166**.

Таблица 2a

Калиброванные пластины SKF серии TMAS



Обозначение[1) 2)]	Размеры A	B	C	T[2)]
–	мм			
TMAS 50-xxx	50	50	13	xxx
TMAS 75-xxx	75	75	21	xxx
TMAS 100-xxx	100	100	32	xxx
TMAS 125-xxx	125	125	45	xxx
TMAS 200-xxx	200	200	55	xxx

1) 10 калиброванных пластин в комплекте
2) xxx означает толщину калиброванной пластины (→ **таблица 2b**)

Таблица 2b

Толщина калиброванной пластины

Обозначение	Размер T	Допуски
–	мм	
005	0,05	± 0,010
010	0,10	± 0,020
020	0,20	± 0,025
025	0,25	± 0,025
040	0,40	± 0,030
050	0,50	± 0,030
070	0,70	± 0,040
100	1,00	± 0,040
200	2,00	± 0,045
300	3,00	± 0,150

Опоры SKF Vibracon SM

Опоры SKF Vibracon SM являются готовыми к монтажу стальными изделиями с регулируемой высотой для установки, которые обеспечивают хорошую монтажную поверхность, особенно в случае подвижной опоры.

Стандартные опоры SKF Vibracon SM (→ **рис. 5**) имеют два исполнения для крепёжных болтов диаметром 12–65 мм:

- Оригинальная опора SKF Vibracon (**a**)
- Низкопрофильная опора SKF Vibracon (**b**)

ВНИМАНИЕ: Опоры SKF Vibracon SM не предназначены для использования в качестве подъёмного оборудования! Для этого компания SKF рекомендует использовать гидравлические цилиндры или домкраты низкой высоты.

Подробная инструкция по монтажу опор SKF Vibracon SM входит в комплект поставки.

Подогнанные стальные клинья

Подогнанные стальные клинья (с прорезью) можно использовать только при ремонте в следующих условиях:

- высота регулировки слишком мала для опор SKF Vibracon SM
- высота регулировки слишком велика для калиброванных пластин
- присутствует угловая подвижная опора

Конструкция и размер подогнанных клиньев (→ **рис. 6**) зависит от условий применения, напр., высоты машины и типа фундамента.

Эпоксидная смола

Эпоксидная смола, в основном, используется для силовых установок. Она обычно заливается между фундаментом и несущей рамой машины (→ **рис. 7**) и подходит для регулировки высоты установки в диапазоне 15–100 мм.

Смола обладает коротким временным интервалом затвердевания, хорошим сопротивлением сжиманию, хорошим сопротивлением на выдавливание и устойчива к тепловым нагрузкам. Компания SKF рекомендует использовать в качестве базового материала двухкомпонентную эпоксидную смолу Ep ast 36.

За дополнительной информацией относительно эпоксидной смолы обращайтесь в техническую службу компании SKF.

Заливка эпоксидной смолы

Очистите опорную поверхность от краски и грязи. Подготовьте заливные канавки на опорной поверхности. Мелкие отверстия, просверленные под различными углами в опорной поверхности, дают аналогичный результат. Это обеспечивает хорошее сцепление эпоксидной смолы с фундаментом.

Установите втулку в требуемое положение, вставив её через опору машины в фундамент. Выполните опалубку из фанеры или пены вокруг опоры машины, уплотнив пространство между опалубкой и опорной поверхностью с помощью герметика. Нанесите затвердитель на втулку, несущую раму машины и опалубку. Заполните опалубку смолой, чтобы она слегка покрыла днище опоры.

Рис. 5

a) Оригинальная опора SKF Vibracon

b) Низкопрофильная опора SKF Vibracon

Рис. 6

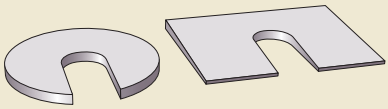
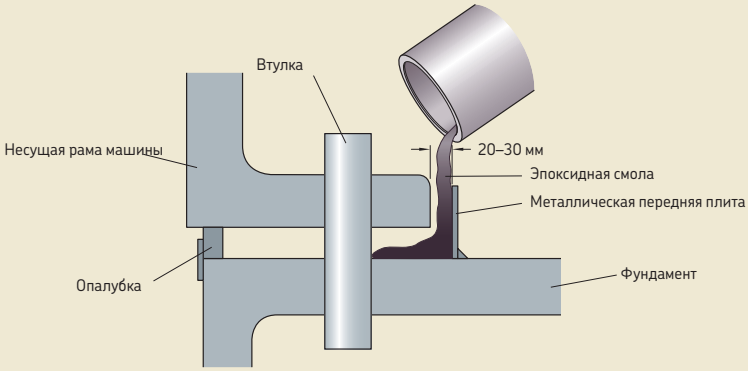


Рис. 7



Затяжка болтами

Во время установки машины очень важно выбрать правильный момент затяжки болта. Неправильный момент затяжки может привести к деформациям и перемещению машины во время эксплуатации. Это может вызвать перекос вала, что, в свою очередь, станет причиной преждевременного повреждения подшипников и других компонентов.

Обычно конструкторы машины не определяют моменты затяжки. Если эти моменты не предоставлены производителем машины, обратитесь в техническую службу компании SKF.

Момент затяжки при сборке

Крёпежные болты следует затягивать до максимального допустимого усилия натяжения болта, соответствующего 75 % от предела текучести материала.

Инструменты для затягивания

Все болты и гайки следует затягивать точным динамометрическим ключом (как минимум в два этапа) или гидравлическим устройством затяжки болтов. Компания SKF рекомендует затягивать крупные болты с помощью гидравлических натяжителей болтов HY (→ **рис. 8**), где это возможно. Устройства затяжки обеспечивают точную установку болтов без использования динамометрического ключа, а также обеспечивают равномерный монтажный преднатяг или равномерное удлинение болтов.

ВНИМАНИЕ: Затяжка болтов с помощью ручных инструментов не обеспечивает достаточной точности по моментам затяжки.

Гидравлические натяжители болтов HYDROCAM

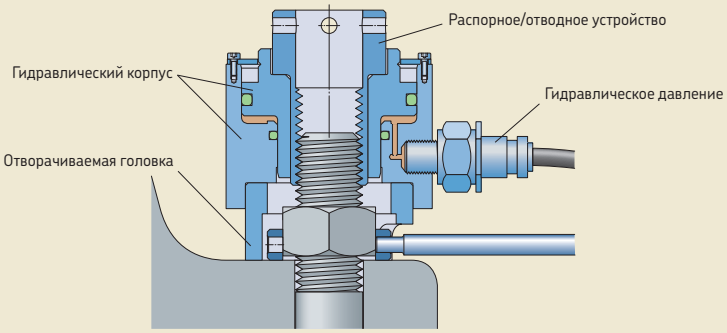
Гидравлические натяжители HYDROCAM подходят для затяжки болтов с выступающей за гайку резьбовой частью. Удлинитель устройства с гидравлическим корпусом навинчивается на свободную резбовую часть болта. Нагрузка на болт передается только в осевом направлении.

Затем ненагруженная гайка очень легко наворачивается без всякого момента затяжки. После снятия гидравлического давления основная часть нагрузки переносится на гайку. Процесс затяжки завершён.

Для достижения оптимальной точности компания SKF рекомендует выполнять натяжение болта и наворачивание гайки дважды.

За дополнительной информацией относительно гидравлических натяжителей болтов HYDROCAM обращайтесь в техническую службу компании SKF.

Рис. 8



Выверка соосности валов

Все валы, прямые или изогнутые, вращаются вокруг оси, которая называется осью вращения. Наибольшая эффективность при передаче мощности достигается, если два соединённых вала являются коллинеарными, т. е. когда оси вращения валов образуют одну прямую линию в рабочих условиях эксплуатации. Любое отклонение от коллинеарности называется несоосностью.

При надлежащей выверке соосности валов достигаются следующие преимущества:

- сведены к минимуму дополнительные нагрузки на подшипник, что продлевает срок его службы
- уменьшен износ ремней, шкивов, муфт и уплотнений, что позволяет продлить интервалы техобслуживания
- снижены потери на трение, уровни вибрации и шума, что повышает КПД
- уменьшен изгиб вала, что снижает вибрацию и внутренние напряжения в конструкции

Типы несоосности

Существуют два основных типа несоосности валов (→ **рис. 9**):

- радиальная (параллельная) несоосность (**a**)
- перекос (**b**)

На практике оба типа несоосности часто присутствуют одновременно.

Соглашения по измерению

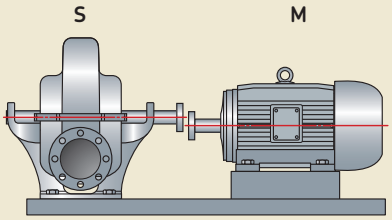
Стационарные и подвижные машины

При выверке соосности валов двух машин одна из них назначается стационарной машиной (, а другая подвижной машиной (M) (→ **рис. 9**). В большинстве случаев стационарная машина является ведомой. Регулировки выполняются на подвижной машине, обычно на двигателе.

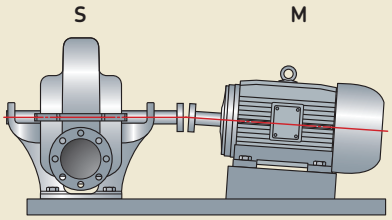
Иногда необходима подвижность обеих машин. Например, если перемещения подвижной машины ограничены фундаментом или она прикреплена болтами, стационарную машину слегка перемещают для достижения точной регулировки подвижной машины.

6

Рис. 9



a) Параллельная несоосность
Параллельная несоосность — это отклонение между осями вращения двух валов, измеренное в плоскости силовой передачи от приводного до приводимого механизма (измеряется в миллиметрах на муфте). Также следует всегда указывать направление смещения.



b) Перекос
Перекос — это разность углов наклона приводного и ведомого валов, обычно представленная как смещение на диаметр муфты (мм/мм). Угловой допуск, выраженный в мм/100 мм, можно применять ко всем валам независимо от диаметра муфты.

Параметры выверки

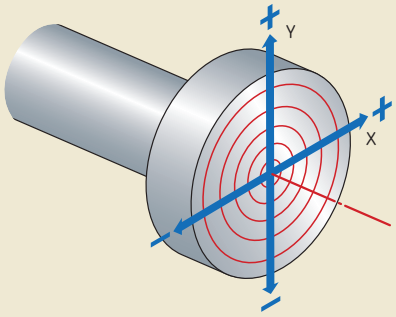
Несоосность измеряется в двух плоскостях (→ **рис. 10**):

- горизонтальной (поперечной, вдоль оси x)
- вертикальной (вверх и вниз, вдоль оси y)

В общем случае имеются четыре параметра для измерения и корректировки несоосности:

- горизонтальное линейное смещение
- горизонтальное угловое смещение
- вертикальное линейное смещение
- вертикальное угловое смещение

Рис. 10



Позиции измерения

Чтобы определить различные позиции измерения на валах во время процедуры выверки, используется аналог схемы часов, если стоять лицом к стационарной машине (за подвижной машиной ((→ **рис. 11**). Вертикальное расположение измерительного датчика обозначается положением 12 часов, а смещение влево и вправо на угол 90° обозначается как положения 9 и 3 часов соответственно. Положение 6 часов противоположно положению 12 часов (не показано).

На **рис. 12** показаны измерения в вертикальной плоскости, т. е. для определения вертикальной несоосности используются положения 12 или 6 часов (**a**). Вертикальная несоосность видна сбоку и устраняется с помощью регулировки высоты передних и задних опор подвижной машины.

Рис. 11

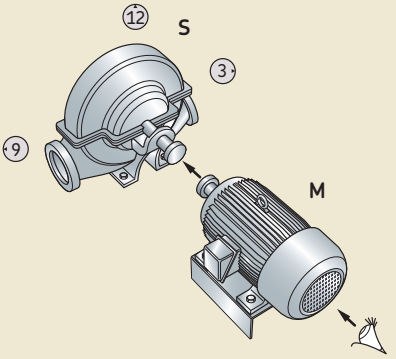
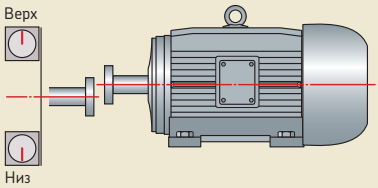
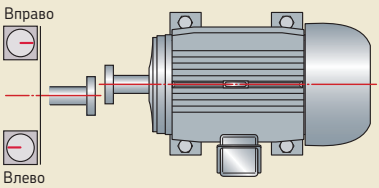


Рис. 12



a) Вертикальная несоосность



b) Горизонтальная несоосность

Измерения, выполняемые в горизонтальной плоскости, т. е. в положении 9 или 3 часа, используются для определения горизонтальной несоосности (**b**). Горизонтальная несоосность видна сверху и устраняется перемещением подвижной машины из стороны в сторону.

Допуски на соосность валов

Допуски на соосность обычно зависят от частоты вращения вала в большей степени, чем от диаметра вала или требований производителя муфты.

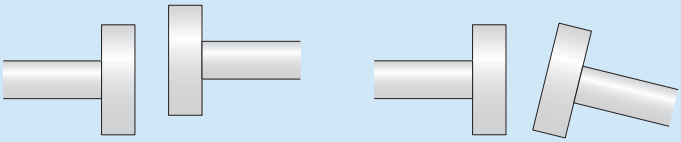
Требования к соосности должен указывать изготовитель машины. Однако если требования от производителя отсутствуют, как правило, используются допуски, указанные в **таблице 3**. Эти допуски не относятся к конкретному типу подшипника, размеру машины, скорости привода или типу оборудования и применяются только в качестве справочных.

Чтобы компенсировать тепловое расширение машины, производители оборудования могут указывать значения корректирующих перемещений при «холодной» выверке неработающего оборудования, которые учитывают тепловые деформации работающего оборудования. Для достижения требуемой соосности также нужно принимать во внимание другие факторы. Например, при горизонтальной выверке вала в редукторе можно использовать конкретную компоновку редуктора и различные функциональные зависимости величины требуемой соосности от параметров конструкции.

ПРИМЕЧАНИЕ: Точная выверка обычно требует более узкие допуски по мере увеличения частоты вращения.

Таблица 3

Примерные значения для допусков расцентровки валов



Частота вращения		**Допуски**[1]			
		Параллельная несоосность		Перекос	
более	включая	Очень хорошо	Допустимо	Очень хорошо	Допустимо
об/мин		мм		мм/100 мм	
–	**1 000**	0,07	0,13	0,06	0,10
1 000	**2 000**	0,05	0,10	0,05	0,08
2 000	**3 000**	0,03	0,07	0,04	0,07
3 000	**4 000**	0,02	0,05	0,03	0,06
4 000	**6 000**	< 0,02	0,03	< 0,03	0,05

[1] Допуски зависят от типа подшипника, размера машины и других конструктивных факторов.

Методы выверки соосности валов

Существуют различные методы выверки (центровки) валов двух машин. Некоторые основные методы центровки сравниваются в **таблице 4** и описываются на **стр. 170–173**.

Компания SKF рекомендует по возможности использовать лазерную технологию, как наиболее точную.

ПРИМЕЧАНИЕ: В процессе выверки можно выполнять измерения на конце вала или на ободе полумуфты. С целью упрощения в следующих процедурах упоминается только одна полумуфта. Информация о параметрах выверки и позициях измерения приведена в разделе *«Соглашения по измерению»*, начиная со **стр. 167**.

Традиционные методы выверки соосности валов

Традиционные механические методы выверки являются быстрыми, но недостаточно точными. В этих методах используются механические инструменты, такие как измерительные линейки, измерительные ленты, струны, наборы щупов, спиртовые уровни и калиброванные угольники.

Методы с использованием индикаторов часового типа

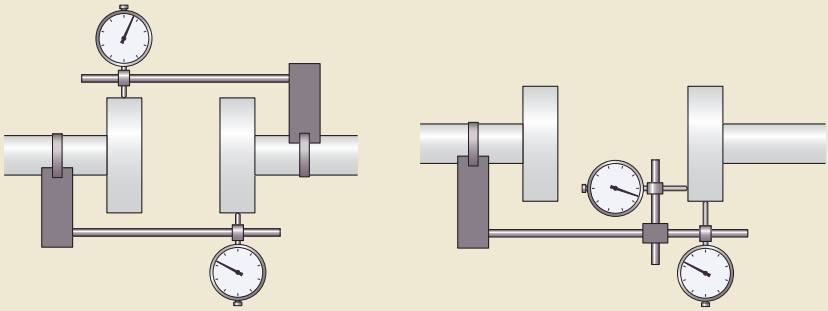
Индикаторы часового типа используются в двух основополагающих методах выверки (→ **рис. 13**):

- метод «обратных индикаторов» (**a**)
- метод выверки по окружности-торцу (**b**)

Метод выверки по окружностям наружной поверхности полумуфт (метод «обратных индикаторов») является предпочтительным, поскольку основывается на взаимной центровке валов. В этом методе используются два индикатора для измерения относительного смещения валов по окружности обоих полумуфт стационарной и подвижной машин.

В методе выверки по окружности наружной поверхности-торцу используются результаты измерений радиального биения по окружности полумуфты для определения смещения вала. Также используются измерения биения торца полумуфты для определения угловой несоосности.

Рис. 13



a) Метод «обратных индикаторов»

b) Метод выверки по окружности-торцу

Таблица 4

Методы выверки соосности валов

Тип	Метод	Использование	Преимущества	Недостатки
Традиционный	Линейка	Предварительная выверка	Простые инструменты Непосредственное считывание Относительно быстрый	Неточный Показания зависят от точности обработки торца полумуфты Требуются несколько повторов
Индикаторы часового типа	Выверка по измерению биения окружности	Точная выверка, если недоступно лазерное оборудование	Хорошая точность Выверка выполняется со всеми установленными элементами муфты Одновременно можно выполнять измерения линейного и углового смещения	Требуются специальные навыки Занимает много времени Требуются расчёты для регулировки и исключения погрешности измерений
	Выверка по измерению биения окружности-торца	Проверка биения вала Точная выверка, если недоступно лазерное оборудование	Хорошая точность Подходит для больших муфт и ограниченного пространства	Требуются специальные навыки Занимает много времени Требуются расчёты для регулировки и исключения погрешности измерений
Лазерный	Однолазерный метод	Точная выверка	Точное угловое измерение на коротких расстояниях Корректирующие значения автоматически рассчитываются прибором	Метод чувствителен к боковому зазору при перемещении несоединённых машин После каждого корректирующего перемещения требуется повторное измерение, поскольку теряется опорная точка
	Двухлазерный метод, напр., использование инструментов для выверки соосности валов SKF	Точная выверка соосности для больших и малых валов и для измерения расстояний до 10 м	Высокая точность Не требуются операторы-специалисты В реальном времени отображаются значения выверки и обновлённые исправления при регулировке машины Облегчает выверку на длинных расстояниях	Чем меньше расстояние между измерительными блоками, тем меньше точность измерения угловой расцентровки

ВНИМАНИЕ: Будьте внимательны, чтобы не пропустить полный оборот индикатора часового типа!

Лазерные методы выверки соосности валов

Оборудование для лазерной выверки позволяет быстрее и точнее выполнить выверку соосности валов.

Для выверки используются два типа лазерных систем:

- однолазерная система
- двухлазерная система

Однолазерная система имеет один лазерный луч и электронный детектор с одной или двумя метками. Двухлазерная система оснащена лазерным излучателем и детектором и работает по принципу метода «обратных индикаторов».

Для точной выверки рекомендуется оборудование с двухлазерной системой, например, инструменты для выверки соосности валов SKF (→ **рис. 14**).

ВНИМАНИЕ: Не допускаются сварочные работы возле лазерного оборудования для выверки или на машине с установленным лазером. Это может привести к повреждению лазерных диодов и электроники.

Двухлазерный метод с использованием приборов для выверки валов SKF

Проверка несоосности с использованием приборов для выверки соосности валов SKF выполняется очень просто и точно. Процесс обычно заключается в следующем:

- закрепление измерительных блоков на валу
- подключение дисплея

Рис. 14

Рис. 15

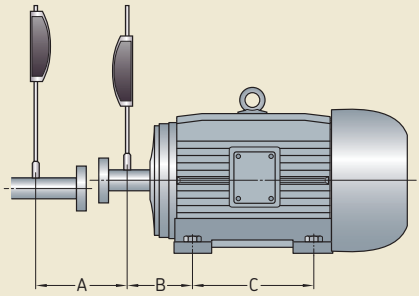
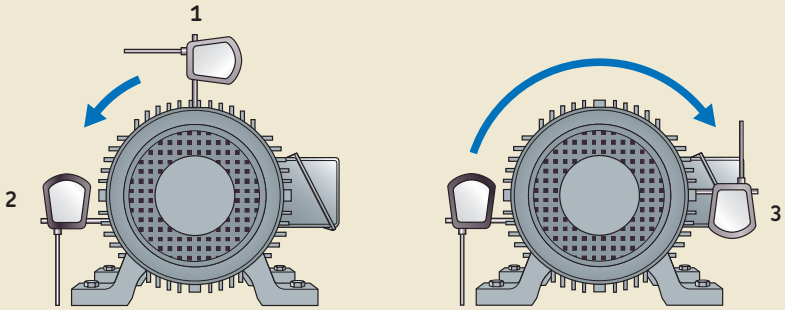


Рис. 16



- измерение расстояний A, B и C (→ **рис. 15**) и ввод их значений на дисплее
- настройка измерительных блоков
- определение необходимой регулировки опор машины путем измерений лазерными лучами в трёх различных позициях 1, 2 и 3 (→ **рис. 16**)
- использование калиброванных пластин для необходимых регулировок

Подробные инструкции по использованию приборов для выверки валов SKF входят в комплект поставки.

ВНИМАНИЕ: На показания лазерных систем влияют такие факторы, как тепло, свет и вибрация. Для подтверждения правильности выверки компания SKF рекомендует выполнить измерения повторно, руководс-твуясь вышеуказанными шагами.

Процесс выверки

Процесс выверки играет очень важную роль. Компания SKF рекомендует многошаговый процесс (→ **рис. 17**), который гарантирует получение качественного результата.

1. Подготовка

Подготовка является важным этапом в процессе выверки, поскольку позволяет беспрепятственно выполнить процедуру. Следует чётко определить задачу, объём работ, порядок действий и распределение ответственности.

В результате подготовительного этапа в рабочей карте должна быть ясно изложена вся известная информация, а на месте выполнения работ должны быть подготовлены все необходимые инструменты и материалы.

2. Проверка

Целью проверки является регистрация всех данных о расположении машины в состоянии «как есть». Примеры типовой проверки включают в себя следующие шаги:

- Проверка опорной поверхности и несущей рамы машины.
- Измерение подвижной опоры.
- Измерение биения обоих валов.
- Определение стационарной и подвижной машин.
- Выбор метода выверки и подготовка измерительного оборудования.

Дополнительная информация относительно этих мероприятий приведена в разделе *«Монтаж и выверка машины»*, начиная со **стр. 161**.

3. Оценка

Сравните состояние «как есть» с требуемым состоянием машины и предложите ответственным лицам принять соответствующее решение по измеренным отклонениям.

ПРИМЕЧАНИЕ: Некоторые отклонения не могут быть устранены немедленно после этапа оценки. Важно сохранить информацию по этим данным для того, чтобы её можно было использовать для инициирования корректирующих действий в будущем. Можно оценить дополнительный риск, чтобы оправдать любую отсрочку корректирующих действий.

Итогом этапа оценки должно быть чёткое, заверенное ответственными лицами решение по каждому результату в отношении корректирующих действий, подлежащих выполнению, с обоснованием по каждому решению. Должны быть определены все задачи, а все требуемые

Рис. 17

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Чтобы свести к минимуму возможность получения серьёзных травм, перед осуществлением любых исправлений выполните требуемые процедуры по блокировке и опломбированию оборудования.

инструменты и материалы для выверки — размещены на месте выполнения работ.

4. Исправление

Выполните предварительные исправления, чтобы свести к минимуму несоосность и улучшить точность измерений несоосности.

Цель предварительной (грубой) выверки состоит в выравнивании линий валов машин, достаточном для гарантированного измерения точной выверки. Не существует правил, устанавливающих степень точности предварительной выверки. Обычно «предварительной» выверкой считаются вертикальное и горизонтальное смещение около 1 мм и верти-кальная и горизонтальная угловая несоосность около 0,1 мм/100 мм. Чтобы выполнить эти требования, можно использовать один из традиционных методов выверки (→ *Традици-онные методы выверки соосности валов*, **стр. 170**).

Чтобы достичь требуемой точной выверки валов, компания SKF рекомендует использовать лазерную систему (→ *Лазерные методы выверки соосности вала*, начиная со **стр. 172**). Если лазерное оборудование недоступно, можно использовать индикаторы часового типа.

ПРИМЕЧАНИЕ: Важной частью коррекции несоосности является тестовый пуск (обкатка) машины. После тестового пуска следует выполнить конечное измерение, чтобы подтвердить отсутствие необходимости в дальнейших коррекциях.

Компания SKF рекомендует проверять соосность валов вновь установленного оборудования через 3–6 месяцев эксплуатации. Это обусловлено возможной «усадкой» опорных поверхностей и/или клиньев/калиброванных пластин. Как правило, соосность валов следует проверять ежегодно.

5. Отчёт

Информация, собранная на этапе исправления, обычно представлена в неудобном формате. Поэтому необходим этап составления отчёта.

Цель этапа составления отчёта состоит в разработке чёткого однозначного документа, содержащего все важные данные (в подходящем формате), необходимые для дальнейшего анализа, а также время, требуемое для завершения выверки машины и использования всех ресурсов, в том числе любых отклонений от стандартных процедур.

6. Анализ

На финальном этапе процесса выверки выполняется сравнительный анализ состояния «как есть» и требуемого состояния машины. Выводы об основных причинах всех отклонений делаются на основе истории машины (прежних отчётов и спецификаций), а также контрольных показателей машины (или других сравниваемых данных).

Анализ даёт возможность определить необходимость в дополнительных усовершенствованиях и выполнить сравнительный анализ затрат и результатов на будущее.

Выверка карданных валов

В карданном валу мощность от привода к приводимому механизму передается через промежуточный вал. Вал, часто называемый карданным, имеет с каждой стороны универсальный шарнир с крестовиной.

Самым распространенным размещением карданного вала является конфигурация Z (→ **рис. 18**), которая обычно используется в бумагоделательном производстве.

Необходимость точной выверки карданных валов

Может сложиться неправильное представление о том, что для карданных валов допустима значительная ошибка соосности и что, следовательно, нет необходимости в их точной выверке. Напротив, плохо отцентрованная карданная передача может привести к повышенной вибрации, потере энергии, преждевременному износу и даже полному отказу из-за среза.

Чтобы исключить эти нежелательные явления, для карданных валов требуются равные углы отклонения в соединениях и точная выверка ведущего и приводного валов.

Допуски на выверку карданных валов

Точность процедуры лазерной выверки карданного вала зависит от положения торца полумуфты стационарной машины, т. е. прямоугольности между торцом и осью вращения. Обычно допускается перекос в пределах 0,50 мм/1000 мм. В большинстве случаев это достигается при отсутствии условий, связанных с ограничением фундаментом или болтовым креплением.

Методы выверки карданных валов

При выверке карданного вала важно устранить перекос, тогда как смещение не играет существенной роли.

Существуют различные методы измерения соосности карданного вала. Традиционные методы, такие как использование линеек, не могут обеспечить требуемую точность. Компания SKF рекомендует по возможности использовать лазерную технологию.

Рис. 18

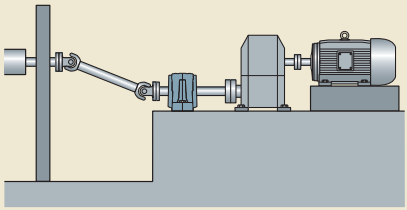
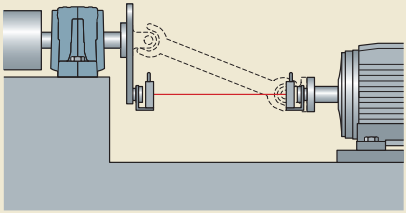


Рис. 19



Лазерные методы выверки карданных валов

Суть выверки карданных валов заключается в устранении смещения путем создания виртуальной или «фиктивной» оси вращения, параллельной ведомому валу (→ **рис. 19**).

Предварительная выверка достигается с помощью зажимного карданного приспособления и подходящего двухлазерного прибора для выверки валов.

Подробные инструкции по использованию лазерного оборудования для выверки входят в комплект поставки оборудования.

Выверка ремённых передач

Выверка ремённой передачи или, точнее, совмещение шкивов, является важным этапом техобслуживания. На неправильно выставленные шкивы действуют дополнительные нагрузки. Целью выверки ремённой передачи является совмещение ручьёв ведущего и ведомого шкивов таким образом, чтобы ремни работали с минимальным износом.

Преимущества правильно выверенной ремённой передачи:

- продолжительный срок службы ремней и подшипников
- сниженные уровни вибрации и шума
- экономия энергопотребления

Типы несоосности ремённых передач

Ремённая передача не выверена в случае, если ручьи шкивов не находятся на одной прямой линии. Существуют три типа несоосности ремённой передачи (→ **таблица 5**). На практике одновременно могут присутствовать несколько типов несоосности.

ВНИМАНИЕ: Если ремённая передача не выверена, новый ремень прослужит не дольше заменённого!

Допуски на выверку ремённых передач

Производители ремней обычно рекомендуют максимальную допустимую горизонтальную угловую несоосность 0,25–1,0°. Эта точность достигается только с помощью точных инструментов, таких как лазерное оборудование.

Методы выверки ремённых передач

Существуют два способа выверки шкивов: традиционный и лазерный. Основные методы выверки ременного привода сравниваются в **таблице 6** и описываются ниже.

Компания SKF рекомендует по возможности использовать лазерную технологию.

Рис. 20

Традиционные методы выверки ремённых передач

Традиционные методы выверки являются быстрыми, но недостаточно точными. В этих методах используются механические инструменты, такие как линейки, измерительные ленты, проволока, струна, наборы щупов, спиртовые уровни и калиброванные угольники.

Лазерные методы выверки ремённых передач

В противоположность традиционным инструментам для выверки ремённых передач лазерное оборудование позволяет выполнять измерения и регулировки с высокой точностью.

Лазерные приборы для выверки ремённых передач группируются в соответствии с частями совмещаемых шкивов:

- ручьи шкивов
- торцы шкивов

Лазерные системы, которые позволяют провести центровку ручьёв шкивов, например, приспособление для выверки ремённых передач SKF (→ **рис. 20**), обеспечивают более высокую точность по сравнению с теми, которые выверяют положение торцов шкивов. Выверка по ручьям шкивов предподчтительна также по причине точного выравнивания шкивов различных толщин, марок, типов или качества состояния торцов.

Подробные инструкции по использованию приборов для выверки ремённых передач входят в комплект поставки оборудования SKF.

Таблица 5

Типы несоосности ремённых передач

	Вертикальная угловая несоосность (перекручивание)	Горизонтальная угловая несоосность	Параллельное смещение
Описание	Валы ведущего и ведомого шкивов имеют скрещивающиеся оси	Валы ведущего и ведомого шкивов не параллельны	Валы ведущего и ведомого шкивов параллельны, но один из шкивов выдвинут далеко вперед или назад
Причина	Подвижная машина неправильно расположена в вертикальной плоскости	Подвижная машина неправильно расположена в горизонтальной плоскости	Подвижная машина неправильно расположена Один из шкивов неправильно отрегулирован на валу
Исправление	Отрегулируйте высоту передней или задней опоры подвижной машины	Переместите переднюю или заднюю опору подвижной машины по горизонтали	Переместите подвижную машину вперед или назад Переместите один из шкивов вперед или назад вдоль вала

Таблица 6

Методы выверки ремённых передач

Тип	Метод	Использование	Преимущества	Недостатки
Традиционный	Линейка	Приблизительная выверка	Простое оборудование	Неточный
	Струна		Непосредственное считывание	Показания зависят от точности обработки торца шкива
			Относительно быстрый	Требуются несколько повторов
Лазер	Выверка по торцам	Приблизительная выверка	Хорошая точность	Точность зависит от качества торца шкива
		Точная выверка	Также применяется для синхронных ремней	Совмещаются торцы, а не ручьи
			Не требуются специальные навыки	
	Центровка ручьев, напр., с помощью инструмента для выверки ремённых передач SKF	Точная выверка	Высокая точность	Нет
			Не требуются специальные навыки	
			Одновременно контролируются все три условия несоосности	
			Исправления осуществляются в реальном времени	

LGHP 2/1
High performance polyurea
SKF Bearing grease
Grease Fett Grasa
Grasso شحم للمحمل
SKF

Смазывание

Введение **180**
Управление процессами смазывания 180
Проверка, обращение и утилизация смазочных материалов. 181
Сравнительная оценка смазывания маслом и пластичной смазкой 182
Альтернативные смазочные материалы . . 182

Смазывание пластичной смазкой. **183**
Основные понятия о пластичной смазке . . 183
Базовое масло 183
Загустители 183
Присадки 184
Принцип работы смазки в подшипнике . . 184
Пояснения по техническим характеристикам смазок. 184
Свойства пластичной смазки 185
Пластичные смазки и условия эксплуатации подшипников 187
Эксплуатационные испытания смазки . 188
Выбор подходящей пластичной смазки . . 189
Расчётные средства для выбора смазки 189
Как смазывать подшипниковые узлы 189
Правильное время для смазывания . . . 189
Правильное количество смазки. 190
Способы смазывания при монтаже 191
Приработка подшипников, смазываемых пластичной смазкой 191
Повторное смазывание 192
Интервалы повторного смазывания . . . 192
Процедуры повторного смазывания . . . 194
Полная замена смазки 198
Совместимость пластичных смазок 200
Совместимость между смазками 200
Совместимость между смазками и материалами подшипников. 202
Совместимость между смазками и консервационным покрытием подшипников SKF 202
Продукция SKF для систем смазывания пластичной смазкой 202

Смазывание маслом **203**
Основные понятия о масле. 203
Базовое масло 203
Присадки 203
Вязкость масла 203
Как выбрать подходящее масло 203
Процесс выбора масла. 204
Расчётные средства для выбора масла 207
Системы смазывания маслом. 207
Типы систем смазывания маслом. 207
Техобслуживание систем смазывания маслом 207
Масла для цепей 209
Совместимость масел. 210
Анализ масла 210
Отбор проб масла. 210
Загрязнение и фильтрация 211
Продукция SKF для систем смазывания маслом 212

Централизованные системы смазывания **213**
Выбор соответствующего смазочного материала. 213
Типы централизованных систем смазывания. 213
Проточные системы смазывания. 214
Циркуляционные системы смазывания. 214

Введение

Для оптимизации срока службы подшипникового узла в него должно своевременно подаваться нужное количество соответствующего смазочного материала. На подшипник отрицательно влияет как недостаточное, так и избыточное количество смазки. Результат может быть одинаков: преждевременный выход подшипника из строя и дорогостоящий простой оборудования.

Неправильное смазывание приводит приблизительно к 36 % всех отказов подшипников. Сюда входят отказы по следующим причинам:

- неправильный выбор смазочных материалов
- недостаточное смазывание
- избыточное смазывание
- несоответствующие интервалы замены смазки
- непопадание смазочного материала в подшипник из-за плохой конструкции подшипникового узла, неверной сборки машины или засорения трубопровода

Если сюда добавить отказы подшипников, вызванные загрязнёнными смазочными материалами, то процент отказов может увеличиться до 50 %.

Эффективное и правильное смазывание способствует значительному снижению случаев преждевременных отказов подшипников и простоев оборудования. Для этого SKF предлагает широкий ассортимент смазочных материалов и систем смазывания, а также программы для выбора смазочных материалов и определения интервалов замены смазки.

В этой главе описывается только смазывание для подшипников качения. Информация по смазыванию других типов подшипников приведена на сайте www.skf.ru. Её также можно получить в технической службе компании SKF.

Дополнительная информация о продукции и инструментах для техобслуживания подшипников, а также смазочных материалах SKF приведена на сайтах www.mapro.skf.ru и www.skf.ru.

Информация о программах SKF LuBase, DialSet и SKF Lubrication Planner представлена на сайтах www.skf.ru и www.aptitudexchange.com.

Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов по смазыванию (→ *Обучение*, начало на **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Управление процессами смазывания

Управление процессами смазывания с сотнями или тысячами точек не является простой задачей. Однако и для нескольких точек смазывания важно организовать и документировать всю информацию относительно этих действий, а также внедрить программу управления процессами смазывания. При этом, должны учитываться следующие факторы:

- поставка и хранение смазочных материалов
- материальные и человеческие ресурсы
- графики и маршруты для смазывания
- анализ и контроль смазочного материала
- сравнительная оценка автоматического и ручного смазывания

Программа SKF Lubrication Planner, доступная на сайте www.skf.ru, является удобным для использования программным обеспечением, удовлетворяющим всем основным требованиям к оптимальному проектированию и управлению системами смазывания на предприятии.

Проверка, обращение и утилизация смазочных материалов

Проверка смазочных материалов

Независимо от даты производства пластичную смазку и масло нужно осматривать перед использованием.

Для пластичной смазки проверяется повышенное маслоотделение и любые признаки наличия плесени, воды или обесцвечивания.

Для масла проверяется наличие воды или обесцвечивание. Если масло выглядит мутным, то это скорее всего говорит о его загрязнении водой.

ПРИМЕЧАНИЕ: При осмотре пластичной смазки имейте в виду, что допускается некоторое маслоотделение.

Рекомендованная практика обращения со смазочным материалом

Очень важно соблюдать надлежащие процедуры обращения со смазочным материалом. Компания SKF рекомендует выполнять следующее:

- Вытирайте края ёмкостей со смазкой перед их открытием, чтобы не допустить попадания загрязнений.
- Для хранения смазочных материалов используйте чистые ёмкости.
- Используйте профессиональные инструменты.

ВНИМАНИЕ: Непосредственный контакт с нефтепродуктами может вызвать аллергическую реакцию! Перед началом работы со смазочными материалами прочтите соответствующие инструкции по безопасности и используйте защитные перчатки.

Инструкции по безопасности

Инструкции по безопасности содержат важную информацию о физических и химических свойствах смазочного материала. Они также содержат рекомендованные меры предосторожности при работе со смазочными материалами.

ПРИМЕЧАНИЕ: Инструкции по безопасности при работе со смазочными материалами для подшипников SKF доступны на сайте www.mapro.skf.ru.

Утилизация смазочных материалов

Неправильная утилизация смазочного материала опасна для работающего персонала и окружающей среды. Утилизируйте смазочные материалы в соответствии с государственными и локальными законодательными нормами и требованиями по охране окружающей среды.

Сравнительная оценка смазывания маслом и пластичной смазкой

Пластичная смазка — самый распространённый смазочный материал для подшипников качения, поскольку она обладает рядом преимуществ перед смазыванием маслом и обычно является более выгодным решением. Менее 20 % всех подшипников качения смазываются маслом.

Очень важно подобрать смазочный материал для конкретных условий эксплуатации, а также определить метод подачи смазки, установки и техобслуживания смазочного оборудования. При выборе между пластичной смазкой и маслом нужно принимать во внимание множество факторов (→ **таблица 1**).

Альтернативные смазочные материалы

В некоторых случаях материал SKF Solid Oil обладает определенными преимуществами перед пластичной смазкой или маслом. Solid Oil состоит из полимерной матрицы, насыщенной синтетическим смазочным маслом и полностью заполняющей свободное пространство в подшипнике. Заполнитель Solid Oil специально предназначен для тех случаев, когда обычное смазывание не является эффективным, или его невозможно использовать, например, в подшипниковых узлах с ограниченным доступом.

Некоторые типы подшипников качения, а также подшипниковых узлов SKF могут поставляться заполненными антифрикционным заполнителем Solid Oil. Такие подшипники имеют в обозначении суффикс W64.

Таблица 1

Сравнительная оценка смазывания пластичной смазкой и маслом

Критерий выбора		**Преимущества/недостатки** Пластичная смазка	Масло
Применение и условия эксплуатации	Сопряжённые детали	Подшипники и сопряжённые детали узла смазываются раздельно	Подшипники и сопряжённые детали можно смазывать одним и тем же маслом (если применимо)
	Уплотнения	Эффективность уплотнения корпусов повышается	Нет преимуществ для уплотнения
	Рабочая температура	Нет преимуществ для охлаждения Ограничения по рабочей температуре	Способствует охлаждению Подходит для высокой рабочей температуры
	Быстроходность	Ограничения по быстроходности	Подходит для высоких рабочих скоростей
	Ориентация вала	Подходит для вертикальных валов	Обычно не подходит для радиальных подшипников на вертикальных валах
	Применимость для пищевого оборудования	Низкая опасность загрязняющей утечки	Из-за возможности утечки допускается использовать только масла, совместимые с пищевыми продуктами
Установка и техобслуживание	Установка	Быстрая Относительно дешевая	Занимает много времени Дорогостоящая (требуются насосы, ванны и т. д.)
	Удерживание смазочного материала и утечки	Легко удерживается в корпусах подшипников	Количество смазочного материала легко контролируется Утечка возможна
	Осмотр	В процессе работы осмотр затруднён	Следует поддерживать уровень масла
	Применение смазочного материала	Удобно применять	Занимает много времени
	Замена смазочного материала	Сложно удалить всю смазку, но это не является проблемой при совместимости смазок	Можно полностью слить и заново заполнить ёмкости
	Контроль загрязнения	Сложно контролировать	Можно фильтровать и восстанавливать
	Контроль качества	Сложно контролировать	Легко контролировать

В случае экстремальных температур, например, в нагревательных печах и сушилках, высокие температуры могут привести к расплавлению или испарению обычных смазочных материалов. Для таких тяжёлых условий работы компания SKF предусматривает два варианта сухих смазочных материалов:

- подшипники с твёрдым смазочным составом на графитовой основе, суффиксы обозначения VA201, VA210 или VA2101
- подшипники с самосмазывающимся графитовым сепаратором, суффиксы обозначения VA208 или VA228

ПРИМЕЧАНИЕ: Для подшипников, заполненных Solid Oil, графитовой смазкой или графитовой пастой, не требуется повторное смазывание.

Смазывание пластичной смазкой

Основные понятия о пластичной смазке

Пластичную смазку можно представить как «густое масло». Смазка подшипников качения обычно представляет собой мельчайшие капли базового масла, равномерно распределённые в загустителе с присадками. Изменяя пропорции этих ингредиентов, возможно получить несколько различных смазок для различного применения.

Базовое масло

Базовое масло составляет от 70 до 95 % объёма пластичной смазки, и его можно классифицировать по трём категориям:

- минеральное
- синтетическое
- натуральное

Минеральные базовые масла являются очищенными нефтепродуктами. Минеральные масла наиболее употребительны в качестве базового масла, и такой смазочный материал подходит для большинства случаев применений.

В особых условиях эксплуатации, например, при экстремально низких или высоких рабочих температурах, предпочтительно синтетическое базовое масло. Синтетические базовые масла являются продуктами химической отрасли.

Натуральные базовые масла животного и растительного происхождения достаточно редко используются для подшипников качения, поскольку существует опасность быстрого окисления и ухудшения их качества.

Загустители

В пластичной смазке содержится от 5 до 30 % загустителя, который удерживает масло и присадки, обеспечивая функциональность смазки. Загуститель также служит связывающей основой для смазки, обеспечивая её удержание в полости подшипника.

Существуют различные загустители, каждый из которых обладает определёнными преимуществами в тех или иных условиях работы. В качестве загустителей используются металлические мыла или другие неорганические вещества.

Загустители на основе мыла

В наиболее распространенных смазках в качестве загустителя используются металлические мыла на основе лития (Li), кальция (Ca), натрия (Na) или алюминия (Al). Литиевое мыло наиболее часто используется в качестве загустителя для подшипниковых смазок.

Пластичные смазки с комплексными мылами являются результатом реакции между базовым металлом и двумя разнородными кислотами. Смазки с такими загустителями обычно обладают улучшенными характеристиками и способны выдерживать более высокие рабочие температуры, чем соответствующие традиционные смазки.

Неорганические загустители

Пластичные смазки с неорганическими загустителями, такими как глина, бетонит или силикагель, абсорбируют на своей активной поверхности молекулы масла. Такие смазки обладают низкой текучестью при высокой температуре и являются влагостойкими. Полимочевина также является примером неорганического загустителя.

Присадки

Химические вещества, известные как присадки, добавляются к пластичной смазке для достижения или улучшения определённых эксплуатационных характеристик. Некоторые наиболее распространенные присадки перечислены в **таблице 2**.

Антизадирные, антиизносные и твёрдые присадки

Антизадирные (EP) присадки могут иметь сложный состав, например, серные или фосфорные соединения. Присадки EP повышают нагрузочную способность смазочной плёнки при тяжёлых нагрузках.

Антиизносные присадки (AW) образуют защитный слой на металлических поверхностях аналогично присадкам EP.

Твёрдые присадки, такие как дисульфид молибдена (MoS_2) и графит, полезны для применения в пластичной смазке в условиях низких скоростей и тяжёлых нагрузок, когда базовое масло становится неэффективным.

Принцип работы смазки в подшипнике

Загуститель в смазке работает в качестве связующего вещества для базового масла и ведёт себя как наполненная водой губка. Если мокрую губку немного сжать, выделится небольшое количество воды. Если к губке приложить большее давление, выделится большее количество воды.

Подобным образом ведёт себя загуститель, который под нагрузкой выделяет базовое масло. Этот эффект известен под названием маслоотделение. После снятия нагрузки загуститель обычно снова абсорбирует базовое масло.

Таблица 2

Присадки к пластичной смазке

Присадка	Функция
Антикоррозийная	Улучшает защитные свойства смазки
Антиокислительная	Замедляет процесс окисления базового масла при высоких температурах, увеличивает срок службы смазки
Антизадирная (EP)	Повышает несущую способность смазочного слоя
Антиизносная (AW)	Предотвращает контакт металл-металл за счёт образования защитного слоя
Твёрдые присадки	Обеспечивают смазывание в условиях, когда базовое масло становится неэффективным

Пояснения по техническим характеристикам смазок

В технических характеристиках пластичных смазок предоставляется информация по трём основным аспектам:

- свойства смазки
- условия работы подшипника, для которых предназначена смазка
- результаты эксплуатационных испытаний смазки

Интерпретация и понимание технических характеристик смазок очень важны для правильного выбора смазки, а также обеспечения функционирования и техобслуживания систем смазывания.

Свойства пластичной смазки

В технических характеристиках смазки предоставляется информация о её важных свойствах, включая:

- класс консистенции NLGI
- тип загустителя
- точка (температура) каплепадения
- вязкость/тип базового масла
- диапазон рабочих температур

Класс консистенции NLGI

Согласно классификации Национального института пластичных смазочных материалов США (NLGI) существует несколько классов консистенции пластичных смазок. Смазки с высокой консистенцией, т. е. густые смазки, имеют высокие классы NLGI, смазки с низкой консистенцией, т. е. мягкие смазки, имеют низкие классы NLGI.

Всего существует девять классов NLGI. Для подшипников качения, в основном, используются три класса смазок: NLGI 1, 2 и 3.

ПРИМЕЧАНИЕ: Важно помнить, что консистенция смазки не имеет ничего общего с вязкостью базового масла. В «твёрдых» смазках с повышенной консистенцией вязкость базового масла может быть высокой или низкой.

Тип загустителя

В большинстве смазок в качестве загустителя используется литиевое, кальциевое или натриевое мыло. Литиевые и натриевые загустители имеют широкий диапазон температур, обычно до 120 °C. Диапазон температур кальциевого мыла ограничивается 80 °C, однако оно обеспечивает хорошую защиту от воды, в том числе, морской воды.

Комплексное мыло обычно обладает улучшенными свойствами и выдерживает более высокие температуры.

Точка каплепадения

Точка каплепадения обозначает температуру, при которой смазка теряет свою консистенцию и превращается в жидкость. Эта температура не означает предельную рабочую температуру смазки.

Вязкость/тип базового масла

Вязкость — это способность жидкости к течению или мера внутреннего трения, противодействующего сдвигу слоев жидкости. Различные жидкости имеют разную вязкость. Вода имеет низкую вязкость, поскольку обладает хорошей текучестью. Мёд имеет высокую вязкость, поскольку течет плохо.

Вязкость зависит от температуры и давления. Вязкость базового масла в смазке уменьшается с повышением температуры и повышается при снижении температуры. С другой стороны, вязкость базового масла в смазке повышается с ростом давления.

ВНИМАНИЕ: При повышении температуры на каждые 10–15 °C вязкость базового масла на минеральной основе снижается в два раза!

Вязкость базового масла указывается для двух значений температуры:

- международная стандартизированная базовая температура, т. е. 40 °C
- высокая температура, обычно 100 °C

По этой информации можно рассчитать вязкость базового масла при рабочей температуре. Методика для расчёта вязкости представлена в разделе *«Как выбрать подходящее масло»*, начиная со **стр. 204**.

Диапазон температур — принцип светофора SKF

Диапазон температур для смазок разделяется четырьмя граничными значениями температуры на пять зон:

- нижний температурный предел (LTL)
- нижний предел рабочих температур (LTPL)
- верхний предел рабочих температур (HTPL)
- верхний температурный предел (HTL)

Компания SKF иллюстрирует это схематически в виде «двойного светофора» (→ **рис. 1**).

Нижний температурный предел (LTL) является нижней температурой, при которой смазка позволит запустить подшипник в работу без затруднений, и определяется типом базового масла и его вязкостью.

Верхний температурный предел (HTL) определяется точкой каплепадения смазки, т. е. температурой, при которой пластичная смазка становится жидкой.

Очевидно, что эксплуатация выше HTL и ниже LTL невозможна, так как на рис. 1 эти температуры находятся в красной зоне. SKF рекомендует, чтобы температура не выходила за рамки рекомендованных производителем температурных пределов. Они указываются как верхний и нижний пределы рабочих температур. Именно в этом диапазоне, в зеленой зоне на **рис. 1** обеспечиваются надёжная работа пластичной смазки и возможность точного определения срока её службы.

Поскольку метод определения верхнего предела рабочих температур (HTPL) не стандартизован, необходимо проявлять осторожность при интерпретации технических данных, предоставляемых производителями смазочных материалов.

При температурах, превышающих верхний предел рабочих температур (HTPL), старение и окисление пластичной смазки происходит с нарастающей быстротой, а побочные продукты окисления оказывают негативное воздействие на смазочный материал. Поэтому рабочие температуры в жёлтой зоне между HTPL и HTL допускаются только кратковременно.

Рис. 1

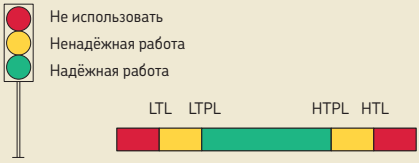


Таблица 3

Рабочие температуры подшипника (технические характеристики смазки)

Температура	Значения
Низкая (L)	< 50 °C
Средняя (M)	50–100 °C
Высокая (H)	> 100 °C
Очень высокая (EH)	> 150 °C

Таблица 4

Пределы быстроходности стандартных подшипников (технические характеристики смазки)

Быстроходность	Рекомендуемые пределы параметра быстроходности (A) для		
	Радиальных шарикоподшипников	Цилиндрических роликоподшипников	Конических роликоподшипников Сферических роликоподшипников Тороидальных роликоподшипников CARB
–	мм·об/мин		
Очень низкая (VL)	–	< 30 000	< 30 000
Низкая (L)	< 100 000	< 75 000	< 75 000
Средняя (M)	< 300 000	< 270 000	< 210 000
Высокая (H)	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
Очень высокая (VH)	< 700 000	–	–
Сверхвысокая (EH)	≥ 700 000	–	–

Существует также жёлтая зона для низких температур. По мере понижения температуры способность к маслоотделению снижается, а густота (консистенция) пластичной смазки возрастает. Это приводит к недостаточной подаче смазочного материала на поверхность контакта тел и дорожек качения. На **рис. 1** этот температурный предел обозначен как нижний предел рабочей температуры (LTPL). Кратковременная работа в жёлтой зоне, напр., в процессе холодного запуска, допустима, так как тепло, выделяемое при трении, повышает температуру подшипника и она быстро устанавливается в пределах зелёной зоны.

Пластичные смазки и условия эксплуатации подшипников

В технических характеристиках смазки содержится информация о подходящих условиях эксплуатации подшипника относительно:

- температуры
- скорости
- нагрузки

Тем не менее, эти описания ограничиваются общими определениями, такими как «низкий» или «очень высокий», и требуют интерпретации.

Температура

Рабочая температура подшипника измеряется как можно ближе к наружному кольцу подшипника и на нее оказывает влияние внешняя температура. Измеренная рабочая температура свыше 100 °C обычно считается «высокой».

Информацию о рабочих температурах подшипника в технических характеристиках смазки можно интерпретировать с помощью указаний в **таблице 3**.

Скорость

Указываемая в технических характеристиках смазки рабочая скорость связана с параметром быстроходности подшипника. Величина параметра быстроходности позволяет сравнить скоростные характеристики подшипников и выражается формулой:

Таблица 5

Нагрузки на подшипник (технические характеристики смазки)

Нагрузка	Значение
Лёгкая (L)	$P \leq 0{,}05\ C$
Средняя (M)	$0{,}05\ C < P \leq 0{,}1\ C$
Тяжёлая (H)	$0{,}1\ C < P \leq 0{,}15\ C$
Очень тяжёлая (VH)	$P > 0{,}15\ C$

$$A = n\ d_m$$

где

A = параметр быстроходности [мм·об/мин]
n = частота вращения [об/мин]
d_m = средний диаметр подшипника
$= 0{,}5\ (D + d)$ [мм]

Информацию о рабочих скоростях подшипника в технических характеристиках смазки можно интерпретировать с помощью указаний в **таблице 4**.

Нагрузка

Оценка степени нагруженности подшипника основана на соотношении между динамической грузоподъёмностью C подшипника и эквивалентной нагрузкой P (нагрузкой, которой подвергается подшипник). Поэтому:

- Чем меньше эквивалентная нагрузка P, тем больше отношение C/P и меньше нагружен подшипник.
- Чем больше эквивалентная нагрузка P, тем меньше отношение C/P и больше нагружен подшипник.

Информацию о нагрузках на подшипник в технических характеристиках смазки можно интерпретировать с помощью указаний в **таблице 5**.

Эксплуатационные испытания смазки

Другие характеристики смазки получены на основе результатов лабораторных испытаний, выполненных с пробами смазки.

Результаты испытаний можно интерпретировать с помощью указаний в **таблице 6**.

Выбор подходящей пластичной смазки

Все принятые меры для продления срока службы подшипника сводятся к нулю, если выбрана неподходящая смазка. Поэтому выбор правильной смазки критически важен для успешной работы машины. Смазка на основе минерального масла и литиевого загустителя класса NLGI 2 подходит для большинства случаев применения. Однако следует

Таблица 6

Эксплуатационные испытания пластичной смазки

Характеристика	Определение	Единицы измерения	Интерпретация результатов
Точка каплепадения	Температура, при которой пластичная смазка становится жидкой	Температура [°C]	–
Пенетрация	Твёрдость пластичной смазки (класс NLGI)	Величина пенетрации, значение между 85 и 475 [10^{-1} мм] (60 или 100 000 погружений конуса)	Высокое значение = мягкая смазка Низкое значение = твёрдая смазка
Стабильность при перекатывании	Как легко смазка размягчается или затвердевает	Изменение величины пенетрации [10^{-1} мм]	Высокое значение = меньшая стабильность Низкое значение = более высокая стабильность
Механическая стабильность	Размягчение и вытекание пластичной смазки под действием вибрации	Оценка в зависимости от массы вытекшей смазки (оценка SKF V2F)	M = очень незначительная утечка смазки m = умеренная утечка смазки Отрицательный результат = значительная утечка смазки
Защита от коррозии	Степень защиты от коррозии при попадании воды	Значение между 0 и 5 (SKF EMCOR, номинальное значение[1])	0 = коррозия отсутствует 5 = очень высокая степень коррозии
Маслоотделение	Количество масла, протекающего через сетчатый фильтр за время хранения	Процентная потеря массы [%] (DIN 51817)	0 % = нет отделения масла 100 % = полное отделение масла
Влагостойкость	Изменение внешнего вида смазки после погружения в воду	Значение между 0 и 3 (на основе визуального осмотра) (DIN 51807/1)	0 = нет изменений 3 = значительные изменения
Смазывающая способность	Смазывающая способность в рабочих условиях, типичных для больших подшипников (d ≥ 200 мм)	Оценка основана на сохранении смазочной способности смазки в крупногабаритных подшипниках при нормальных или высоких температурах (машина для испытания смазки SKF R2F)	Испытание без нагрева (при нормальной температуре) Пройдено = пластичная смазка пригодна Отрицательный результат = пластичная смазка не пригодна Испытание с нагревом (при высокой температуре) Пройдено = пластичная смазка пригодна Отрицательный результат = пластичная смазка не пригодна
Коррозия меди	Степень защиты смазкой медных сплавов	Значение между 1 и 4 (на основе визуального осмотра) DIN 51811)	1 = хорошая защита 4 = очень плохая защита
Срок службы смазки	Долговечность смазки в подшипнике	Время до отказа подшипника [часы] (машина для испытания смазки SKF ROF)	–
Антизадирные свойства (испытание VKA)	Возможность классификации смазки как антизадирной (EP)	Предел антизадирных свойств смазки [N] (DIN 51350/4)	–
Фреттинг-коррозия	Способность смазки защищать от фреттинг-коррозии	Износ подшипника [мг] (ASTM D4170)	–

[1] Стандартизировано в соответствии с ISO 11007.

учитывать все влияющие факторы, которые описаны ниже.

Перед выбором смазки соберите всю соответствующую информацию:

- область применения
- тип и габаритные размеры подшипника
- нагрузка на подшипник
- рабочая и окружающая температура
- частота вращения
- ориентация вала
- внешние факторы, напр., вибрация, давление
- сведения о загрязнении

ВНИМАНИЕ: Прежде чем выбрать пластичную смазку или изменить тип смазки, обратитесь к документации производителя. Не все смазки совместимы друг с другом, и в машине могут быть использованы материалы, несовместимые с некоторыми присадками к смазочному материалу.

Расчётные средства для выбора смазки

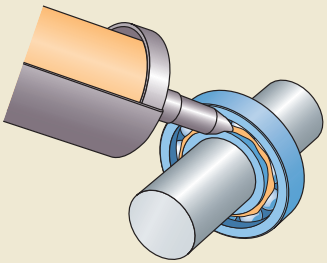
Для выбора соответствующей смазки для подшипников SKF можно использовать расчётную программу выбора смазки SKF LubeSelect. Другая программа SKF LuBase содержит подробные сведения о более чем 2000 смазочных материалов, предлагаемых более чем 100 поставщиками смазочных материалов. Обе программы доступны на сайте www.skf.ru.

Таблица выбора пластичной смазки для подшипников SKF предоставлена в **Приложении M** на **стр. 430–431**. Дополнительная информация по выбору подходящей пластичной смазки представлена на сайте www.skf.ru.

Как смазывать подшипниковые узлы

Большинство открытых подшипников качения поставляются без смазки. Однако на них имеется антикоррозийное покрытие. Антикоррозионное консервационное покрытие на подшипниках SKF совместимо с большинством смазочных материалов и присадок (за исключением, например, SKF LGET 2) и не требует удаления перед первичным смазыванием. Подшипники с защитной шайбой или уплотнённые с двух сторон смазываются на заводе-изготовителе, и их не нужно дополнительно смазывать при монтаже.

Рис. 2



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Фторсодержащая смазка SKF LGET 2 не совместима с другими смазками, маслами и консервационными покрытиями. Поэтому важно очень тщательно промывать подшипники и очищать смазочные системы перед нанесением свежей смазки.

ВНИМАНИЕ: Не допускается промывать подшипники с защитной шайбой или с двухсторонними уплотнениями.

Правильное время для смазывания

Обычно открытые подшипники смазываются после монтажа (→ **рис. 2**). Наиболее важная причина для этого — чистота. Чем позже наносится смазка, тем меньше вероятность попадания загрязняющих веществ в подшипник.

Подшипники следует смазывать до монтажа, если нет возможности для смазывания после монтажа, например, затруднён доступ к установленному подшипнику и др.

Правильное количество смазки

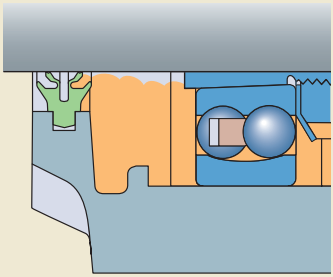
В общем случае подшипники, смонтированные в корпусах, следует полностью заполнять (100 %) смазкой перед запуском.

Свободное пространство в корпусе следует частично (на 30-50 %) заполнять смазкой (→ **рис. 3**). Если подшипники работают с низкой частотой вращения без вибрации и хорошо защищены от загрязнения, компания SKF рекомендует заполнять смазкой 90 % свободного пространства в корпусе.

В случае внешней среды с высоким уровнем загрязнения, можно заполнять корпус полностью или использовать уплотнённые подшипники SKF. Возможен и тройной уровень защиты, когда используется внешнее уплотнение корпуса, смазка в корпусе и уплотнение подшипника для защиты подшипника даже от мельчайших загрязняющих частиц.

ВНИМАНИЕ: Обязательно оставляйте в корпусе свободное пространство для смазки, выдавливаемой из подшипника после пуска. Если корпус полностью заполнен, может иметь место перемешивание и выделение тепла в смазке, при котором рабочая температура подшипника может увеличиться на 50 °C. Смазка может также вытекать из подшипника, что приведет к масляному голоданию. Если приработка не предполагается, объём первоначальной смазки следует уменьшить до максимального значения в 30 % от свободного объёма подшипника.

Рис. 3



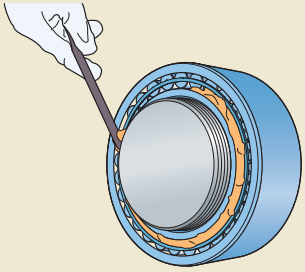
При установке лабиринтных уплотнений радиальные или осевые зазоры в них следует полностью заполнять смазкой.

Манжетные уплотнения с двумя кромками и уплотнения с контактной вспомогательной кромкой также полностью заполняются смазкой, поскольку сама смазка не только служит уплотнением, но и уменьшает температуру сопряжённой поверхности под кромкой.

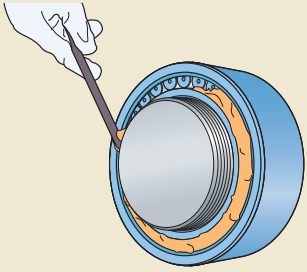
Тороидальные роликоподшипники CARB

Тороидальные роликоподшипники CARB имеют относительно большое свободное пространство для смазывания (→ **рис. 4**). Если эти подшипники полностью заполнены смазкой и вращаются на относительно высоких скоростях (> 75 % номинальной частоты вращения),

Рис. 4



a) Смазывание тороидальных роликоподшипников CARB с сепаратором (работа с высокой скоростью)



b) Смазывание бессепараторных тороидальных роликоподшипников CARB

можно ожидать повышение их рабочей температуры. Поэтому в этом случае компания SKF рекомендует заполнять смазкой только пространство между внутренним кольцом и сепаратором подшипника (**a**).

Бессепараторные подшипники CARB или подшипники CARB, работающие с малой или средней частотой вращения, следует полностью заполнять смазкой (**b**).

Прецизионные подшипники

Прецизионные подшипники обычно смазываются небольшим количеством смазки. Для шпинделей металлорежущих станков, которые в основном работают на высоких или очень высоких скоростях, необходимо заполнять смазкой менее 30 % свободного пространства в подшипнике. Исходя из практического опыта при эксплуатации, большинство подшипников заполняется на 10–15 % свободного пространства.

Дополнительная информация по смазыванию прецизионных подшипников представлена на сайте skf.ru.

Способы смазывания при монтаже

Способы смазывания зависят от конструкции подшипников и их корпусов. Подшипники могут быть разборными или неразборными, а корпуса — разъёмными или цельными. Здесь предлагается несколько рекомендаций по смазыванию подшипников.

Относительно информации по монтажу подшипников обращайтесь к главе *«Монтаж подшипников качения»*, начиная со **стр. 44**.

Разборные подшипники

К разборным подшипникам относятся цилиндрические и конические роликоподшипники, шарикоподшипники с четырёхточечным контактом и все типы упорных подшипников. Эти подшипники следует смазывать в разобранном виде в порядке, определяемом последовательностью монтажа. Свободное пространство между телами качения и сепаратором полностью заполняется смазкой. Если тела качения и сепаратор снимаются с обоих колец, нанесите немного смазки на дорожку качения одного из колец, чтобы не повредить поверхность при установке сепаратора с роликами на кольцо.

Неразборные подшипники

Неразборные подшипники, например, радиально-упорные шарикоподшипники и радиальные подшипники, желательно заполнять смазкой после монтажа монтажа с обеих сторон.

В самоустанавливающихся шарикоподшипниках, сферических роликоподшипниках и тороидальных роликоподшипниках CARB можно вывернуть одно кольцо относительно другого для упрощения процедуры смазывания. Затем подшипник нужно провернуть несколько раз, чтобы равномерно распределить смазку.

ВНИМАНИЕ: При развороте кольца тороидального роликоподшипника CARB или самоустанавливающегося шарикоподшипника нижние тела качения могут выпасть. Это может привести к заеданию тел качения в наружном кольце и его повреждению при попытке вернуть кольцо на место. Чтобы избежать этого, аккуратно и равномерно без усилий вставьте тела качения на место.

Смазывание подшипников перед монтажом

Открытые подшипники, если отсутствует возможность выполнить смазывание после монтажа, необходимо смазывать перед монтажом следующим образом:

1. Поместите подшипник на чистый пластиковый лист.
2. Закрепите крупногабаритные подшипники клином или используйте V-образный блок, чтобы удерживать подшипник на месте.
3. Заполните свободное пространство с обеих сторон между телами качения и сепаратором смазкой с помощью смазочного шприца. В самоустанавливающемся подшипнике выверните одно из колец подшипника, открыв тела качения, а затем закладывайте смазку.
4. Если подшипник невозможно смонтировать немедленно, заверните его в пластик для защиты от загрязнений.

Приработка подшипников, смазываемых пластичной смазкой

Во время начального запуска температура повторно смазанных подшипников будет увеличиваться. Поэтому SKF рекомендует выполнять приработку подшипников перед их эксплуатацией на полной скорости. Это особенно важно для высокоскоростных подшипниковых

узлов. Без приработки температура подшипников может значительно увеличиться в рабочем режиме.

Приработка подшипника предполагает его вращение с постепенно возрастающей скоростью, начиная с низкой исходной частоты вращения. В конце периода приработки смазка будет равномерно распределена в подшипниковом узле, и рабочая температура стабилизируется.

Повторное смазывание

Смазочные материалы имеют ограниченный срок службы. Под влиянием времени, температуры, механической нагрузки, окисления и попадания загрязняющих веществ качество смазки в подшипнике и её свойства постепенно ухудшаются. Повторное смазывание — это закладка свежей смазки в подшипниковый узел после определённого периода эксплуатации.

Для надлежащего повторного смазывания нужно учитывать три важных фактора: тип смазки, количество смазки и интервал смазывания. Количество смазки и интервал смазывания в значительной степени зависят от того, смазывается ли подшипник вручную или автоматически.

Уплотнённые подшипники обычно смазываются на весь срок службы. Однако в тяжёлых условиях эксплуатации может потребоваться замена смазки. Поэтому для некоторых уплотнённых подшипников предусмотрена возможность для их повторного смазывания.

Интервалы повторного смазывания

Интервалы повторного смазывания зависят от множества связанных факторов. Прежде чем приступить к разработке программы по смазыванию, проверьте рекомендации производителя оборудования. Если такой возможности нет, соберите всю важную информацию перед расчётом интервалов смазывания:

- область применения подшипника
- тип и габаритные размеры подшипника
- нагрузка на подшипник
- рабочая и окружающая температура
- частота вращения
- ориентация вала
- внешние факторы, напр., вибрация, давление
- степень загрязнения

Интервал смазывания tf можно получить на основе **диаграммы 1** в зависимости от следующих факторов:

- параметр быстроходности A
- коэффициент подшипника b_f
- коэффициент нагрузки C/P

где

$A = n\, d_m$ [мм·об/мин]
n = частота вращения [об/мин]
d_m = средний диаметр подшипника = 0,5 (d + D) [мм]
b_f = коэффициент подшипника зависит от типа подшипника и условий его нагружения (→ **таблица 7**, **стр. 194**)

Если анализ отказа подшипника показал, что имеется проблема с повышенным тепловыделением и/или смазыванием, первым делом нужно проверить правильность выбора смазки. Если это так, проверьте рекомендованные пределы для параметра быстроходности в **таблице 7**, **стр. 194**. Если параметр быстроходности подшипника превышает его рекомендованное значение, указанное в таблице, применение масляной ванны или циркуляционной системы смазывания может существенно увеличить срок службы подшипника.

Интервалы смазывания по **диаграмме 1** приближенно определяются для следующих условий эксплуатации:

- рабочая температура подшипника 70 °C
- смазывание высококачественной пластичной смазкой на литиевой основе
- горизонтальный вал
- вращение внутреннего кольца
- чистая среда

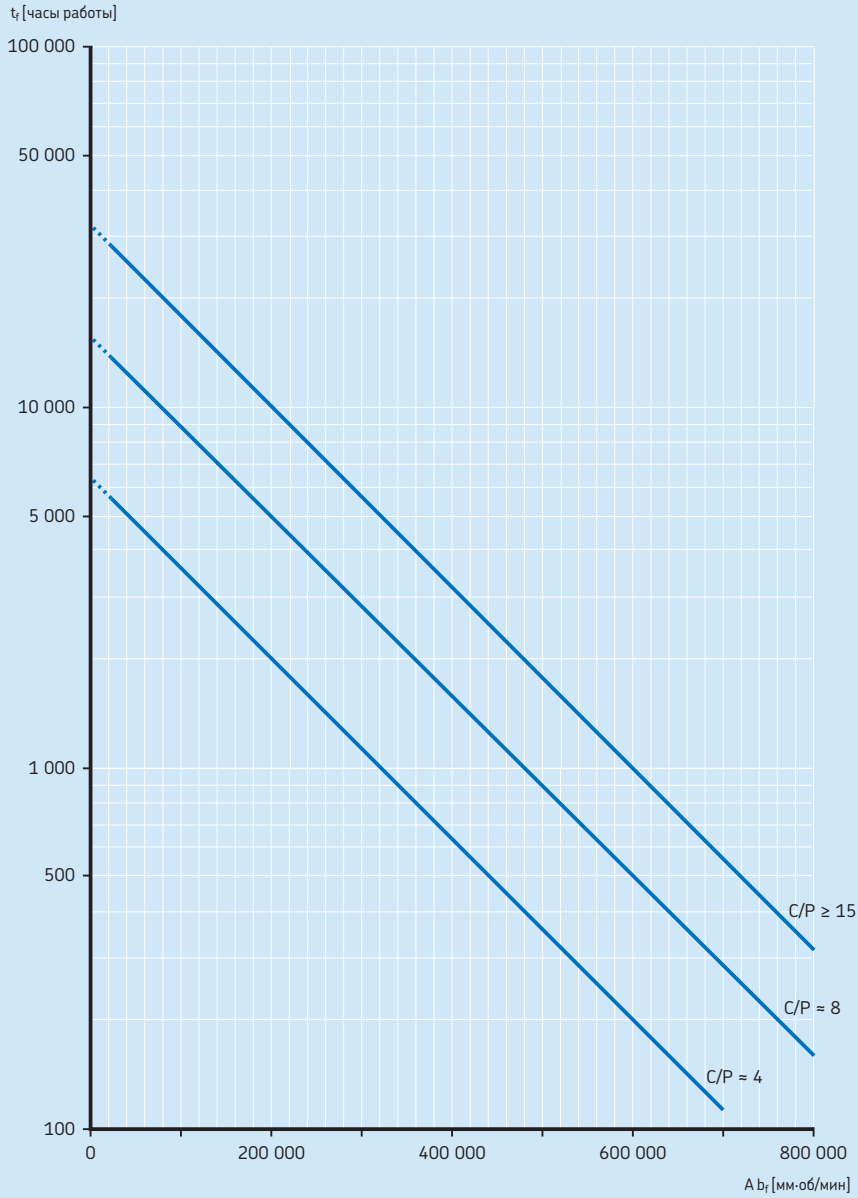
Если условия работы подшипника отличаются от указанных, рекомендуется скорректировать интервалы смазывания в соответствии с информацией в **таблице 8**, **стр. 195**.

ПРИМЕЧАНИЕ: При использовании в узле подшипников различных типоразмеров используйте самый короткий расчётный интервал смазывания для всех подшипников.

Программу выбора смазки SKF LubeSelect, доступную на на сайте www.skf.ru, можно также использовать для расчёта интервалов повторного смазывания.

Диаграмма 1

Интервалы смазывания при рабочей температуре 70 °C



Процедуры повторного смазывания

В целом выбор процедуры повторного смазывания зависит от области применения подшипника, условий работы и расчётного интервала смазывания t_f. Существуют две основные процедуры повторного смазывания: пополнение и непрерывное смазывание (→ **таблица 9**).

Таблица 7

Коэффициенты подшипника и рекомендуемые пределы параметра быстроходности A

Тип подшипника[1]	Коэффициент подшипника b_f	Рекомендуемые пределы параметра быстроходности A для нагрузки		
		C/P ≥ 15	C/P ≈ 8	C/P ≈ 4
–	–	мм·об/мин		
Радиальные шарикоподшипники	1	500 000	400 000	300 000
Радиально-упорные шарикоподшипники	1	500 000	400 000	300 000
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	1	500 000	400 000	300 000
Цилиндрические роликоподшипники				
• плавающие подшипники	1,5	450 000	300 000	150 000
• плавающие подшипники без осевых нагрузок или с лёгкими, но переменными осевыми нагрузками	2	300 000	200 000	100 000
• фиксирующие подшипники с постоянной осевой нагрузкой	4	200 000	120 000	60 000
• бессепараторные[2]	4	Н/п[3]	Н/п[3]	20 000
Конические роликоподшипники	2	350 000	300 000	200 000
Сферические роликоподшипники				
• если $F_a/F_r \leq e$ и $d_m \leq 800$ мм				
– серии 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
– серии 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
– серия 241	2	150 000	80 000[4]	50 000[4]
• если $F_a/F_r \leq e$ и $d_m > 800$ мм				
– серии 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– серии 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– серия 241	2	100 000	50 000[4]	30 000[4]
• если $F_a/F_r > e$				
– все серии	6	150 000	50 000[4]	30 000[4]
Тороидальные роликоподшипники CARB				
• с сепаратором	2	350 000	200 000	100 000
• бессепараторные[2]	4	Н/п[3]	Н/п[3]	20 000
Упорные шарикоподшипники	2	200 000	150 000	100 000
Упорные цилиндрические роликоподшипники	10	100 000	60 000	30 000
Упорные сферические роликоподшипники				
• вращающееся тугое кольцо	4	200 000	120 000	60 000

[1] Коэффициенты подшипника и рекомендованные практические пределы параметра быстроходности A применимы к подшипникам со стандартной внутренней геометрией и стандартными сепараторами. Эти же данные для подшипников с модифицированной внутренней геометрией и специальными сепараторами можно получить в технической службе SKF.
[2] Значение t_f, полученное из **диаграммы 1**, **стр. 193**, нужно уменьшить в 10 раз.
[3] Неприменимо. Компания SKF не рекомендует использовать бессепараторный подшипник для этих значений C/P.
[4] Для более высоких частот вращения рекомендуется смазывание маслом.

Таблица 8

Корректировка расчётного интервала смазывания

Условия эксплуатации / тип подшипника	Описание	Уточнённый интервал смазывания t_f	Причина для корректировки
Рабочая температура	На каждые 15 °C выше 70 °C, до верхнего предела температур (HTL)	Поделить интервал на два	Для учёта ускоренного старения смазки при высоких температурах
	На каждые 15 °C ниже 70 °C	Удвоить интервал (максимум в два раза)[1]	Для учёта снижения вероятности старения смазки при низких температурах
Ориентация вала	Подшипники, смонтированные на вертикальном валу	Поделить интервал на два	Пластичная смазка вытекает под действием гравитации
Вибрация	Высокие уровни вибрации и ударные нагрузки	Сократить интервал[2]	Пластичная смазка оседает при воздействии вибрации, что приводит к перемешиванию
Вращение наружного кольца	Вращение наружного кольца или вес эксцентрического вала	Уточнить параметр быстроходности A, используя D, а не d_m	Пластичная смазка имеет сокращённый срок службы в этих условиях
Загрязнение	Сильное загрязнение или наличие жидких загрязняющих веществ	Сократить интервал[2] [3]	Снижение разрушающего воздействия загрязняющих веществ
Нагрузка	Очень тяжёлые нагрузки т. е. P > 0,15 C	Сократить интервал[2]	В этих условиях срок службы пластичной смазки сокращается
Размер подшипника	Подшипники с внутренним диаметром d > 300 мм	Сократить интервал[2]	Ответственные узлы, для которых требуются программы строгой и частой замены смазки
Цилиндрические роликоподшипники	Подшипники с сепараторами J, JA, JB, MA, MB, ML, MP и PHA[4]	Поделить интервал на два	Маслоотделение ограничено конструкцией этих сепараторов

[1] Не продлевайте интервал для бессепараторных и упорных подшипников.
[2] Свяжитесь с технической службой компании SKF.
[3] Для условий сильного загрязнения необходимо использовать уплотненные подшипники SKF или непрерывное смазывание.
[4] Для сепараторов P, PH, M и MR корректировка интервала смазывания не требуется.

Таблица 9

Процедуры повторного смазывания

Процедура смазывания	Подходящий интервал смазывания t_f	Преимущества	Недостатки	Требования
Пополнение смазки	t_f < 6 месяцев	Непрерывная эксплуатация	Требуются смазочные каналы в корпусе подшипника	Корпуса подшипников с пресс-маслёнками
			Трудоёмкий процесс	Смазочный шприц
			Требуется удобный доступ к корпусу подшипника	
			Высокая опасность загрязнения	
Непрерывное смазывание	t_f очень короткий	Идеально для труднодоступных точек	Требуется хорошая прокачиваемость смазки (особенно при низкой окружающей температуре)	Автоматические лубрикаторы или централизованные системы смазывания
		Низкая опасность загрязнения		
		Процесс не является трудоёмким		
		Непрерывный контроль смазки		
		Непрерывная эксплуатация		

Пополнение смазки

Требуемое для пополнения количество смазки в самом подшипнике зависит исключительно от размеров подшипника.

Конструкция некоторых подшипников обеспечивает их эффективное смазывание через центральные отверстия во внутреннем или наружном кольце подшипника (→ **рис. 5**). Требуемое при этом количество смазки можно получить с помощью формулы:

$$G_p = 0{,}002 \times D \times B$$

Другие подшипники можно смазывать только со стороны боковой плоскости подшипника (→ **рис. 6**). Требуемое количество смазки можно получить с помощью формулы:

$$G_p = 0{,}005 \times D \times B$$

где

G_p = количество добавляемой смазки при пополнении [г]
D = наружный диаметр подшипника [мм]
B = общая ширина подшипника (для упорных подшипников используется высота H) [мм]

Подшипниковые узлы в корпусах с контактными уплотнениями, т. е. уплотнениями с двумя или четырьмя кромками уплотнения, должны быть оснащены выпускными отверстиями для избыточной или отработанной смазки. Выпускные отверстия для смазки расположены со стороны стопорной гайки и, следовательно, с противоположной стороны от пресс-маслёнки (→ **рис. 7**).

В подшипниковых узлах с бесконтактными уплотнениями, такими как лабиринтное уплотнение, не требуется выпускное отверстие для смазки, поскольку использованная и излишняя смазка выдавливается через зазор в лабиринте после ввода свежей смазки (→ **рис. 8**).

Пластичную смазку следует заменять на ранних стадиях ухудшения её качества. Для пополнения смазки компания SKF рекомендует следующее:

1. Если добавляется другая смазка, проверьте совместимость смазок (→ *Совместимость пластичных смазок*, начиная со **стр. 200**).
2. Промойте пресс-маслёнку.
3. Необходимо пополнять смазку во время работы машины. Если это невозможно, проворачивайте вал от руки.
4. В случае длинных смазочных каналов и низкой внешней температуры проверьте достаточную прокачиваемость смазки, обращая внимание на отсутствие чрезмерного маслоотделения при работе насоса.
5. После трёх-пяти пополнений по возможности полностью замените пластичную смазку (→ *Полная замена смазки*, начиная со **стр. 198**).

Рис. 5

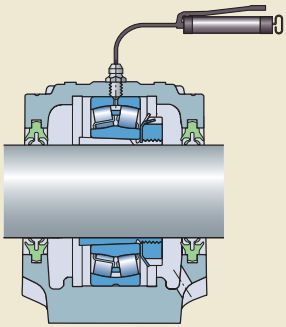
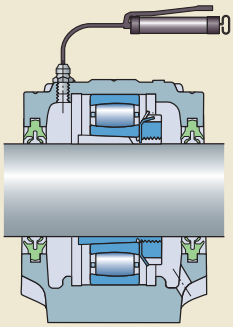


Рис. 6



ВНИМАНИЕ: Не закладывайте большее количество смазки, чем требуется. При выдавливании излишней смазки через контактные уплотнения они могут повредиться, что приведёт к перегреву и преждевременному выходу подшипника из строя.

Непрерывное смазывание

Непрерывное смазывание используется, например, при работе на высокой скорости, когда требуется непрерывно подавать небольшое количество смазки. В крайне загрязнённой окружающей среде тоже необходимо применять непрерывное смазывание для защиты от загрязняющих веществ.

Решения в области автоматического смазывания предназначены для непрерывного смазывания, смазывания в труднодоступных или опасных местах, а также если необходимо повысить надёжность смазывания. Основное преимущество автоматического смазывания заключается в более точном контроле за типом и количеством подаваемой смазки в каждую точку. Кроме того, значительно снижается риск загрязнения, связанного с ручным смазыванием посредством смазочного шприца.

Количество пластичной смазки, требуемой для непрерывного смазывания, можно приблизительно рассчитать по следующей формуле:

$$G_k = (0{,}3 \ldots 0{,}5)\, D\, B \times 10^{-4}$$

где

G_k = количество пластичной смазки для непрерывной подачи [г/ч]
D = наружный диаметр подшипника [мм]
B = общая ширина подшипника (для упорных подшипников используется общая высота H) [мм]

В качестве альтернативы расчётное количество смазки для пополнения G_p (→ *Пополнение смазки*, **стр. 196**) можно распределять на весь интервал смазывания.

Компания SKF производит одноточечные и многоточечные автоматические лубрикаторы, например, лубрикаторы SKF SYSTEM 24. Централизованные системы смазывания являются другим вариантом непрерывного автоматического смазывания (→ *Централизованные системы смазывания*, начиная со **стр. 213**).

Рис. 7

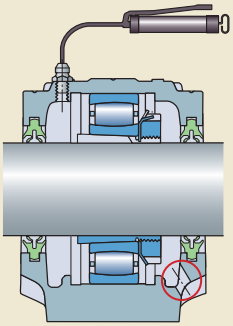
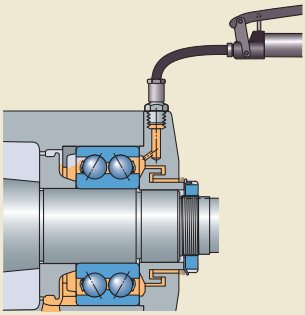


Рис. 8



SKF SYSTEM 24

Лубрикаторы SKF SYSTEM 24 серии LAGD (→ **рис. 9**) состоят из прозрачного контейнера, заполненного требуемым смазочным материалом, и газогенераторного элемента. Значения на круговом индикаторе времени означают фактическое время опорожнения контейнера. Лубрикаторы можно на время выключить, установив индикатор времени на ноль.

Лубрикаторы SKF SYSTEM 24 серии LAGE (→ **рис. 10**) состоят из прозрачного контейнера, заполненного требуемым смазочным материалом, и электромеханической системы привода. Выпускаются лубрикаторы для пополнения смазки с питанием от электрических элементов. Скорость подачи смазки зависит от её температуры.

Обе серии лубрикаторов имеют максимальное рабочее давление 5 бар и штуцер с резьбой G 1/4. Дополнительные технические характеристики предоставлены в **таблице 10**.

ВНИМАНИЕ: Убедитесь, что тип смазки в новом лубрикаторе соответствует типу старой смазки. Если используется новая смазка, убедитесь, что типы смазок совместимы.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чтобы свести к минимуму возможность серьёзных травм, перед началом любых работ выполните требуемые процедуры по блокировке и опломбированию оборудования.

Полная замена смазки

Полная замена смазки — это процесс остановки машины, удаления существующей пластичной смазки из подшипникового узла и заполнения свежей смазки. Полную замену пластичной смазки рекомендуется выполнять после нескольких пополнений или в случае, если интервал смазывания превышает шесть месяцев.

Для полной замены смазки в подшипниковом узле с разъёмным корпусом компания SKF рекомендует следующее:

1. Очистите рабочую зону в цехе.
2. Откройте корпус.
3. Полностью удалите использованную смазку из корпуса с помощью шпателя и промойте корпус растворителем.
4. Очистите подшипник с помощью растворителя и дайте ему просохнуть от остатков растворителя.

Рис. 9

Рис. 10

5 Заполните свободное пространство между телами качения и сепаратором смазкой с доступной стороны с помощью укладчика смазки.
6 Заполните корпус пластичной смазкой на 30–50 % (типовое количество для большинства применений).
7 Установите крышу корпуса на место.
8 Выполните приработку подшипника.

При отсутствии удобного доступа к корпусам, но при наличии в них пресс-маслёнок и выпускного отверстия смазки компания SKF рекомендует следующее:

ВНИМАНИЕ: Если добавляется другая смазка, проверьте совместимость смазок (→ *Совместимость пластичных смазок*, начиная со **стр. 200**).

1 Убедитесь, что выпускное отверстие для смазки открыто.
2 Очистите пресс-маслёнку.
3 Равномерно вводите новую смазку (не слишком быстро) через пресс-маслёнку во время работы машины.
4 Собирайте выходящую через выпускное отверстие смазку в ёмкость.
5 Продолжайте добавлять свежую смазку, пока она не выдавится из выпускного отверстия.

ВНИМАНИЕ: Добавление слишком большого количества пластичной смазки или её слишком быстрая подача без возможности выдавливания смазки приведёт к её перемешиванию и повышению рабочей температуры подшипника.

Таблица 10

Лубрикаторы SKF SYSTEM 24

Параметр	**Лубрикатор** LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Объём смазки	60 мл	125 мл	122 мл	250 мл
Номинальное время опорожнения	1–12 месяцев (регулируется)	1–12 месяцев (регулируется)	1, 3, 6, 9 или 12 месяцев (регулируется)	1, 3, 6, 9 или 12 месяцев (регулируется)
Диапазон окружающей температуры	–20... +60 °C	–20... +60 °C	0... +55 °C	0... +55 °C
Обозначение для заказа предварительно заполненных лубрикаторов	LAGD 60/ смазочный материал	LAGD 125/ смазочный материал	LAGE 125/ смазочный материал	LAGE 250/ смазочный материал
Подходящие пластичные смазки SKF	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Подходящие масла SKF для цепей[1)]	–	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

[1)] Дополнительная информация о маслах SKF для цепей приведена в **таблице 16** на **стр. 209**.

Совместимость пластичных смазок

При необходимости перехода от одного типа смазки к другому следует проверить две смазки на совместимость при смешивании. Поскольку смазка в подшипниковом узле контактирует со всеми деталями, она должна быть совместима со всеми применяемыми в подшипнике материалами и консервационными покрытиями.

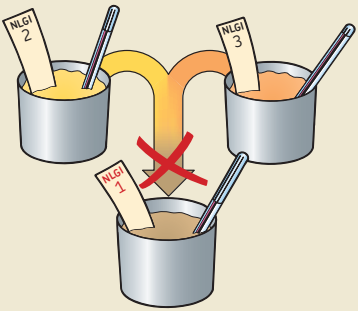
Совместимость между смазками

Пластичные смазки с аналогичными загустителем и базовыми маслами можно смешивать без проблем. Однако при смешивании несовместимых смазок их конечная консистенция может снизиться (→ **рис. 11**), что может привести к преждевременному выходу подшипника из строя из-за утечки смазки из подшипника. Как правило, результирующая смесь также имеет более низкую максимальную рабочую температуру, а смазочная плёнка (при работе) обладает более низкой нагрузочной способностью, чем отдельные компоненты.

ВНИМАНИЕ: Не рекомендуется смешивать пластичные смазки. Если тип исходной пластичной смазки неизвестен, сначала полностью удалите старую смазку, а затем используйте новую смазку (→ *Полная замена смазки*, начиная со **стр. 198**).

Чтобы определить совместимость двух смазок при смешивании, проверьте на совместимость их базовые масла (→ **таблица 11**) и загустители (→ **таблица 12**).

Рис. 11



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Фторсодержащая смазка SKF LGET 2 не совместима с другими смазками, маслами и консервационными покрытиями. Поэтому важно очень тщательно промывать подшипники и очищать смазочные системы перед заполнением свежей смазкой.

Таблица 11

Совместимость базовых масел

	Минеральное/ PAO	Эфирное	Полигликоль	Силикон: метил	Силикон: фенил	Полифенил-эфир	PFPE
Минеральное/PAO	+	+	-	-	+	o	-
Эфирное	+	+	+	-	+	o	-
Полигликоль	-	+	+	-	-	-	-
Силикон: метил	-	-	-	+	+	-	-
Силикон: фенил	+	+	-	+	+	+	-
Полифенил-эфир	o	o	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

\+ Совместимы o Требуется испытание - Несовместимы

Таблица 12

Совместимость загустителей

	Литий	Кальций	Натрий	Литиевый комплекс	Кальциевый комплекс	Натриевый комплекс	Бариевый комплекс	Алюминиевый комплекс	Глина	Полимочевина [1]	Кальциево-сульфонатный комплекс
Литий	+	o	-	+	-	o	o	-	o	o	+
Кальций	o	+	o	+	-	o	o	-	o	o	+
Натрий	-	o	+	o	o	+	+	-	o	o	-
Литиевый комплекс	+	+	o	+	+	o	o	+	-	-	+
Кальциевый комплекс	-	-	o	+	+	o	-	o	o	+	+
Натриевый комплекс	o	o	+	o	o	+	+	-	-	o	o
Бариевый комплекс	o	o	+	o	-	+	+	+	o	o	o
Алюминиевый комплекс	-	-	-	+	o	-	+	+	-	o	-
Глина	o	o	o	-	o	-	o	-	+	o	-
Полимочевина[1)]	o	o	o	-	+	o	o	o	o	+	+
Кальциево-сульфонатный комплекс	+	+	-	+	+	o	o	-	-	+	+

\+ Совместимы o Требуется испытание - Несовместимы

[1)] Успешные испытания смазки SKF LGHP 2 продемонстрировали её совместимость с загущёнными смазками на основе лития и литиевого комплекса.

Признаки несовместимости пластичных смазок

Следующие признаки, наблюдаемые в процессе работы, обычно свидетельствуют о несовместимости пластичных смазок:

- утечка смазочного материала
- затвердевание смазочного материала
- изменение цвета смазочного материала
- повышение рабочей температуры

Быстрая проверка совместимости

Можно выполнить следующую быструю проверку на основе совместимости загустителя (механической стабильности) и совместимости базового масла (смачивания поверхности):

1. Поместите равное количество смазки каждого типа в ёмкость.
2. Перемешайте смесь стержнем.
3. Переложите смесь в другую ёмкость.

Если смесь затвердевает или становится более мягкой и текучей, чем одна из исходных смазок, то это указывает на вероятную несовместимость смазок.

ВНИМАНИЕ: Данная быстрая проверка совместимости не является руководством! Компания SKF рекомендует проводить лабораторные испытания для определения совместимости.

Совместимость между смазками и материалами подшипников

Подшипниковые пластичные смазки SKF совместимы с большинством материалов деталей подшипников. Однако нужно помнить о следующем:

- Смазка с антизадирными присадками (EP) может вступать в нежелательную реакцию с сепараторами из полиамида 66 при температуре свыше 100 °C.
- Пластичная смазка с серными антизадирными присадками EP может разъедать латунные сепараторы при температуре свыше 100 °C.
- Смазка на основе эфирного масла не совместима с уплотнениями из акриловой резины (ACM).

Совместимость между смазками и консервационным покрытием подшипников SKF

Подшипники SKF обрабатываются консервационным составом на нефтяной основе, который совместим с большинством пластичных смазок для подшипников. Однако консервационное покрытие не совместимо со смазками на основе синтетических фторсодержащих масел с загустителем PTFE, такими как SKF LGET 2. Перед заполнением смазкой такого типа важно тщательно промывать и просушивать подшипники.

Чтобы удалить консервационное покрытие с подшипника, используйте маслозащитные перчатки и соответствующий детергент. Детергент быстро испаряется, так что закладывать смазку следует немедленно, чтобы не допустить коррозии поверхностей.

Продукция SKF для систем смазывания пластичной смазкой

Компания SKF предлагает широкий ассортимент пластичных смазок для подшипников, а также оборудование для смазывания пластичной смазкой, которые удовлетворяют требованиям большинства областей применения (→ **Приложение L,** начиная со **стр. 420**). Подробная информация относительно пластичных смазок для подшипников компании SKF и руководство по выбору подходящей (правильной) смазки приведены в **Приложении M**, начиная со **стр. 423**. Для получения дополнительной информации посетите сайты www.mapro.ru и www.skf.ru.

Смазывание маслом

Основные понятия о масле

Смазочное масло состоит из базового масла, смешанного с присадками.

Базовое масло

Базовое масло составляет около 95 % смазочного масла и классифицируется по трём категориям:

- минеральное
- синтетическое
- натуральное (животного и растительного происхождения)

Минеральные базовые масла являются продуктами переработки нефти. Эти масла наиболее широко применяются для смазывания подшипников качения.

Как правило, масла на синтетической основе предназначены для смазывания подшипников в специальных условиях эксплуатации, например, при очень низких или очень высоких рабочих температурах. Под термином синтетическое масло понимается широкий диапазон различных базовых компонентов, включая полиальфаолефины (PAO), полиалкиленгликоли (PAG) и эфиры.

Натуральные базовые масла, то есть жиры животного и растительного происхождения, обычно не используются для подшипников, поскольку существует опасность быстрого ухудшения их качества и образования кислоты.

Присадки

Химические вещества, известные как присадки, добавляются к базовому маслу для достижения или улучшения определённых эксплуатационных характеристик. Присадки часто группируются в соответствии с их функцией, например, смазывающее свойство, защита смазочного материала или защита поверхности.

Некоторые наиболее распространённые присадки перечислены в **таблице 13**.

Таблица 13

Присадки к маслам

Присадка	Функция
Антикоррозионная	Улучшает защиту поверхностей подшипника маслом (водо- или маслорастворимая)
Антиокислительная	Замедляет разрушение базового масла при высоких температурах, продлевая срок службы смазочного материала
Антипенная	Предупреждает формирование пузырьков
Антизадирная (EP)	Снижает последствия повреждения при контакте металл-металл
Антиизносная (AW)	Предотвращает контакт металл-металл
Твёрдая присадка	Обеспечивает смазывание в условиях, когда базовое масло становится неэффективным

Вязкость масла

Наиболее важным свойством смазочного масла является вязкость. Вязкость — это сопротивление жидкости текучести, которое зависит от температуры и давления. Вязкость снижается с повышением температуры и повышается со снижением температуры. Текучесть масла с высокой вязкостью меньше, чем у более жидкого масла с низкой вязкостью.

Вязкость масла обычно указывается при стандартизированной номинальной температуре, т. е. 40 °C.

Индекс вязкости (VI)

Зависимость вязкости от температуры характеризуется индексом вязкости (VI). Больший индекс вязкости означает меньшую её зависимость от температуры. Чем сильнее изменения температуры, тем большее значение имеет высокий индекс вязкости масла VI.

Для смазывания подшипников качения компания SKF рекомендует использовать масла с индексом вязкости VI 95 или выше.

Класс вязкости ISO (VG)

Существует стандарт вязкости масла ISO, известный как класс вязкости ISO (VG). Это просто средняя вязкость масла при 40 °C. Например, масло ISO VG 68 имеет среднюю вязкость 68 мм^2/с при 40 °C (68 сСт).

Минимальная и максимальная вязкость для каждого класса вязкости ISO приведена в **Приложении I-2** на **стр. 415**. Сравнение различных методов классификации вязкости приведено в **Приложении I-1** на **стр. 414**.

ПРИМЕЧАНИЕ: Вязкость выражается в мм^2/с или сСт (идентичные единицы).

Как выбрать подходящее масло

Стандартные минеральные масла обеспечивают соответствующее смазывание для большинства случаев применения, в которых используется масло. Синтетические масла следует выбирать только в случае, если такой выбор технически и экономически оправдан, поскольку они значительно дороже.

При выборе масла необходимо рассматривать все влияющие факторы. Перед выбором смазки соберите и проанализируйте всю соответствующую информацию:

- применение подшипника
- тип и габаритные размеры подшипника
- нагрузка на подшипник
- рабочая и окружающая температуры
- частота вращения
- ориентация вала
- внешние факторы, например, вибрация, давление
- сведения о загрязнении

ВНИМАНИЕ: Будьте внимательны, не допускайте простой замены смазочного материала одного производителя маслом другого производителя. Они могут иметь разный состав или быть несовместимы.

Процесс выбора масла

Правильный выбор масла состоит из трёх детальных шагов. Ниже приведено краткое изложение процесса выбора масла.

1 Выбор вязкости масла

Масло выбирается на основе требуемой вязкости, чтобы обеспечить достаточное смазывание в рабочих условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ: Низкая вязкость означает не только малое трение, но и тонкую масляную плёнку. Высокая вязкость означает не только толстую масляную плёнку, но и высокое трение. Нужно выбрать оптимальное значение вязкости!

Для образования достаточной смазочной плёнки между внутренними контактными поверхностями в подшипнике смазочный материал должен сохранять определённую минимальную вязкость «при нормальной рабочей температуре». Минимальную кинематическую вязкость ν_1, требуемую для достаточного смазывания, можно определить на основе среднего диаметра подшипника d_m и частоты вращения n (**→ диаграмма 2**). Эффективность применения смазочного материала определяется относительной вязкостью к, которая равна отношению фактической рабочей вязкости ν к минимальной кинематической вязкости ν_1. Подходящая относительная вязкость обычно находится в диапазоне от 1 до 4, что обеспечивает эластогидрадинамический режим смазывания.

Минимальная кинематическая вязкость — это вязкость, требуемая «при нормальной рабочей температуре», которая позволяет рассчитать соответствующую базовую вязкость при номинальной стандартизированной температуре 40 °C (**→ диаграмма 3**, **стр. 206**). Затем можно выбрать минимальное значение класса вязкости ISO VG.

Для определения минимального значения ISO VG выполните следующие шаги:

ПРИМЕЧАНИЕ: При определении рабочей температуры подшипника имейте в виду, что температура масла обычно на 3–11 °C выше температуры корпуса подшипника.

1 Определите средний диаметр подшипника d_m, частоту вращения n и ожидаемую рабочую температуру T подшипника.
2 С помощью **диаграммы 2** определите точку пересечения среднего диаметра (вертикальная линия) и частоты вращения (наклонная линия).
3 Проведите горизонтальную линию до пересечения с вертикальной осью и определите минимальную вязкость ν_1 при рабочей температуре, требуемую для достаточного смазывания (слоя смазки минимальной толщины, но полностью разделяющего контактирующие поверхности).
4 С помощью **диаграммы 3** на **стр. 206** определите точку, в которой минимальная вязкость ν_1 при рабочей температуре (горизонтальная линия) пересекается с вертикальной линией ожидаемой рабочей температуры подшипника.
5 Определите первую диагональную кривую выше от этой точки. Это и есть минимальное значение класса вязкости ISO VG, которое можно выбрать.

Диаграмма 2

Определение минимальной кинематической вязкости ν_1 при рабочей температуре

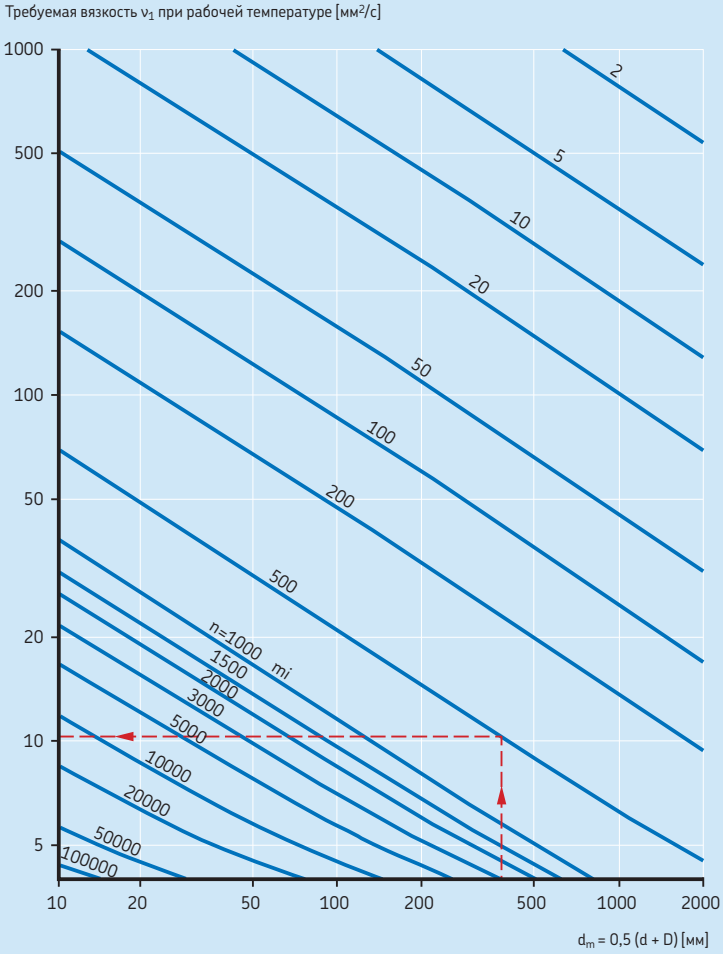
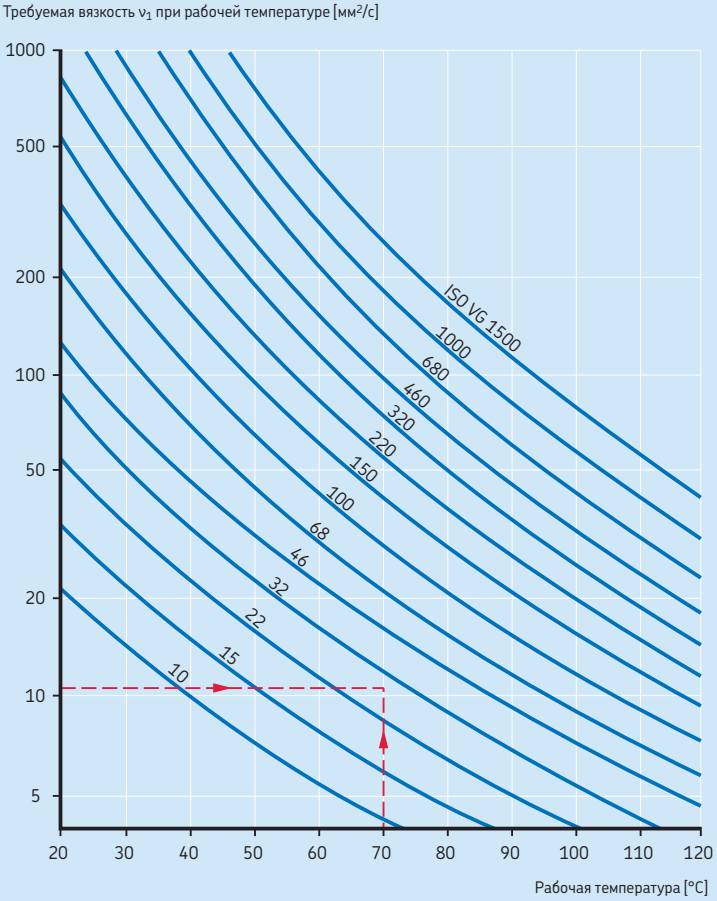


Диаграмма 3

Перевод в кинематическую вязкость ν при номинальной температуре (классификация ISO VG)



Если выбран смазочный материал с более высокой вязкостью, чем требуется, можно ожидать улучшение рабочих характеристик подшипника. Однако, поскольку с увеличением вязкости повышается рабочая температура подшипника, существует предел улучшения смазывания, которого можно добиться таким способом.

Пример

Подшипник с внутренним диаметром d = 340 мм и наружным диаметром D = 420 мм вращается с частотой вращения n = 500 об/мин. Следовательно, d_m = 0,5 (d + D) = 380 мм. Согласно **диаграмме 2** минимальная кинематическая вязкость ν^1, требуемая для достаточного смазывания при рабочей температуре, приблизительно равна 11 мм^2/с. Согласно **диаграмме 3** на **стр. 206** и предполагая, что рабочая температура подшипника равна 70 °C, находим, что потребуется смазочное масло класса вязкости ISO VG 32, т. е. с кинематической вязкостью ν не менее 32 мм^2/с при номинальной температуре 40 °C.

2 Проверка требований по антиизносным и антизадирным присадкам

Антиизносные (AW) и антизадирные (EP) присадки требуются для медленно вращающихся подшипников, работающих с тяжёлыми нагрузками. Эти присадки также полезны при наличии ударных нагрузок, колебаний и частых пусков и остановок.

ВНИМАНИЕ: Некоторые присадки EP могут негативно влиять на подшипниковые материалы и значительно сокращать срок службы подшипника, особенно при температуре свыше 80 °C. Обратитесь к производителю смазочного материала.

3 Оценка дополнительных требований

При наличии специальных рабочих условий свойства масла должны удовлетворять этим условиям. Если, например, подшипники должны работать в широком диапазоне температур, следует выбрать масло, исходя из минимальных колебаний температуры, т. е. с высоким индексом вязкости VI.

Расчётные средства для выбора масла

Для выбора подходящего типа и вязкости масла можно использовать расчётную программу SKF LubeSelect. Другая программа SKF LuBase содержит подробные сведения о более чем 2000 смазочных материалов, предлагаемых более чем 100 поставщиками смазочных материалов. Обе программы доступны на сайте www.skf.ru. Расчёты значений минимальной вязкости масла можно также выполнить с помощью формулы, представленной на сайте www.skf.ru.

Эти дополнительные инструменты для выбора масла основаны на общеизвестном алгоритме и используются только в качестве общих рекомендаций.

Системы смазывания маслом

Типы систем смазывания маслом

Выбор метода смазывания маслом зависит от типа подшипникового узла, условий его эксплуатации и ориентации вала (горизонтальная/вертикальная). Следует тщательно продумать конструкцию разрабатываемой системы смазывания. Например, поскольку масла являются жидкостями, для предотвращения утечки необходимо предусмотреть подходящие решения по уплотнению.

Базовое понимание конструкции и функции системы смазывания полезно для практического выполнения мероприятий по техобслуживанию (→ **таблица 14, стр. 208**).

Смазывание масляным туманом, используемое в специфических случаях, не входит в эту таблицу.

Техобслуживание систем смазывания маслом

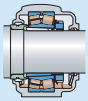
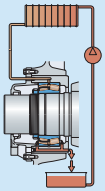
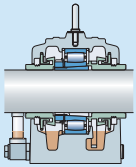
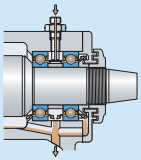
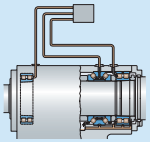
Для техобслуживания систем смазывания маслом требуется тщательный и систематический подход. Дополнительно к нижеприведённым указаниям компания SKF рекомендует регу-

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Машины с утечками масла представляют опасность возникновения пожара. Незамедлительно определяйте источник утечки и устраняйте эту неисправность!

Таблица 14

Системы смазывания маслом

	 Масляная ванна	 Система циркуляционного смазывания	 Маслоподающее кольцо	 Впрыск масла	 Масловоздушное смазывание
Описание	Масло, захватываемое вращающимися деталями подшипника, распределяется внутри подшипника, а затем стекает обратно в масляную ванну.	Масло закачивается насосом в подшипник, проходит через подшипник и стекает в масляный резервуар. Перед возвратом в подшипник масло фильтруется и регулируется по температуре.	Маслоподающее кольцо, свободно подвешенное на втулке вала, погружается в масло в нижней части корпуса и переносит масло в маслосборник. Масло проходит через подшипник и стекает в нижний коллектор.	Струя масла под высоким давлением направляется в подшипник со стороны его торца. Скорость струи масла должна быть достаточно высокой для преодоления завихрений вокруг вращающегося подшипника.	Дозированное количество масла направляется в каждый подшипник с помощью сжатого воздуха. Масло подается в каналы через заданные интервалы времени, прижимаясь к стенкам каналов сжатым воздухом, и поступает в подшипник через штуцер.
Подходящие условия эксплуатации	Низкие скорости.	Высокие температуры. Средние скорости.	Низкие скорости. Высокие температуры.	Очень высокие скорости.	Чрезвычайно высокие скорости. Низкие температуры.
Преимущества/ недостатки	Простое техобслуживание. Экономичность.	Требуются насос, фильтры и система охлаждения.	Подходит только для горизонтальных валов.	Относительно небольшой расход масла.	Малый расход масла, охлаждение и защита от загрязнений сжатым воздухом.
Рекомендации по проектированию	Предусмотрите смотровое стекло или уровни масла для визуальных проверок.	Предусмотрите подходящие дренажные каналы – следует избегать горизонтальных дренажных каналов. Выходное отверстие должно быть больше входного. Используйте эффективные уплотнения.	Предусмотрите смотровое стекло для визуальных проверок. Используйте эффективные уплотнения.	Обеспечьте скорость впрыска масла не менее 15 м/с. Предусмотрите подходящие дренажные каналы – следует избегать горизонтальных дренажных каналов.	Масляные форсунки должны быть правильно расположены. Можно использовать питающие линии длиной до 10 м. Рекомендуется использовать фильтр.

лярно брать пробы масла с контролем результатов анализа.

- Для новых установок систем смазывания маслом убедитесь, что ёмкость, поддон или сборочный резервуар заполнен маслом, чтобы не допустить работы подшипников при запуске без смазывания.
- При запуске в работу подшипниковых корпусов с маслоподающим кольцом, которое продолжительное время находилось в неподвижном состоянии, убедитесь, что нижняя часть корпуса заполнена маслом.
- Периодически контролируйте масло на предмет загрязнения, окисления или вспенивания. Однако помните о том, что минимальный размер частиц, различимый человеческим глазом, составляет 40 мкм.
- Для масловоздушных систем смазывания проверьте давление воздуха на входном отверстии маслоподающего канала. Оно должно быть около 6 бар.

Интервалы замены масла

Интервал между заменами масла в основном зависит от типа системы смазывания маслом, условий эксплуатации и объёма используемого масла. Для составления правильного графика замены масла для всех методов смазывания рекомендуется использовать анализ масла.

Общие рекомендации по интервалам замены масла приведены в **таблице 15**. Как правило, для тяжёлых условий эксплуатации оборудо-

Рис. 12

Таблица 16

Ассортимент масел SKF для цепей

Свойства	Обозначение LHMT 68	LHHT 265	LHFP 150
Условия работы	Средняя температура	Высокая температура	Совместимость для пищевого оборудования
Тип базового масла	Минеральное	Синтетическое эфирное	Синтетическое эфирное
Вязкость / класс вязкости	ISO VG 68	265 мм²/с	ISO VG 150
Рабочая температура	–15… +90 °C	До 250 °C	–30… +120 °C

Таблица 15

Интервалы замены масла

Система смазывания маслом	Типовые условия эксплуатации	Приблизительный интервал замены масла[1)]
Масляная ванна или маслоподающее кольцо	Рабочая температура < 50 °C Незначительное загрязнение	12 месяцев
	Рабочая температура 50–100 °C Умеренное загрязнение	3–12 месяцев
	Рабочая температура > 100 °C Загрязнённая окружающая среда	3 месяца
Циркуляционная система или впрыск масла	Все	Определяется при эксплуатации и регулярном контроле состояния масла. Зависит от общего расхода масла и наличия охлаждения масла.

[1)] В тяжёлых условиях эксплуатации необходима более частая замена масла.

вания следует чаще проводить анализ и замену масла.

ПРИМЕЧАНИЕ: Не забывайте регулярно заменять фильтрующие элементы.

Масла для цепей

Для смазывания цепи требуется хорошая смазочная плёнка, особенно на внутренних частях цепи. Без правильного смазывания возможны преждевременный износ звёздочки и удлинение цепи.

Компания SKF производит лубрикаторы для цепей (→ **рис. 12**), поставляемые с тремя разными типами масла для цепей (→ **таблица 16**, **стр. 209**).

Совместимость масел

Прежде чем сменить тип масла или смешать масла разных типов, проверьте эти масла на совместимость при смешивании. При смешивании несовместимых масел базовые масла могут вступить в нежелательную химическую реакцию. Проверьте совместимость базовых масел по **таблице 11** на **стр. 201**.

Подшипники SKF обрабатываются защитным консервационным составом на нефтяной основе, который совместим с большинством масел для подшипников.

ВНИМАНИЕ: Имейте в виду, что даже если базовые масла совместимы, присадки в старом масле могут изменить характеристики присадок в новом масле. Для получения дополнительной информации обращайтесь к производителю смазочного материала.

Анализ масла

Анализ масла является важной частью техобслуживания системы смазывания. Через равные интервалы времени нужно брать и оперативно выполнять тщательный анализ пробы масла. Для проактивного техобслуживания также важным является проведение анализа трендов.

В дополнение к анализу отработанного масла компания SKF рекомендует анализировать новые масла. Зачастую в новых бочках с маслом наблюдается большое количество посторонних частиц в результате различных манипуляций и изменений окружающей среды при доставке от производителя к потребителю.

ПРИМЕЧАНИЕ: Имейте в виду, что новое масло влияет на анализ трендов!

Отбор проб масла

Проба масла должна объективно отражать актуальное состояние масла. Компания SKF рекомендует придерживаться следующих указаний при отборе проб масла:

1. Используйте небольшую, чистую и герметично закрываемую ёмкость.
2. Отбирайте пробы на находящейся под давлением стороне циркуляционной системы смазывания. Это можно сделать через простой шаровой клапан.
3. В системах, работающих при нормальном атмосферном давлении (например, в масляных ваннах), берите пробы через выпускное отверстие, предварительно слив немного масла.
4. Сразу после отбора пробы герметично закупорьте ёмкость с пробой, чтобы не допустить попадания загрязняющих веществ.

Пробы масла обычно анализируются по следующим параметрам:

- вязкость
- окисление
- концентрация продуктов износа
- содержание воды
- потеря присадок

Вязкость масла обычно не должна отличаться более чем на 10 % от номинального значения. Концентрация продуктов износа и содержание воды измеряются в частях на миллион (ppm). Содержание воды должно быть < 200 ppm.

Испытание на потрескивание

Испытание на потрескивание — простой способ определить наличие свободной воды в пробе масла:

1 Нагрейте плиту приблизительно до 130 °C.
2 Энергично встряхните пробу масла.
3 Поместите каплю масла в центр горячей плиты.

При наличии воды появятся пузырьки с паром. Если слышно потрескивание, содержание воды скорее всего превышает 2000 ppm.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это испытание не обнаруживает воду, растворенную в масле, и может применяться только в качестве ориентировочного. Компания SKF рекомендует отправлять пробы масла для анализа в техническую службу SKF.

Загрязнение и фильтрация

Нежелательные загрязняющие вещества, отрицательно влияющие на характеристики смазочного материала, могут быть твёрдыми, жидкими или газообразными. Загрязнение может быть результатом неправильного уплотнения механизма или системы смазывания, недостаточной или плохо функционирующей системы фильтрации, загрязнённых точек заливки или продуктов износа оборудования.

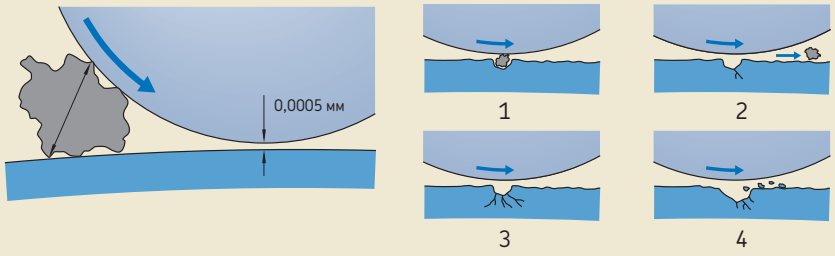
Твёрдые загрязняющие частицы

Твёрдые загрязняющие частицы либо образуются внутри узла вследствие износа или повреждения, либо попадают внутрь через открытое отверстие, неправильную или неисправную уплотнительную систему, либо, скорее всего, появляются в результате неправильно выполненных процедур замены смазки.

Попавшие в полость подшипника твёрдые загрязняющие частицы (→ **рис. 13**) образуют вмятины на дорожках качения в результате перекатывания по ним тел качения (**1**). Из-за пластической деформации вокруг вмятины образуются приподнятые края (**2**). Поскольку тела качения продолжают прикатывать поднятые края, ухудшается смазывание и появляется усталость материала (**3**). Когда усталость достигает определенного уровня, на дальнем крае вмятины начинается преждевременное скалывание и отслаивание материала (**4**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Чистота смазочного материала и правильное обращение во время монтажа являются важными факторами, предупреждающими появление вмятин. Помните, что даже небольшие обрывки бумаги или хлопчатобумажные нити могут нанести вред подшипнику.

Рис. 13



Стандартный метод классификации уровня загрязнения в системе смазывания описан в стандарте ISO 4406:1999. В этой системе классификации результат подсчёта количества твёрдых частиц преобразуется в код по шкале загрязнённости (→ **таблица 17**). Существуют два метода проверки уровня загрязнения:

- Метод подсчёта количества частиц под микроскопом: в этом методе используются две шкалы, соответствующие количеству частиц с размерами ≥ 5 мкм и ≥ 15 мкм.
- Метод автоматического подсчёта частиц: в этом методе используются три шкалы, соответствующих количеству частиц с размерами ≥ 4 мкм, ≥ 6 мкм и ≥ 14 мкм.

Например, при использовании метода автоматического подсчёта частиц компания SKF рекомендует поддерживать уровень загрязнённости масла не выше классификационного уровня 18/15/12. Это означает, что масло содержит от 1300 до 2500 частиц ≥ 4 мкм, от 160 до 320 частиц ≥ 6 мкм и от 20 до 40 частиц ≥ 14 мкм на 1 мл масла. Более высокие уровни загрязнённости являются приемлемыми для подшипников с диаметром отверстия > 100 мм.

Пропускная способность фильтра является показателем его эффективности. Эффективность фильтров определяется по отношению к одному установленному размеру частиц.

Дополнительная информация по классификации уровней загрязнённости и пропускной способности фильтра представленана сайте www.skf.ru.

Таблица 17

Классификация шкалы загрязнённости по ISO

Количество частиц на миллилитр масла		Код масла
более	включая	–
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10

Жидкие загрязняющие вещества

Жидкие загрязняющие вещества включают воду, топливо, продукты технологического процесса и химикаты, такие как гликоль. Если предполагается возможное загрязнение масла водой, следует использовать водоотделители. Тип водоотделителя зависит от расчётного риска попадания воды в систему смазывания. При необходимости и точном экономическом обосновании рекомендуется использовать непрерывное водоотделение.

Газообразные загрязняющие вещества

Воздушное или газовое загрязнение уменьшает вязкость масла и увеличивают вспенивание. Образование пены снижает смазывающую способность масла и может привести к разрыву масляной плёнки в зоне контакта.

Продукция SKF для систем смазывания маслом

Компания SKF предлагает широкий ассортимент продукции для смазывания маслом и техобслуживания систем смазывания маслом (→ **Приложение L**, начиная со **стр. 420**). Для получения дополнительной информации посетите сайты www.mapro.skf.ru и www.skf.ru.

Централизованные системы смазывания

Централизованные системы смазывания подают смазочный материал из центрального резервуара в точки на машине, где требуется смазка. Смазочный материал подаётся с заданной периодичностью и в требуемом количестве. Обычно используется масло и пластичная смазка с консистенцией не выше 2-го класса по классификации NLGI. Поскольку прокачиваемость смазочного материала через маслопроводы является одним из решающих факторов, часто используются смазки с низкими классами консистенции.

ПРИМЕЧАНИЕ: Обслуживание централизованных систем смазывания обычно ограничивается пополнением резервуара со смазочным материалом и периодическим осмотром точек смазывания на предмет утечек. Тем не менее, всегда выполняйте инструкции по обслуживанию, поставляемые с оборудованием.

Выбор соответствующего смазочного материала

Многие неисправности в централизованных системах смазывания вызваны неправильным выбором смазочного материала. Используемые в централизованных системах смазывания смазочные материалы должны удовлетворять следующим критериям:

- отсутствие твёрдых частиц, способных проходить через фильтр с ячейкой 25 мкм
- отсутствие воздуха в виде пузырьков (нерастворённых газов) для предотвращения повышения давления и неустойчивой работы системы смазывания
- совместимость с материалами всех элементов в подшипниковых узлах, например, уплотнениями
- хорошее сопротивление окислению, т. е. хорошая устойчивость против старения
- подходящая скорость отделения масла, так как чрезмерное маслоотделение приводит к падению давления и блокированию системы
- однородность и сохранение равномерной консистенции при всех предусмотренных температурах
- отсутствие твёрдых присадок, которые могут осаждаться в насосе, клапанах и распределителях

При выборе между системой пластичной смазки или системой смазывания маслом учитываются технические и экономические аспекты. Два типа централизованных систем смазывания сравниваются в **таблице 18**, **стр. 214**. Компания SKF рекомендует по возможности использовать масло, особенно для таких областей применения, как металлообрабатывающие станки, обработка древесины, печатное оборудование и оборудование для обработки пластмасс.

Типы централизованных систем смазывания

По техническим характеристикам централизованные системы смазывания разделяются на проточные и циркуляционные системы — в зависимости от того, используется ли смазочный материал повторно или нет.

Они классифицируются по принципу работы системы (→ **таблица 19**, **стр. 215**). Выбор соответствующей системы зависит от следующих факторов:

- условия эксплуатации, например, рабочая температура, вязкость, наличие соли в атмосфере
- требование к точному количеству смазочного материала
- конфигурация и размер системы смазывания
- требования к системе мониторинга

Компания SKF предлагает комплексные современные системы смазывания и интегрированные решения, которые объединяют знание трибологии (сочетание наук о трении, износе и смазке) и опыт мониторинга состояния подшипников и уплотнений SKF.

Дополнительная информация о централизованных системах смазывания SKF содержится на сайте www.skf.ru. Для получения технической поддержки по специфическим требованиям обращайтесь к ближайшее представительство SKF.

Проточные системы смазывания

В проточных системах смазывания:

- Смазочный материал не используется повторно.
- Свежий смазочный материал подаётся в точки смазывания во время цикла смазывания.
- Количество подаваемого смазочного материала определяется условиями формирования соответствующей смазочной плёнки.
- Рассеяние тепла отсутствует.

В большинстве механизмов с централизованными системами смазывания осуществляется смазывание вращающихся компонентов, например, подшипников и зубчатых колёс.

Смазывание минимальным количеством масла (MQL) — специальная форма проточного смазывания. Эти системы применяются для смазывания при механической обработке, распыления на поверхности или смачивания поверхностей. В системах смазывания минимальным количеством можно добиться эффективного смазывания крайне малым количеством масла в форме аэрозоля.

Циркуляционные системы смазывания

В циркуляционных системах смазывания:

- Смазочный материал используется повторно, т. е. масло возвращается обратно в смазочный резервуар для повторного использования после фильтрации и охлаждения.
- Смазка отводит тепло, вырабатываемое при трении и технологических процессах.
- Демпфируются вибрации.
- Удаляются абразивные частицы, конденсат и техническая вода.
- Удаляются пузырьки воздуха и снижается количество пены.
- Предупреждается возникновение коррозии.

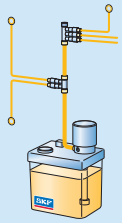
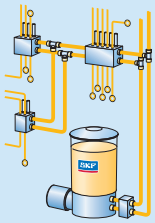
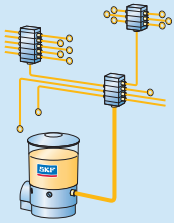
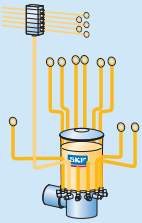
Таблица 18

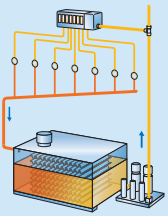
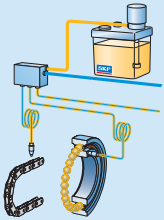
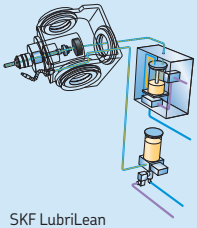
Сравнение централизованных систем смазывания маслом и пластичной смазкой

Критерий для сравнения	**Преимущества/недостатки** Пластичная смазка	Масло
Рабочее давление	50–400 бар	14 бар
Требования к трубопроводам и фитингам	Трубопровод большого диаметра (во избежание чрезмерного падения давления)	Трубопровод малого диаметра
Требования к мощности насоса	Относительно большая мощность	Малая мощность
Загрязнение	Загрязняющие вещества остаются во взвешенном состоянии и могут попасть в зону трения	Загрязняющие вещества оседают на дно резервуара
Техобслуживание	Сложно выполнимое измерение уровня пластичной смазки в резервуаре Сложно выполнимое повторное смазывание	Легко выполнимое измерение уровня масла в резервуаре Легко выполнимое повторное смазывание
Вариант циркуляции смазочного материала	Невозможно	Относительно легко достигнуть
Уплотнение	Не требуется уплотнение подшипников Смазочный материал выполняет функцию уплотнения	Подшипниковый узел нужно уплотнять для предотвращения утечки масла и попадания загрязнения из окружающей среды Смазочный материал не защищает от загрязняющих веществ
Возможность охлаждения и промывки	Нет	Да

Таблица 19

Централизованные системы смазывания SKF

	SKF Monoflex	SKF Duoflex	SKF ProFlex	SKF Multiflex
				
Тип	Одномагистральная	Двухмагистральная	Последовательная	Многомагистральная
Подходящие смазочные материалы	Масло Пластичная смазка классов NLGI от 000 до 2	Масло Пластичная смазка классов NLGI от 000 до 3	Масло Пластичная смазка классов NLGI от 000 до 2	Масло Пластичная смазка классов NLGI от 000 до 3
Области применения	Станки, печатное оборудование, текстильная промышленность, внедорожная техника	Металлообрабатывающие станки, целлюлозно-бумажная промышленность, горное дело и цементное производство, судовые краны, электростанции	Типографские и промышленные прессы, внедорожная техника, ветровые турбины	Нефтегазовая промышленность, тяжёлая промышленность

	SKF CircOil	SKF Oil+Air	SKF LubriLean
			
Тип	Циркуляционная	Масловоздушная	Смазывание минимальным количеством (MQL)
Подходящие смазочные материалы	Масло	Масло	Масло
Области применения	Целлюлозно-бумажная промышленность, металлообрабатывающие станки, тяжёлая промышленность	Станки, цепи, сталелитейная промышленность	Станки

Контроль

Введение **218**
Методики техобслуживания 218

Контроль во время эксплуатации **220**
Мониторинг шума 221
Мониторинг температуры 221
Мониторинг состояния смазочного материала. 222
Мониторинг вибрации подшипников 222
Измерение вибрации 223
Частотный анализ неисправности подшипников качения 224

Контроль во время остановки машины . **224**
Контроль подшипников 225
Контроль уплотняемых поверхностей 226

Введение

Преждевременный выход подшипников из строя зачастую происходит по причине возникновения повышенных нагрузок в процессе эксплуатации, например, при разбалансировке или несоосности валов. Состояние подшипника имеет первостепенную важность при контроле состояния оборудования. Аварийный отказ подшипника приводит к повреждению связанных с ним узлов машины и может, в конечном итоге, привести к отказу машины.

Техническое обслуживание оборудования проводится на основе применения одной из 3-х методик: реактивной (работа до отказа без техобслуживания), планово-профилактической (корректирующие мероприятия) и предупредительной (техобслуживание по фактическому состоянию). Каждый подход имеет свои недостатки и достоинства, но, как правило, рекомендуется комплексный проактивный подход, который сочетает в себе лучшее из каждой методики.

Мониторингом состояния называются любые действия по контролю состояния машины с помощью приборов. Наиболее практичным техническим приёмом служит многопараметрический мониторинг, при котором для контроля состояния машины используется широко распространённый контроль вибрации. Преимущество многопараметрического подхода заключается в том, что система мониторинга не только учитывает состояние подшипников, но и рассматривает машину в целом. При этом появляется возможность защитить подшипники и на ранней стадии устранить неисправности машины, которые служат причиной повышенных нагрузок на подшипники.

Подшипники и связанные с ними механизмы можно осматривать во время эксплуатации или после остановки машины в зависимости от режима работы. Широкий выбор способов осмотра обусловлен большим количеством доступных современных приборов.

Методики техобслуживания

Опыт показывает, что стратегии технического обслуживания существенно отличаются в зависимости от типа производства. Тем не менее, методики, применяемые при реализации всех стратегий, можно обычно классифицировать по ряду общих названий (→ **схема 1**).

Дополнительная информация о мониторинге состояния оборудования SKF приведена на сайте www.skf.ru.

Дополнительная информация об инструментах SKF для мониторинга состояния и продукции для техобслуживания оборудования приведена на сайтах www.mapro.skf.ru и www.skf.ru.

Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов по таким темам, как анализ вибраций и термография (→ *Обучение*, начиная со **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Реактивное техобслуживание отражает отсутствие организованной стратегии техобслуживания, но в некоторых случаях может быть единственно пригодным подходом к техобслуживанию. Реактивные действия характеризуются невозможностью предварительного планирования. Тем не менее, к ним можно подготовиться заранее, чтобы свести к минимуму нарушение графика всех плановых работ.

Планово-предупредительное техобслуживание (PM) является повседневным или запланированным процессом, основанным на предупреждении появления неожиданных отказов посредством применения надлежащих процедур техобслуживания и установившейся практики. Понимание механизма возникновения и развития повреждений и стратегии техобслуживания, специально разработанные для этих механизмов повреждений, оказывают чрезвычайно положительный эффект на техническое обслуживание и эксплуатационные характеристики.

Техобслуживание по фактическому состоянию (PdM) определяется как процесс техобслуживания на основе осмотра, контроля и прогнозирования технического состояния машины. Мониторинг состояния машины

включает в себя различные инструменты и методы, например, контроль вибрации.

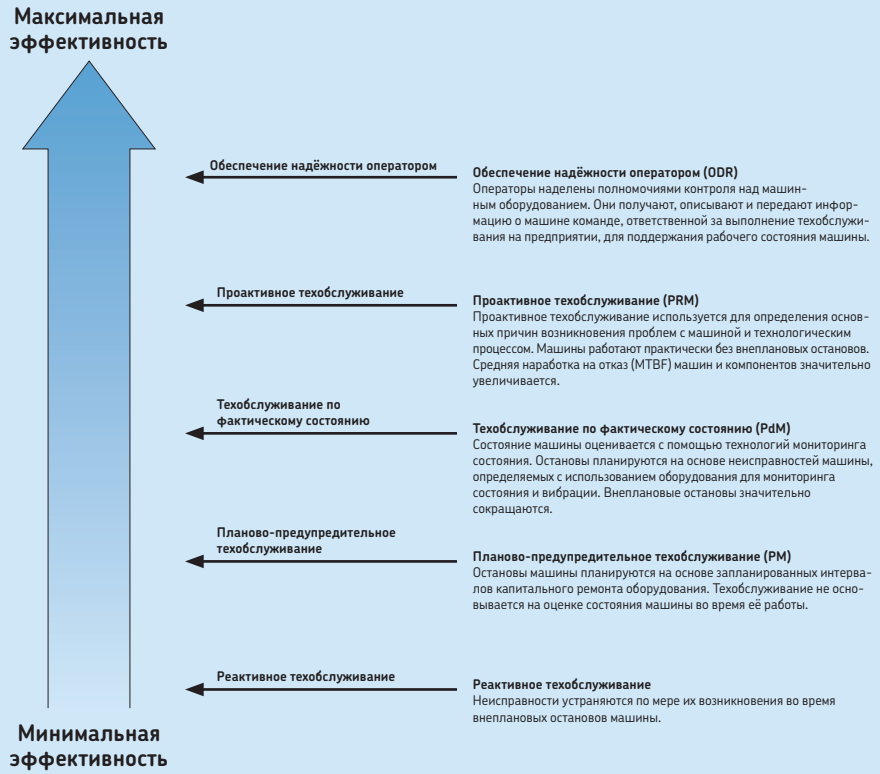
Очевидно, что ни одна из упомянутых методик техобслуживания, взятых в отдельности, не обеспечивает решения конечных задач техобслуживания. Наилучшее решение заключается в сочетании этих методик.

Проактивное техобслуживание представляет собой структурированный и динамический процесс, в котором применяется соответствующее сочетание реактивных, предупредительных и профилактических методик техобслуживания.

Для максимальной эффективности компания SKF рекомендует применять методику, которая поддерживает передачу информации о состоянии машины на территории всего предприятия при непосредственном участии и контроле со стороны оператора машины.

Диаграмма 1

Различные методики техобслуживания



Контроль во время эксплуатации

Подшипники являются важными компонентами любой машины с узлами вращения и подлежат тщательному мониторингу. Ранее обнаружение признаков повреждения позволяет заменять подшипники во время регулярного планового техобслуживания, не допуская дорогостоящих простоев машины из-за выхода подшипников из строя.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подшипники подлежат более частому мониторингу при применении в ответственном оборудовании или тяжёлых условиях эксплуатации.

Существуют различные инструменты и методы мониторинга состояния подшипников и связанных с ними элементов машины во время работы. Для достижения оптимального ресурса подшипников следует учитывать различные важные параметры состояния машины, в том числе шум, температуру и вибрацию.

Изношенные или повреждённые подшипники обычно проявляют соответствующие признаки. С ними связаны многие возможные причины, которые необходимо исследовать (→ *Поиск и устранение неисправностей*, начиная со **стр. 228**).

Из практики известно, что не все машины или функции машин нужно контролировать с помощью сложных систем. В простейших случаях признаки неисправности можно определить, осматривая или прослушивая машину. Однако человеческие органы чувств обладают ограниченными возможностями при обнаружении проблем с машиной. Когда диагностические признаки становятся достаточно различимыми, повреждение уже может быть слишком серьёзным. Преимущество применения специальных технологий, таких как анализ вибраций, заключается в возможности обнаружения неисправности на ранней стадии развития до того, как она станет проблемой (→ **схема 2**).

Для выполнения точных измерений и получения надёжных результатов компания SKF рекомендует использовать профессиональные инструменты мониторинга состояния. Обзор основных инструментов SKF для мониторинга состояния приводится в **Приложении N**, начиная со **стр. 432**. Подробная информация относительно этой и другой продукции содержится на сайтах www.skf.ru и www.mapro.skf.ru.

Диаграмма 2

Преимущество передового мониторинга состояния

ВНИМАНИЕ: Не путайте обнаружение с анализом. Замена повреждённого подшипника после обнаружения высоких уровней вибрации является лишь временным решением проблемы! Следует найти, проанализировать и устранить основную причину возникновения вибрации.

Мониторинг шума

Общепринятым способом обнаружения неправильной работы подшипника является его прослушивание. В хорошем состоянии подшипники издают ровный механический звук. Скрежет, скрип и другие необычные звуки указывают на плохое состояние или неисправность подшипников.

В широкий диапазон звуков, производимых машинами, также входят коротковолновые ультразвуки, которые по своей природе имеют крайне направленное действие. Такие инструменты, как ультразвуковые датчики, позволяют выделить эти рассеянные в воздухе ультразвуки из фоновых шумов механизмов и выявить их источник.

Другим общераспространённым инструментом для определения неисправных деталей машины или повреждённых подшипников является электронный стетоскоп SKF (→ **рис. 1**), который обнаруживает, отслеживает и диагностирует источники машинных шумов всех типов.

Рис. 1

Рис. 2

Мониторинг температуры

Важно контролировать рабочую температуру во всех состояниях подшипника. Повышение температуры в неизменных рабочих условиях часто указывает на повреждение подшипника. Однако следует иметь в виду, что после смазывания и каждой замены смазки в подшипнике обычно происходит естественное повышение температуры на протяжении одного-двух дней до момента приработки.

Для измерения температуры можно использовать контактные (→ **рис. 2**) и бесконтактные термометры SKF. Бесконтактные термометры особенно полезны в труднодоступных местах или местах с повышенным риском.

Кроме того, для выявления незаметных человеческому глазу аномальных перепадов температур или «горячих пятен» можно использовать инфракрасные тепловизоры SKF. Тепловой инфракрасный контроль может выявить потенциальные проблемы и источники неисправностей без остановки производства.

ПРИМЕЧАНИЕ: В подшипниках с вращающимся внутренним кольцом корпус подшипника обычно на 5 °C холоднее наружного кольца подшипника и на 10 °C холоднее внутреннего кольца подшипника.

Мониторинг состояния смазочного материала

Максимальная долговечность подшипников достигается только при использовании соответствующего смазочного материала. Поэтому нужно тщательно контролировать условия смазывания подшипника. Также следует периодически оценивать состояние смазочного материала. Для этого лучше всего брать несколько проб (обычно из разных мест) смазочного материала для анализа. Набор для анализа смазок SKF (→ **рис. 3**) — полезный инструмент для проверки свойств смазки на месте эксплуатации.

В общем случае анализ смазочного материала выполняется по двум основным причинам: оценить состояние смазочного материала и оценить техническое состояние машины. Например, контроль состояния масла даёт возможность расширить интервалы между заменами масла с последующей экономией потребления масла и сокращением времени простоя машины.

Компания SKF рекомендует следующие общие правила контроля состояния смазки:

1 Проверьте области вокруг подшипника на предмет утечек смазки.
2 Исследуйте все утечки смазки. Утечки обычно появляются в результате износа или дефекта уплотнений, повреждения уплотняемой поверхности, загрязнения смазки жидкостью (например, водой) или ослабления затяжки заглушек. Они также могут быть результатом плохого контакта между сопряжёнными деталями, например, между корпусом и торцевой крышкой или выделения масла из пластичной смазки в результате её взбалтывания.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для каучуковых уплотнений предусмотрена небольшая утечка смазки для смазывания уплотняемой поверхности.

3 Для максимальной защиты следите за заполнением защитных втулок и лабиринтных уплотнений пластичной смазкой.
4 Убедитесь, что автоматические системы смазки работают правильно и обеспечивают соответствующую смазку подшипников.
5 Проверьте уровень смазочного материала в поддонах и резервуарах, при необходимости пополните.

Рис. 3

6 Заменяйте смазку в подшипниках, где и когда это предусмотрено (→ *Замена смазки*, начиная со **стр. 192**).

Информация об анализе смазки, замене пластичной смазки и масла приведена в главе *«Смазывание»*, начиная со **стр. 178**.

Мониторинг вибрации подшипников

Необходимость контроля вибрации требуется по трём основным причинам:

- Все машины являются источником вибрации.
- Возникновение и развитие механических повреждений (неисправностей) обычно сопровождается повышением уровня вибрации.
- Характер и степень развития неисправности можно определить по характеристикам вибрации.

Каждая механическая неисправность (дефект) характеризуется уникальной частотой вибрации. Поэтому нужно определить эту частоту для выявления основной причины неисправности. Для измерения частоты вибрации в контрольную точку машины устанавливается датчик (пьезоэлектрический датчик). Различные неисправности машины могут генерировать широкий диапазон частот:

- низкочастотный диапазон, 0–2 кГц
- высокочастотный диапазон, 2–50 кГц
- диапазон очень высоких частот, > 50 кГц

Низкочастотные вибрации вызываются, например, резонансом конструкции, перекосом или ослаблением механического крепления оборудования. Высокие и очень высокие частоты генерируются механическими повреждениями в подшипниках. Следовательно, измеряя и анализируя виброускорение, можно прогнозировать развитие повреждений в подшипнике.

Измерение вибрации

Где выполнять измерения

Измерения вибрации, например, с помощью прибора SKF Machine Condition Advisor (→ **рис. 4**), выполняются в трёх различных направлениях на корпусе машины в местах установки подшипников (→ **рис. 5**).

Горизонтальные измерения обычно характеризуются более высоким уровнем вибрации, чем вертикальные измерения, поскольку машина обычно более податлива в горизонтальной плоскости. Например, разбалансировка приводит к радиальной вибрации, которая имеет вертикальную и горизонтальную составляющие. Повышенная горизонтальная вибрация зачастую является верным признаком разбалансировки.

Осевые измерения обычно характеризуются относительно низким уровнем вибрации, но повышенные осевые вибрации часто указывают на перекос и/или изгиб вала.

Когда выполнять измерения

Лучше всего выполнять измерения вибрации, когда машина находится в нормальных рабочих условиях, т. е. при нормальной рабочей температуре подшипников и при номинальной скорости машины. Для машин с регулируемой частотой вращения следует всегда выполнять измерения в одной и той же точке в производственном цикле.

Рис. 4

ПРИМЕЧАНИЕ: Для проведения сравнительного анализа вибрации расположение датчиков и тип измерения, а также рабочие условия должны быть одинаковыми всякий раз при выполнении измерения.

Частотный анализ неисправности подшипников качения

Каждый подшипник генерирует вибрационный сигнал. Частота сигнала зависит от

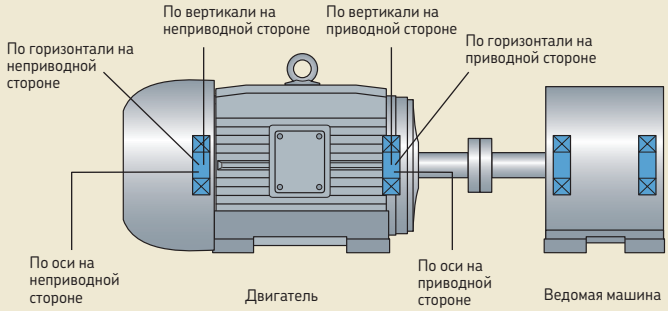


Рис. 5

частоты вращения подшипника, количества и размера тел качения, угла контакта в подшипнике и среднего диаметра тел качения.

Всякий раз при прохождении тела качения над местом дефекта подшипника генерируется высокочастотный силовой импульс, который вызывает пиковое значение амплитуды сигнала вибрации. Интенсивность этих пиков зависит от частоты вращения, а также положения и величины (размера) дефекта на подшипнике и внутренней геометрии подшипника.

Для контроля состояния подшипника используется методика под названием «огибающая виброускорения» или просто «огибающая». Анализ огибающей позволяет выделить высокочастотный сигнал, генерируемый подшипником, из общего сигнала вибрации, включающего низкочастотные составляющие, обусловленные дисбалансом, несоосностью, а также колебаниями на собственных частотах машины (→ **схема 3**).

Расчёт частот подшипника

Каждый элемент подшипника имеет уникальную частоту дефекта, которая даёт возможность специалисту выявить повреждение.

Можно рассчитать следующие характеристические частоты подшипников:

- BPFO, частота прохождения шариков/роликов по дорожкам качения наружных колец [Гц]
- BPFI, частота прохождения шариков/роликов по дорожкам качения внутренних колец [Гц]
- BSF, частота вращения шариков/роликов [Гц]
- FTF, частота вращения сепаратора относительно неподвижного кольца [Гц]

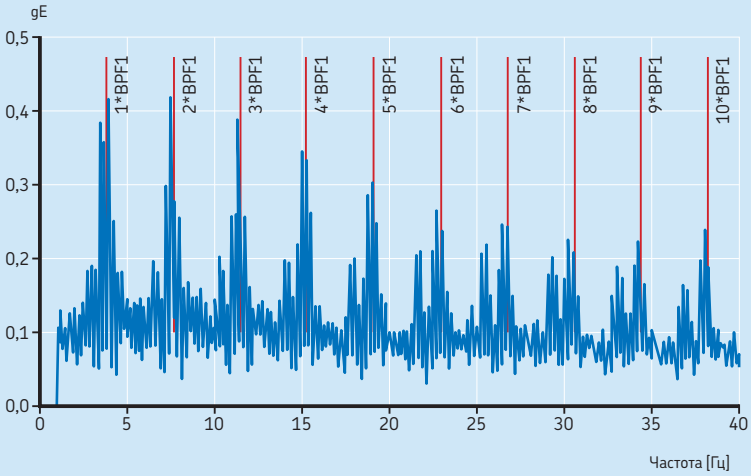
Программа для расчёта характеристических частот подшипника и, соответственно, диагностирования повреждений доступна на сайте www.skf.ru.

Контроль во время остановки машины

Если машина не работает, имеется возможность визуально оценить состояние подшипников, уплотнений, корпусов, уплотняемых поверхностей и смазки. Общий осмотр можно зачастую выполнить, сняв крышку корпуса или торцевую крышку. Для более внимательного осмотра подшипников их нужно сначала очистить. Если подшипник выглядит повреждённым, его следует демонтировать и тщательно осмотреть.

Диаграмма 3

Анализ огибающей виброускорения



Во время остановки машины можно также выполнить выверку вала и ремённой передачи, а также тщательный осмотр фундамента и внешней поверхности машины. Такие недостатки, как отсутствие регулировочной прокладки или поврежденный фундамент, могут отрицательно сказываться на работе машины. Чем раньше выявлена проблема, тем раньше можно спланировать и предпринять корректирующие мероприятия.

Дополнительная информация о выверке машины содержится в главе *«Выверка»*, начиная со **стр. 158**.

ВНИМАНИЕ: Заменяйте повреждённые подшипники (и одновременно сопряжённые с ними втулки, гайки, шайбы и уплотнения, если применимо). Установка новых подшипников во время плановой остановки машины является гораздо менее дорогостоящей, чем во время внепланового простоя машины из-за преждевременного отказа подшипников.

Контроль подшипников

К подшипникам не всегда имеется удобный доступ. Однако, если подшипники частично просматриваются, можно выполнять их визуальную проверку. Практичнее всего осматривать подшипники во время планового техобслуживания.

В случае затруднённого доступа к подшипникам для их осмотра полезно использовать эндоскоп SKF (→ **рис. 6**). Это специальный эндоскоп со вставной трубкой малого диаметра, ЖК-дисплеем и функцией записи изображения.

При осмотре смонтированных подшипников компания SKF рекомендует руководствоваться следующими общими правилами:

ПРИМЕЧАНИЕ: В процессе осмотра делайте снимки с целью документирования состояния подшипника, смазочного материала и машины в целом.

Подготовка

1 Очистите внешнюю поверхность машины для предотвращения попадания пыли и грязи в подшипниковый узел во время осмотра.

Рис. 6

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Чтобы свести к минимуму возможность серьёзных травм, перед началом любых работ выполните требуемые процедуры по блокировке и опломбированию оборудования.

2 Снимите торцевую крышку корпуса или, в случае разъёмного корпуса, крышку корпуса, чтобы получить доступ к подшипнику.
3 Возьмите немного смазочного материала из основания корпуса для анализа.
4 Для открытых подшипников, заполненных пластичной смазкой, возьмите несколько проб смазки из разных мест для анализа. Визуально осмотрите состояние смазочного материала. Зачастую загрязнения можно обнаружить, растерев немного смазки между большим и указательным пальцами. В качестве альтернативы можно нанести тонкий слой смазки на лист бумаги и проверить её на просвет.
5 Очистите открытые наружные поверхности подшипника безворсовой тканью.

ВНИМАНИЕ: Непосредственный контакт с нефтепродуктами может вызвать аллергическую реакцию. При использовании растворителей для очистки подшипников используйте защитные перчатки и очки SKF!

Контроль

1 Осмотрите открытые наружные поверхности подшипника на предмет фреттинг-коррозии. При наличии незначительной фреттинг-коррозии удалите её сухой мелкозернистой наждачной бумагой.
2 Осмотрите кольца подшипника на предмет трещин.
3 Осмотрите подшипники с уплотнениями на предмет износа уплотнений.
4 Очень медленно проворачивая вал, на ощупь проверьте неравномерность сопротивления подшипника вращению. Неповреждённый подшипник вращается равномерно.

Если требуется более тщательный осмотр открытых подшипников, заполненных пластичной смазкой, выполните следующие действия:

5 Удалите всю смазку из основания корпуса.
6 Удалите как можно больше смазки с подшипника с помощью неметаллического скребка.

ПРИМЕЧАНИЕ: Сохраните контрольную пробу смазки для дальнейшего анализа (→ **рис. 7**).

7 Очистите подшипник растворителем на нефтяной основе, распылив его на подшипник. Очень медленно проворачивайте вал, очищая его, и продолжайте распылять растворитель до тех пор, пока он не перестанет собирать грязь и смазку. Крупногабаритные подшипники, на которых накопился окисленный смазочный материал, очищайте крепким щелочным раствором, содержащим до 10 % каустической соды и 1 % смачивающего агента.
8 Протрите подшипник безворсовой тканью или высушите чистым сухим сжатым воздухом.
9 С помощью эндоскопа осмотрите дорожки качения подшипника, сепаратор(-ы) и тела качения на предмет сколов, рисок, царапин, полос, цветов побежалости и зеркальных зон. Если необходимо, измерьте радиальный внутренний зазор подшипника (чтобы определить наличие износа) и убедитесь, что он соответствует спецификации.
10 Если состояние подшипника удовлетворительное, нанесите на подшипник соответствующую смазку и закройте корпус. При наличии очевидного повреждения подшипника демонтируйте его (→ *Демонтаж*, начиная со **стр. 252**) и защитите от коррозии. Затем проведите полный анализ (→ *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**).

Рис. 7

Свежая смазка: коричневый цвет

Отработанная смазка: жёлто-серый цвет

Рис. 8

ПРИМЕЧАНИЕ: Некоторые крупно- и среднегабаритные подшипники по техническому состоянию пригодны для восстановления. Дополнительная информация приведена в разделе *«Ремонт и восстановление»* на **стр. 331**.

Контроль уплотняемых поверхностей

Для эффективной работы кромка уплотнения должна контактировать с гладкой сопряжённой поверхностью. Если сопряжённая поверхность изношена или повреждена, кромка уплотнения будет работать неправильно. Это особенно важно при установке нового уплотнения. Если новое уплотнение установлено на изношенную или повреждённую сопряжённую поверхность, оно либо не будет выполнять уплотнительную функцию, либо преждевременно выйдет из строя.

Поэтому следует отремонтировать уплотняемую поверхность перед установкой новых уплотнений.

При осмотре уплотняемой поверхности также проверьте отсутствие фреттинг-коррозии. При наличии незначительных следов фреттинг-коррозии удалите их сухой мелкозернистой наждачной бумагой.

ПРИМЕЧАНИЕ: Валы и другие компоненты с изношенными или повреждёнными уплотняемыми поверхностями не обязательно подлежат замене. Их можно восстановить различными способами или подвергнуть повторной механической обработке. При необходимости втулка SKF Speedi-Sleeve (для валов с диаметром ≤ 203 мм) или износостойкая втулка большого диаметра (LDSLV) (для валов с диаметром > 203 мм) являются удобным и экономичным способом ремонта изношенной шейки вала (→ **рис. 8**). Дополнительная информация об износостойких втулках SKF содержится в разделе *«Восстановление изношенного вала с помощью износостойкой втулки SKF»*, начиная со **стр. 152**.

SKF
TOOL
RELEASE

Поиск и устранение неисправностей

Введение **230**
Причины выхода подшипников из строя 230
Факторы, влияющие на срок службы подшипников 230

Поиск и устранение неисправностей . . . **232**
Типовые признаки неисправности подшипника 232
Неисправности и практические решения для их устранения. 235

Введение

Причины выхода подшипников из строя

Только небольшая часть всех подшипников выходит из строя во время эксплуатации (→ **диаграмма 1**). Срок службы большинства подшипников (около 90 %) превышает срок службы оборудования, в котором они установлены. Часть подшипников (9,5 %) заменяется до отказа по причине их ненадёжности (предупреждение выхода из строя). Приблизительно 0,5 % подшипников заменяются по причине повреждения или отказа.

Существует несколько причин повреждения или выхода подшипников из строя, включая:

- усталость
- неэффективные уплотнения
- неправильное смазывание
- слишком тяжёлые нагрузки
- неправильные или несоответствующие посадки на валу и в корпусе
- неправильный монтаж

Каждая из этих причин приводит к характерному повреждению подшипника и оставляет след на дорожках качения, называемый следом качения (→ *След качения на дорожке качения*, начиная со **стр. 291**). Следовательно, в большинстве случаев можно определить основную причину повреждения, внимательно изучая повреждённый подшипник. Основываясь на изучении повреждений, можно предпринять корректирующие действия для предотвращения повторения проблемы.

Диаграмма 1

Ресурс и выход подшипника из строя

Информация об инструментах и приборах SKF для мониторинга состояния и техобслуживания оборудования приведена на сайтах www.skf.ru и www.skf.mapro.ru.

Компания SKF предлагает обширный ассортимент услуг по техобслуживанию оборудования (→ *Услуги по техобслуживанию оборудования*, **стр. 330**), а Институт технического обслуживания и надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов (→ *Обучение*, начиная со **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

В общем случае, основные причины выхода подшипников из строя распределяются следующим образом:

- 1/3 отказов из-за усталости
- 1/3 отказов из-за проблем со смазыванием
- 1/6 отказов из-за загрязнения
- 1/6 отказов по другим причинам (например, неправильные обращение и монтаж)

Виды повреждений могут отличаться для различных отраслей промышленности. Например, в бумажной промышленности основная причина выхода подшипников из строя состоит в загрязнении и неправильном смазывании, но не в усталости.

Факторы, влияющие на срок службы подшипников

В каждых конкретных условиях применения подшипники обладают определённым расчётным ресурсом (→ *Ресурс подшипника*, начиная со **стр. 27**). Достигнет ли срок службы подшипника расчётного ресурса или превысит его зависит от ряда факторов:

- **Качество подшипника**
  Продолжительный срок службы имеют только те подшипники, которые изготовлены по высоким стандартам качества.

- **Хранение**
  Правильное ведение складского хозяйства является важным условием надлежащего хранения. Избегайте излишних запасов и используйте принцип «расходование запасов в порядке получения», чтобы не допускать длительного хранения подшипников на полках. Это особенно важно для уплотнённых подшипников, поскольку они смазываются на заводе-изготовителе, а смазка имеет ограниченный срок хранения. Также нужно помнить о том, что быстрое развитие технологий производства подшипников приводит к устареванию подшипников. Новые подшипники обладают более продолжительным сроком службы, чем подшипники, выпущенные 10–15 лет назад. Дополнительная информация относительно хранения подшипников приведена в разделе *«Хранение подшипников, уплотнений и смазочных материалов»*, начиная со **стр. 41**.

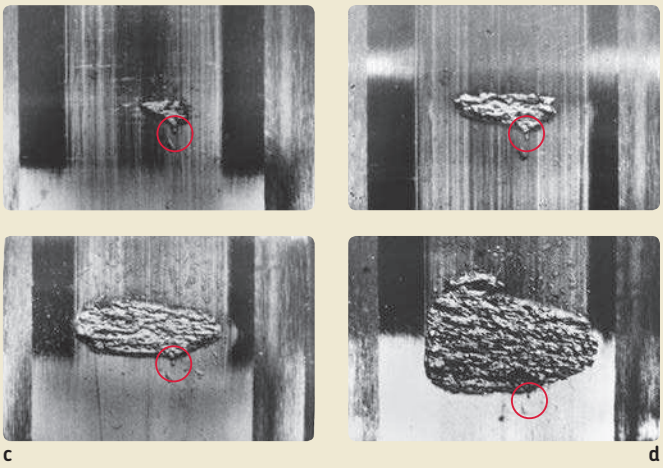
- **Применение**
  Подшипники применяются, в общем случае, как опора вала при его вращении.

- **Монтаж**
  Только правильно смонтированные подшипники обеспечивают надёжную работу (→ *Монтаж подшипников качения*, начиная со **стр. 44**). При использовании неправильной технологии монтажа подшипники могут быть повреждены, что приводит к их преждевременному выходу из строя.

- **Смазывание**
  Для различных условий работы требуются различные смазочные материалы и периодичность замены смазки. Поэтому важно не только применять правильный смазочный материал, но и обеспечивать его своевременную подачу в правильном количестве с помощью соответствующего метода смазывания (→ *Смазывание*, начиная со **стр. 178**).

- **Уплотнения**
  Уплотнения предназначены для удержания смазочного материала внутри подшипника и предотвращения попадания загрязнений внутрь подшипника. Преждевременный отказ подшипника может быть обусловлен неправильным уплотнением.

Рис. 1



Развитие повреждения
Твёрдая загрязняющая частица была закатана и образовала вмятину на дорожке качения (**a**). По краям вмятины усталостная выносливость материала снижается. Через некоторое время начинается выкрашивание (скалывание) металла (**b**, **c**). Если машину вовремя не остановить, может произойти внезапный отказ повреждённых элементов машины. В этом случае с большой вероятностью основная причина повреждения может остаться невыясненной (**d**).

При негативном влиянии этих факторов срок службы подшипника, как правило, сокращается. Если требования всех факторов выдержаны, можно ожидать более продолжительный срок службы подшипника.

Например, случай с недостаточным уплотнением. Частицы загрязнения при попадании внутрь подшипника могут закатываться телами качения. Закатывание образует каверны на дорожках качения (→ **рис. 1**). Твёрдые частицы способствуют возникновению на дорожке качения углублений с острыми краями. При создании напряжения вокруг углублений появляется поверхностная усталость, и металл начинает отламываться и отслаиваться от дорожки качения. Это называется выкрашиванием. При появлении выкрашивания повреждение в виде развивающейся каверны прогрессирует, и подшипник становится непригодным для использования.

Продолжительность времени между повреждением на начальной стадии и моментом, когда подшипник становится непригодным для использования, может значительно отличаться для разных условий работы. Для высоких частот вращения счёт времени может вестись на секунды. В больших машинах с медленным вращением этот период может исчисляться месяцами. На вопрос «Когда следует заменить подшипник?» правильный ответ можно получить с помощью мониторинга состояния подшипника (→ *Контроль*, начиная со **стр. 216**).

Если повреждение подшипника не диагностировано, и он не заменён своевременно, то это чревато повреждением машины в целом или её отдельных элементов. Кроме того, при полном разрушении подшипника очень трудно или даже невозможно определить основную причину его повреждения.

Поиск и устранение неисправностей

Неправильно работающие подшипники обычно проявляют соответствующие признаки неисправности. Лучшим способом идентификации этих симптомов и принятия корректирующих действий на ранней стадии является внедрение общезаводской программы мониторинга состояния оборудования (→ *Контроль*, начиная со **стр. 216**).

Таблица 1

Типовые признаки неисправности подшипника

A	Повышенный нагрев → **таблица 1a**
B	Повышенный уровень шума → **таблица 1b**
C	Повышенный уровень вибрации → **таблица 1c**, **стр. 234**
D	Повышенное биение вала → **таблица 1d**, **стр. 234**
E	Вал проворачивается с трудом → **таблица 1e**, **стр. 235**

В случае если оборудование для мониторинга состояния недоступно или не вполне подходит для использования, в следующем разделе приведены полезные советы, которые помогут идентифицировать наиболее типичные признаки повреждений, их причины и возможные решения по устранению, если таковые имеются. В зависимости от степени повреждения подшипника некоторые признаки могут вводить в заблуждение, что во многих случаях приводит к внезапному отказу. Для эффективного определения причины выхода подшипника из строя необходимо анализировать симптомы в соответствии с первыми обнаруженными признаками. Эта процедура подробно описывается в главе *«Повреждение подшипников — причины»*, начиная со **стр. 288**.

Типовые признаки неисправности подшипника

Признаки неисправности подшипника можно сократить до нескольких нижеперечисленных типовых признаков. Каждый признак соотносится с категориями состояний подшипника, которые могут привести к появлению данных признаков (симптомов) (→ **таблица 1**). Каждое состояние имеет числовой код, который указывает на практическое решение для устранения неисправности (→ **таблица 2**, начиная со **стр. 236**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Информацию о поиске и устранении неисправностей следует использовать только в качестве рекомендаций.

Таблица 1a

Признак: A. Повышенный нагрев

Код решения	Возможная причина
	Неправильное смазывание
1	Недостаточное смазывание – слишком мало пластичной смазки или низкий уровень масла
2	Избыточное смазывание – слишком много пластичной смазки без возможности удаления или слишком высокий уровень масла
3	Неподходящий тип смазочного материала – консистенция, вязкость, присадки
4	Неправильная система смазывания
	Состояние уплотнений
5	Элементы корпуса или другие детали узла задевают уплотнения
6	Несколько уплотнений в узле (корпусе) подшипника
7	Перекос внешних уплотнений (корпуса)
8	Слишком высокая рабочая скорость для контактного уплотнения корпуса
9	Уплотнения недостаточно смазываются
10	Уплотнения ориентированы в неправильном направлении
	Слишком малый рабочий зазор
11	Неверный выбор исходного внутреннего зазора подшипника
12	Материал вала имеет более высокий коэффициент теплового расширения, чем сталь подшипника (напр., нержавеющая сталь)
13	Большая разность температур между валом и корпусом (корпус значительно холоднее вала)
14	Чрезмерное осевое смещение при монтаже на конический вал
15	Чрезмерная овальность вала или корпуса – подшипник зажат в корпусе
16	Чрезмерный натяг на валу или слишком большой диаметр посадочного места на валу
17	Чрезмерный натяг в корпусе или слишком малый диаметр посадочного места в корпусе
	Неправильная нагрузка на подшипник
18	Перегруженные подшипники в результате изменения условий применения
19	Плоско-параллельная несоосность двух узлов
20	Перекос двух узлов
21	Подшипник не воспринимает осевую нагрузку
22	Условия дисбаланса
23	Неправильная фиксация подшипника на валу или в корпусе
24	Чрезмерная осевая нагрузка
25	Недостаточная нагрузка, проскальзывание тел качения
26	Избыточный преднатяг

Таблица 1b

Признак: B. Повышенный уровень шума

Код решения	Возможная причина
	Контакт металл/металл
1	Масляное голодание
3	Масляная плёнка слишком тонкая для данных условий работы
25	Проскальзывание тел качения
	Загрязнение
27	Вмятины на дорожках качения и/или телах качения из-за попадания и закатывания твёрдых загрязняющих частиц
28	Твёрдые частицы остались в корпусе в процессе производства или после предыдущего выхода подшипника из строя
29	Жидкие загрязнители снижают вязкость смазочного материала
	Слишком свободные посадки
30	Проворот внутреннего кольца на валу
31	Проворот наружного кольца в корпусе
32	Ослабление затяжки стопорной гайки на валу или на втулке подшипника
33	Подшипник не имеет надёжной фиксации на валу или в корпусе
34	Чрезмерный радиальный/осевой внутренний зазор в подшипнике
	Повреждение поверхности
1, 2, 3, 4	Износ из-за неэффективного смазывания
25	Задиры из-за проскальзывания тел качения
27	Вмятины на дорожках качения и/или телах качения из-за закатывания твёрдых загрязняющих частиц
35	Вмятины на дорожках качения и/или телах качения от ударных нагрузок
36	Ложное бринеллирование на дорожках качения и/или телах качения из-за вибрации без вращения узла
37	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за усталости материала
38	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за начавшегося повреждения поверхности
39	Статическое травление на дорожках качения и/или телах качения из-за химического/жидкостного загрязнения
40	Микровыкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за присутствия влаги или повреждения электрическим током
41	Поперечные борозды на дорожках качения и/или телах качения из-за прохождения или повреждения электрическим током
	Истирание
7	Неправильная установка уплотнения в корпусе
32	Проворот закрепительной или стяжной втулки из-за недостаточной затяжки
33	Неправильная фиксация дистанционных колец
42	Лепестки стопорной шайбы задевают за подшипник

Таблица 1c

Признак: C. Повышенный уровень вибрации

Код решения	Возможная причина
	Контакт металл/металл
25	Проскальзывание тел качения
	Загрязнение
27	Вмятины на дорожках качения и/или телах качения из-за попадания и закатывания твёрдых загрязняющих частиц
28	Твёрдые частицы остались в корпусе в процессе производства или после предыдущего выхода подшипника из строя
	Слишком свободные посадки
30	Проворот внутреннего кольца на валу
31	Проворот наружного кольца в корпусе
	Повреждение поверхности
1, 2, 3, 4	Износ из-за неэффективного смазывания
25	Задиры из-за проскальзывания тел качения
27	Вмятины на дорожках качения и/или телах качения из-за закатывания твёрдых загрязняющих частиц
35	Вмятины на дорожках качения и/или телах качения от ударных нагрузок
36	Ложное бринеллирование на дорожках качения и/или телах качения из-за вибрации узла без вращения
37	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за усталости материала
38	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за начавшегося повреждения поверхности
39	Статическое травление на дорожках качения и/или телах качения из-за химического/жидкостного загрязнения
40	Микровыкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за присутствия влаги или повреждения электрическим током
41	Поперечные борозды на дорожках качения и/или телах качения из-за прохождения или повреждения электрическим током

Таблица 1d

Признак: D. Повышенное биение вала

Код решения	Возможная причина
	Люфты
30	Внутреннее кольцо свободно посажено на валу
31	Наружное кольцо слишком свободно посажено в корпусе
33	Подшипник не имеет надёжной фиксации на валу или в корпусе
	Повреждение поверхности
1, 2, 3, 4	Износ из-за неэффективного смазывания
37	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за усталости материала
38	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за начавшегося повреждения поверхности
	Неправильный внутренний зазор подшипника
11	Подшипник установлен с неправильным зазором
33	Подшипник недостаточно зафиксирован на валу или в корпусе, чрезмерный люфт

Таблица 1e

Признак: E. Вал проворачивается с трудом

Код решения	Возможная причина
	Подшипник с чрезмерным натягом
11	Неверно выбран зазор при замене подшипника
12	Материал вала имеет более высокий коэффициент теплового расширения, чем сталь подшипника (напр., нержавеющая сталь)
13	Большая разность температур между валом и корпусом
14	Чрезмерное осевое смещение при посадке на коническое посадочное место
15	Чрезмерная овальность вала или корпуса – подшипник зажат на валу или в корпусе
16, 17	Чрезмерно тугая посадка на валу и/или в корпусе
26	Чрезмерный преднатяг – неправильная сборка
	Сопротивление вращению от уплотнения
5	Элементы корпуса или другие детали узла задевают за уплотнение
6	Несколько уплотнений в узле (корпусе) подшипника
7	Перекос внешних уплотнений (корпуса)
9	Уплотнения недостаточно смазываются
	Повреждение поверхности
37	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за усталости материала
38	Выкрашивание на дорожках качения и/или телах качения из-за начавшегося повреждения поверхности
41	Поперечные борозды на дорожках качения и/или телах качения из-за прохождения или повреждения электрическим током
	Конструкция
43	Заплечики вала и/или корпуса перекошены относительно посадочного места подшипника
44	Слишком высокий заплечик вала, задевание уплотнений/защитных шайб

Неисправности и практические решения для их устранения

Практические решения для устранения типовых неисправностей подшипников приведены в **таблице 2**, начиная со **стр. 236**.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чтобы свести к минимуму возможность серьёзных травм, перед началом любых работ выполните требуемые процедуры по блокировке и опломбированию оборудования.

ВНИМАНИЕ: Непосредственный контакт с нефтепродуктами может вызвать аллергическую реакцию! Перед тем как работать со смазочными материалами, прочтите соответствующие инструкции по безопасности и всегда используйте защитные перчатки.

Таблица 2

Неисправности и их решения

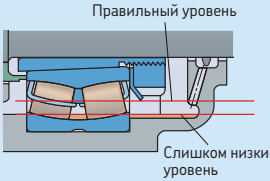
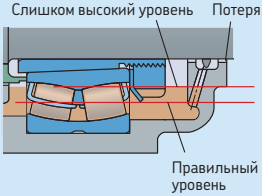
Код решения	Состояние / практическое решение
1	**Недостаточное смазывание** Смазывание пластичной смазкой Соображения относительно первого заполнения или запуска узла в работу: • Пластичная смазка должна заполнять 100 % свободного объёма подшипника и доходить до нижней части вала в корпусе (от 1/3 до 1/2). • Если полость корпуса рядом с подшипником слишком мала, количество смазки можно немного уменьшить, чтобы не допустить перегрева из-за перемешивания. • → *Смазывание*, начиная со **стр. 178**. Мероприятия во время эксплуатации: • Проверьте износ, повреждение и корректность применения уплотнения. Проверьте утечку смазки. • Утечка по причине несоответствия смазки условиям эксплуатации Мероприятия во время замены смазки: • Убедитесь в правильном выборе интервала замены смазки. • Убедитесь, что смазка может попасть в полость подшипника • Убедитесь, что в подшипник попадает свежая смазка  Смазывание масляной ванной Соображения относительно первого заполнения, замены или остановки: • Уровень масла в ванне должен доходить до середины нижнего тела качения без вращения. Мероприятия во время эксплуатации: • Убедитесь, что корпус правильно вентилируется, чтобы не было противодавления, которое может привести к неправильной работе автоматических лубрикаторов. • Проверьте износ, повреждение или протечку уплотнений. • Проверьте утечку по линии разъёма корпуса, при необходимости нанесите на прокладку тонкий слой герметика.
2	**Избыточное смазывание** Слишком большое количество смазочного материала может привести к интенсивному перемешиванию и повышению температуры. Смазывание пластичной смазкой Соображения относительно первого заполнения или запуска узла в работу: • Пластичная смазка должна заполнять 100 % от свободного объёма подшипника и доходить до нижней части вала в корпусе (от 1/3 до 1/2). • Если полость корпуса рядом с подшипником слишком мала, количество смазки можно немного уменьшить, чтобы не допустить перегрева из-за интесивного перемешивания. • → *Смазывание*, начиная со **стр. 178**. Мероприятия во время эксплуатации: • Проверьте, возможно ли выдавливание смазки через уплотнения, либо через сливную пробку. Регулятор количества смазки помогает удалить лишнюю смазку. • Проверьте правильную ориентацию уплотнений, при которой излишки смазки выходят из узла без затруднений, а загрязнения не попадают в корпус • Убедитесь в правильном выборе интервала замены смазки (не превышен). • При замене смазки используйте её правильное количество.  Смазывание масляной ванной Мероприятия: • Уровень масла в ванне должен доходить до середины нижнего тела качения без вращения. • Осмотрите каналы для возврата масла на предмет загрязнения. • Установка смотровых стекол на всех корпусах является быстрым и удобным способом проверки уровня масла в корпусах.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

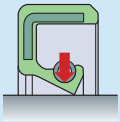
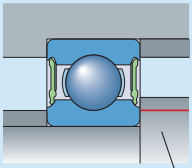
Код решения		Состояние / практическое решение
3		**Неправильный выбор смазочного материала** Мероприятия: • Проверьте условия применения, чтобы определить правильную вязкость базового масла (пластичной смазки, масла) и консистенцию (пластичной смазки) для работы в заданных условиях (→ *Смазывание*, начиная со **стр. 178**). • Контакт металл/металл может приводить к перегреву и преждевременному износу, в конечном итоге вызывая повышенный шум. • Проверьте старую и новую смазки на смешиваемость, если имела место замена марки пластичной смазки или масла. • Проверьте консистенцию пластичной смазки. • Проверьте рабочую вязкость.
4		**Неправильная система смазывания** Мероприятия: • Проанализируйте рабочую скорость и рабочую температуру подшипника. • Проверьте использование подходящего смазочного материала и системы смазывания. • Простым решением может быть переход от пластичной смазки к смазыванию маслом. • Решением может быть переход от смазывания масляной ванной к циркуляции масла. • Использование добавочного холодильника к существующей системе смазывания маслом также может решить проблемы с перегревом. • Специальные требования можно узнать в компании SKF или у производителя оборудования. • Справочные значения номинальной частоты вращения подшипника приведены в техописании производителя. Значения SKF для расчётной и номинальной частоты вращения представлены на сайте www.skf.ru.
5	 	**Слишком тугие уплотнения корпуса** Мероприятия: • Проверьте диаметр вала, чтобы убедиться в правильности используемого уплотнения со стягивающей пружиной во избежание чрезмерного трения, или замените уплотнение на уплотнение с правильным натяжением пружины. • Убедитесь в надлежащем смазывании уплотнений. • Проверьте износ рабочих кромок уплотнения. • Перед монтажом войлочных уплотнений их нужно пропитать в горячем масле. **Элементы вала задевают уплотнения подшипника** Мероприятия: • Проверьте конструктивные элементы вала рядом с уплотнениями: – высота заплечиков (→ сайт www.skf.ru) – если имеется температурное расширение вала, возможно, потребуется компенсировать смещение вала

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

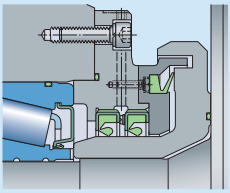
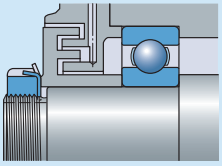
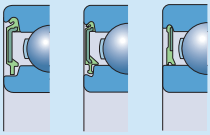
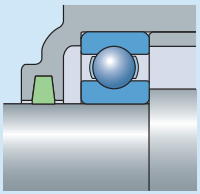
Код решения		Состояние / практическое решение
6		**Несколько уплотнений в узле (корпусе)** Соображения: • Если для защиты от загрязнений используются несколько контактных уплотнений, трение и тепловыделение будут увеличиваться. • Перед тем как использовать дополнительные уплотнения, проанализируйте влияние теплового эффекта на работу подшипника и смазочного материала. • Кроме того, необходимо учитывать дополнительную мощность, затраченную на потери от тепловыделения.
7		**Перекос внешних уплотнений (корпуса)** Соображения относительно сборки: • Чрезмерный перекос вала относительно корпуса может привести к трению бесконтактного или щелевого уплотнения. Это может вызвать повышение температуры, уровня шума и ускорить износ в период приработки. Это также может нарушить целостность уплотнения. Мероприятия: • Проверьте и устраните расцентровку. • Если перекоса невозможно избежать, возможно потребуется увеличить зазоры между внешними уплотнениями.
8	 Контактные уплотнения	**Слишком высокая скорость скольжения для контактного уплотнения** Соображения: • Кромки уплотнения имеют ограниченную скорость скольжения. Если рабочая скорость превышает этот предел, кромка уплотнения повреждается, и появляется утечка смазки. • Если рабочая скорость увеличилась или используется подшипник с другим уплотнением, проверьте, может ли уплотнение подшипника работать при такой скорости. • Контактные уплотнения выделяют больше тепла, чем уплотнения низкого трения или бесконтактные защитные шайбы
9		**Уплотнения недостаточно смазываются** Соображения: • Работающие без смазки контактные уплотнения могут выделять значительное количество тепла. Мероприятие во время сборки: • При запуске нового или отремонтированного оборудования убедитесь, что уплотнения правильно смазываются. Перед монтажом войлочных уплотнений их нужно пропитать в горячем масле. Мероприятия во время эксплуатации: • Обычно смазочный материал в корпусе поступает наружу к уплотнениям и автоматически смазывает их. • Правильно смазываемые уплотнения лучше охлаждаются и создают эффективное уплотнение, поскольку любые зазоры между контактами заполняются смазочным материалом. • Правильное смазывание также сокращает преждевременный износ уплотнения. • Проверьте уплотнения на предмет износа и повреждений.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

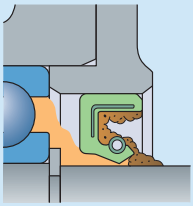
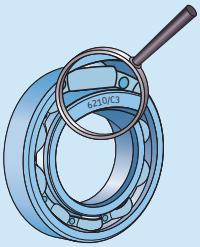
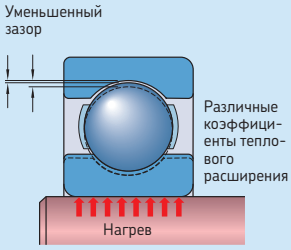
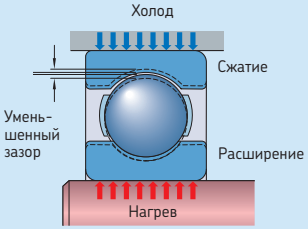
Код решения	Состояние / практическое решение
10	 **Уплотнения установлены так, что препятствуют выходу смазки** Соображения относительно сборки: В зависимости от условий применения можно устанавливать (ориентировать) контактные уплотнения наружу или внутрь узла: для обеспечения выхода смазочного материала и защиты от попадания внешних загрязнений, либо для предотвращения утечки смазки из узла. Мероприятия: • Проверьте по чертежам узла ориентацию установки уплотнений или обратитесь к производителю оборудования, чтобы определить правильную ориентацию уплотнений в узле. Соображения относительно эксплуатации: • Направленные наружу кромки уплотнений обычно обеспечивают выход излишней смазки и не допускают попадания загрязнений внутрь узла. Мероприятия: • Уплотнения должны быть ориентированы правильно, чтобы удерживать смазку внутри и не допускать попадания загрязнений в узел.
11	 **Неверный выбор начального внутреннего зазора подшипника** Мероприятия: • Проверьте узел, чтобы убедиться в том, что внутренний зазор нового подшипника соответствует исходным проектным характеристикам. • Если подшипник перегревается и после его замены при заданных условиях работы, обратитесь в техническую службу SKF, чтобы выяснить как может повлиять увеличение внутреннего зазора на работу оборудования. • Проверьте все сопряжённые размеры, поскольку износ сопряжённых элементов может влиять на рабочий зазор подшипника.
12	 **Материал вала (и корпуса) имеет более высокий коэффициент теплового расширения, чем подшипниковая сталь** Соображения относительно модернизации или капитального ремонта: • В некоторых случаях могут применяться другие материалы вала или корпуса. Например, вал из нержавеющей стали может потребоваться для условий применения в пищевой промышленности, а алюминиевый корпус — для уменьшения веса оборудования. • Если материал вала имеет более высокий коэффициент теплового расширения, чем сталь подшипника, тогда радиальный внутренний зазор в подшипнике дополнительно уменьшается. Поэтому для некоторых нержавеющих сталей для изготовления валов (серия 300) требуется либо менее плотная посадка внутреннего кольца подшипника, либо подшипник с увеличенным радиальным внутренним зазором, например, вместо CN использовать C3, вместо C3 использовать C4 и т. д. • Если корпус выполнен из материала с более высоким коэффициентом теплового расширения, чем сталь подшипника (например, алюминий), может потребоваться более тугая посадка для предотвращения проворота наружного кольца в расточке корпуса. Мероприятия: • В обоих случаях может потребоваться расчётный анализ влияния нового материала вала или корпуса на величину внутреннего зазора подшипника и соответствующая замена подшипника.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

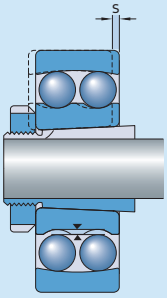
Код решения	Состояние / практическое решение
13	**Большая разность температур между валом и корпусом**
14	**Чрезмерное осевое смещение подшипника при посадке на коническое посадочное место**



Соображения относительно проектирования:
- Из-за особенностей конструкции подшипникового узла температура внутреннего кольца, как правило, выше температуры наружного кольца. Например, относительно сильный нагрев вала электродвигателя вызывает большее расширение внутреннего кольца. Крышка двигателя, в которой установлено наружное кольцо подшипника, имеет значительно большую площадь теплоотдачи, чем посадочная шейка вала, что еще более увеличивает разность температур между кольцами подшипника.

Соображения относительно эксплуатации:
- Повышение разности температур между валом и корпусом уменьшает внутренний зазор подшипника, что может привести даже к появлению преднатяга, что, в свою очередь, приводит к повышению трения и рабочей температуры подшипника.

Мероприятия:
- Проверьте температуру вала и корпуса рядом с подшипником.
- При подтверждении вышеуказанных условий выберите подшипник с увеличенным внутренним зазором, чтобы не допустить превращения внутреннего зазора в натяг



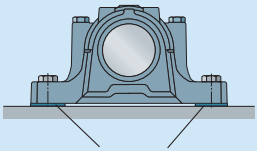
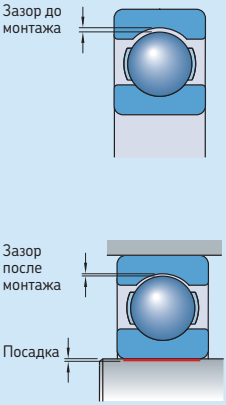
Соображения относительно монтажа:
- При монтаже подшипника с коническим отверстием на коническое посадочное место (на вал или втулку) радиальный внутренний зазор в подшипнике уменьшается.

Соображения относительно эксплуатации:
- Слишком большое осевое смещение «s» может привести к образованию слишком малого внутреннего зазора или даже к натягу в подшипнике. Это приводит к увеличению рабочей температуры подшипника.
- Чрезмерное осевое смещение «s» может привести к чрезмерным внутренним нагрузкам и даже к растрескиванию внутреннего кольца.

Мероприятия:
- Малогабаритные самоустанавливающиеся шарикоподшипники: после монтажа на вал проверьте, свободно ли проворачивается наружное кольцо. В противном случае демонтируйте подшипник и начните процедуру монтажа сначала.
- Крупногабаритные самоустанавливающиеся шарикоподшипники, сферические роликоподшипники и тороидальные роликоподшипники CARB: сравните остаточный зазор после монтажа с начальным зазором подшипника. Максимально допустимые значения уменьшения зазора приведены в **Приложении F**, начиная со **стр. 402**. Если зазор слишком мал, демонтируйте подшипник и начните процедуру монтажа сначала.
- Для правильного монтажа используйте метод точного монтажа SKF Drive-up или метод угла затяжки для самоустанавливающихся шарико-подшипников, метод SKF Drive-up или метод контролируемого зазора для сферических роликоподшипников и тороидальных роликоподшипников CARB. Хорошо проверенный метод SKF Drive-up (→ **стр. 57**) является простым способом достижения правильного зазора без использования калиброванных пластин. Для особо крупногабаритных подшипников используйте метод SensorMount (→ **стр. 67**).

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

Код решения		Состояние / практическое решение
15	 Слишком короткие калиброванные пластины	**Подшипник смонтирован в деформированном отверстии корпуса** Соображения относительно эксплуатации: • Сжатие/защемление наружного кольца подшипника в овальном или деформированном посадочном месте в корпусе приводит к изменению зазора или натяга и к увеличению трения и рабочей температуры. • Это часто характеризуется двумя зонами нагружения в наружном кольце, отстоящими друг от друга на 180°. • Сжатие (защемление) также может ограничивать осевое смещение плавающего подшипника и вызывать большие осевые нагрузки. Мероприятия: • Проверьте плоскостность опорной поверхности корпуса во избежание подвижной опоры (мягкой лапы). Калиброванные пластины должны закрывать всю площадь основания корпуса. • Опорная поверхность корпуса должна быть достаточно жёсткой для предотвращения её деформаций. • Проверьте посадочные места на валу и в корпусе на предмет отклонения от круглости (овальности) (→ **Приложение D-1**, **стр. 386**). • При необходимости выполните повторную механическую обработку.
16		**Перенатяг подшипника на валу** Соображения относительно проектирования: • Посадка с натягом внутреннего кольца на вал расширяет внутреннее кольцо и уменьшает внутренний зазор подшипника. • Если посадка слишком тугая, она может привести к слишком малому рабочему зазору в подшипнике или даже к появлению натяга. Это приведёт к перегреву подшипника. Мероприятия: • Проверьте величину зазора в установленном подшипнике. • Если вал новый или после ремонта, тщательно проверьте точность размеров и формы посадочного места под подшипник (→ **Приложение D-1**, **стр. 386**). • Проверьте также размеры посадочного отверстия в корпусе. • Если все размеры соответствуют техническим требованиям, может потребоваться подшипник с несколько большим внутренним зазором. • Имейте в виду, что посадка с чрезмерным натягом на валу и в корпусе, вероятно, приведёт к слишком малому рабочему зазору (→ *Радиальная фиксация подшипников*, начиная со **стр. 31**).

9

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

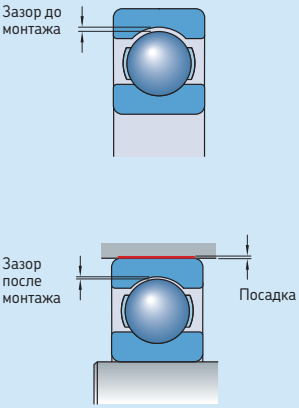
Код решения		Состояние / практическое решение
17		**Перенатяг подшипника в корпусе** Соображения относительно проектирования: • Посадка с натягом наружного кольца подшипника в корпусе сжимает наружное кольцо и уменьшает внутренний зазор подшипника. • Если посадка слишком тугая, она может привести к слишком малому рабочему зазору в подшипнике или даже к появлению натяга. Это приведёт к перегреву подшипника. Мероприятия: • Проверьте величину внутреннего зазора в установленном подшипнике. • Если корпус новый или после ремонта, тщательно проверьте точность размеров и формы посадочного места подшипника (→ **Приложение D-1**, **стр. 386**). Перешлифуйте посадочное место в корпусе до нужной посадки. Если это невозможно, используйте подшипник с большим внутренним зазором. • Имейте в виду, что посадка с чрезмерным натягом на валу и в корпусе, вероятно, приведёт к слишком малому рабочему зазору (→ *Радиальная фиксация подшипников*, начиная со **стр. 31**). • Имейте в виду, что при нагрузке на вращающееся внутреннее кольцо посадка с натягом в корпусе приведёт к тому, что плавающий подшипник станет фиксирующим, что, в свою очередь, приведет к дополнительной осевой нагрузке и чрезмерному нагреву.
18		**Перегруженные подшипники в результате изменения условий нагружения** Соображения относительно модернизации или изменения режимов работы оборудования: • Увеличение внешней нагрузки на подшипник приводит к увеличению тепловыделения в подшипнике. • Тяжёлые нагрузки значительно сокращают срок службы подшипника. • Поэтому необходимо убедиться, что изменение условий нагружения из-за изменений в конструкции узла или машины, или режима их работы не приведёт к увеличению рабочих нагрузок на подшипники. Примеры: • Переход от муфты к ремённой передаче. • Переход от муфты к шкиву. • Повышение скорости механизмов оборудования. Мероприятия: • Производитель оборудования должен проанализировать влияние изменений параметров конструкции или режимов работы оборудования на условия нагружения подшипников.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

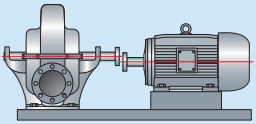
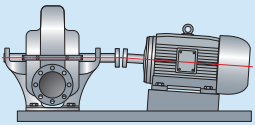
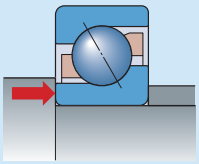
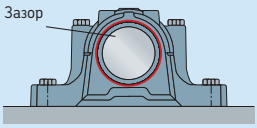
Код решения		Состояние / практическое решение
19		**Плоско-параллельная несоосность валов двух узлов** Соображения относительно сборки: • Два вала не расположены на одной прямой линии вращения (в вертикальной и горизонтальной плоскости). • Это приводит к дополнительным нагрузкам на подшипники и уплотнения, которые увеличивают трение и температуру, а также сокращают срок службы подшипников, уплотнений и смазочного материала. Мероприятия: • Выполните выверку валов с помощью соответствующего оборудования SKF и калиброванных пластин (→ *Выверка*, начиная со **стр. 158**).
20		**Перекос валов двух узлов** Соображения относительно сборки: • Опорные поверхности узлов не расположены в одной плоскости. • Это приводит к дополнительным нагрузкам на подшипники и уплотнения, которые увеличивают трение и температуру, а также сокращают срок службы подшипников, уплотнений и смазочного материала. Мероприятия: • Выполните выверку валов с помощью соответствующего оборудования SKF и калиброванных пластин (→ *Выверка*, начиная со **стр. 158**).
21		**Неправильная установка радиально-упорных шарикоподшипников по отношению к направлению осевой нагрузки** Соображения относительно сборки: • Для правильной работы радиально-упорных и упорных шарикоподшипников их следует устанавливать навстречу осевой нагрузке. • Например: однорядные радиально-упорные шарикоподшипники могут воспринимать осевые нагрузки только в одном направлении. При установке в обратном направлении осевая нагрузка будет приложена к «низкому» заплечику внутреннего кольца, что приведёт к разгрузке и повреждению подшипника, увеличению тепловыделения и преждевременному выходу его из строя. Мероприятия: • Во время монтажа узла убедитесь в том, что осевая нагрузка воспринимается «высоким» заплечиком внутреннего кольца подшипника. •
22		**Условия дисбаланса** Соображения относительно эксплуатации: • Нагрузка от дисбаланса ротора действует на наружное кольцо подшипника при вращении, что значительно увеличивает тепловыделение и нагружение подшипника с ростом частоты вращения. Мероприятия: • Проверьте скопление/налипание грязи/загрязняющих веществ на роторе. • Отбалансируйте оборудование. • Имейте в виду, что увеличенный зазор при посадке наружного кольца подшипника в корпусе также вызывает вибрацию и проворот наружного кольца.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

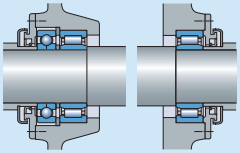
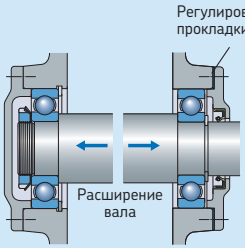
Код решения		Состояние / практическое решение
23		**Подшипник неправильно зафиксирован** Соображения относительно компоновки и сборки узла: • В некоторых случаях фиксирующая подшипниковая опора состоит из радиального и упорного подшипников. • Если радиальный подшипник зафиксирован на валу, он будет подвергаться осевым нагрузкам, что приведёт к увеличению комбинированной нагрузки. Это вызывает перегрев и, возможно, преждевременный выход подшипника из строя. • Если упорный подшипник зафиксирован радиально, он будет подвергаться радиальным нагрузкам, что приведет к увеличению комбинированной нагрузки. Это вызывает перегрев и, возможно, преждевременный отказ подшипника. Мероприятия: • Убедитесь, что радиальный подшипник не зафиксирован в осевом направлении, а упорный подшипник не воспринимает радиальную нагрузку. Для предотвращения проворота наружного кольца упорного подшипника его следует стопорить фиксирующими элементами, например, шарикоподшипник с четырёхточечным контактом обычно имеет соответствующие фиксирующие пазы в наружном кольце.
24		**Перегрузка подшипников с перекрёстной фиксацией при тепловом расширении вала** Соображения относительно компоновки и сборки узла: • Если подшипники установлены с перекрёстной фиксацией и, кроме того, имеется повышенное тепловое расширение вала (например, в случае длинного вала), то в обоих подшипниках возникают дополнительные внутренние осевые нагрузки. • Эти нагрузки могут вызвать дальнейшее увеличение момента трения и температуры подшипников. • Дополнительные осевые нагрузки также могут снижать усталостную долговечность подшипников. Мероприятия: • Используйте регулировочные прокладки между корпусом и крышкой, чтобы обеспечить соответствующий зазор между крышкой и торцом наружного кольца, для компенсации теплового удлинения вала и предотвращения защемления подшипников. • Рекомендуется применять пружинный натяг в опорах вместо перекрёстной фиксации подшипников, чтобы уменьшить осевой зазор в подшипнике. • Выполните численную оценку ожидаемого теплового расширения вала, чтобы обоснованно установить величину осевого зазора между торцом наружного кольца подшипника и крышкой корпуса.
25		**Задиры на дорожках качения из-за скольжения (проскальзывания) тел качения** Соображения относительно выбора условий работы подшипников: • Для удовлетворительной работы без проскальзывания и отсутствия задиров все шарико- и роликоподшипники должны быть нагружены определённой минимальной нагрузкой (→ сайт www.skf.ru). • Если требования по величине минимальной нагрузки не выдерживаются, возможно проскальзывание тел качения, что сопровождается выделением тепла и возникновением шума. Крайне густые смазки могут дополнительно способствовать этому эффекту, особенно в очень холодной рабочей среде. Мероприятия: • Следует дополнительно нагрузить подшипник, например, с помощью создания пружинного преднатяга. • В качестве альтернативы можно использовать подшипник с другим внутренним зазором или подшипник другого типа. • Решением также может быть уменьшение размера подшипника и, как следствие, увеличение его нагруженности.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

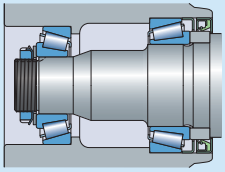
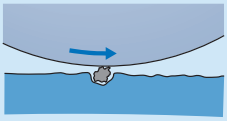
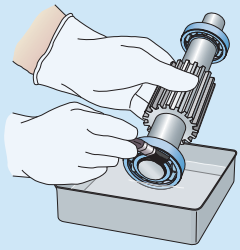
Код решения		Состояние / практическое решение
26		**Перенатяг подшипников при регулировке узла** Соображения относительно монтажа или сборки: • При регулировке осевого зазора/натяга в подшипниковом узле излишняя затяжка регулировочного устройства (стопорной гайки) может привести к чрезмерному натягу и повышенным рабочим температурам. • Чрезмерный натяг также увеличит момент трения в подшипниках. Пример: конические роликоподшипники или радиально-упорные шарикоподшипники с одним подшипником с каждой стороны вала. Мероприятия: • Проверьте у производителя оборудования величину рабочего зазора/натяга, а также соответствующую процедуру его контроля при сборке и регулировке узла. • Величину осевого зазора/натяга при регулировке узла можно контролировать с помощью индикатора часового типа.
27		**Вмятины на поверхности качения из-за попадания в подшипник твёрдых загрязняющих частиц** Соображения относительно условий эксплуатации: • Загрязняющие частицы могут повредить контактные поверхности подшипника, а также увеличить шум и вибрацию. В некоторых случаях может также повыситься температура. Мероприятия: • Проверьте уплотнение и убедитесь, что: – Использовалось правильное уплотнение. – Уплотнение было установлено правильно. – Уплотнение не изношено, не повреждено и отсутствуют утечки смазочного материала. • Может потребоваться сокращение интервалов замены смазки. Более частая подача меньшего количества свежей смазки может способствовать выводу загрязнений из подшипника/корпуса (→ *Повторное смазывание*, начиная со **стр. 192**). • Рассмотрите вариант замены открытых подшипников на уплотнённые подшипники.
28		**Перед сборкой подшипникового узла из корпуса не удалены стружка, грязь и т. д.** Соображения относительно условий сборки и чистоты смазки: • Повреждения на контактных поверхностях подшипника могут создаваться твёрдыми загрязняющими частицами, которые остались в корпусе после выхода подшипника из строя, из-за износа других деталей (таких как шестерни) или по причине загрязнения смазки. • Это может привести к повышению температуры, шума и вибрации. Мероприятия: • Удалите все заусенцы и убедитесь в достаточной шероховатости поверхностей. • Тщательно очистите корпус и все детали перед установкой нового подшипника. • Убедитесь, что используется чистая смазка без загрязнений. Ёмкости со смазкой должны быть закрыты и храниться надлежащим образом.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

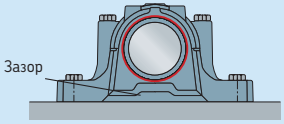
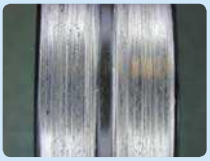
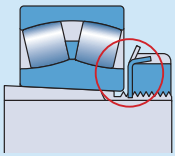
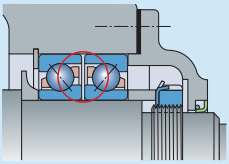
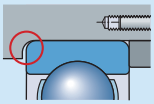
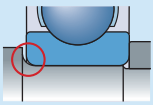
Код решения		Состояние / практическое решение
29		**Вязкость смазки снижается из-за наличия жидких загрязняющих веществ** Соображения относительно смазывания и уплотнения: • Жидкие загрязнители понижают вязкость смазочного материала, что приводит к его ускоренному удалению из подшипников и возникновению поверхностных контактов типа «металл/металл». • Кроме того, присутствие жидкости в смазке вызывает образование коррозии на контактных поверхностях подшипника. • Эти условия приводят к более высоким уровням температуры, износа и шума. Мероприятия: • Проверьте уплотнения корпуса на предмет того, что они не допускают попадание жидких загрязнений внутрь. • Может потребоваться сокращение интервалов замены смазки. Более частая подача меньшего количества свежей смазки может способствовать выводу загрязнений из подшипника/корпуса (→ *Повторное смазывание*, начиная со **стр. 192**).
30		**Проворот внутреннего кольца на посадочном месте вала** Соображения относительно посадки внутреннего кольца: • В большинстве случаев имеют место условия вращающегося вала и радиальной нагрузки постоянного направления. В этом случае требуется плотная посадка внутреннего кольца подшипника на вал, чтобы не допустить проворота кольца. Надёжная работа подшипников зависит от правильной посадки. • Однако внутреннее кольцо может проворачиваться на посадочном месте вала, если посадочное место изношено или повреждено в результате коррозии. • Проворот кольца приводит к повышенному шуму и вибрации, а также к ускоренному износу посадочной поверхности вала. Мероприятия: • Восстановите посадочное место вала до соответствующего размера → *Радиальная фиксация подшипников*, начиная со **стр. 31**).
31	 	**Проворот наружного кольца на посадочном месте в корпусе** Износ или увеличенный диаметр посадочного места Соображения относительно посадки наружного кольца: • В большинстве применений встречается стационарный корпус и радиальная нагрузка постоянного направления. В этом случае радиальная нагрузка действует на неподвижное наружное кольцо, которое может монтироваться в корпус со свободной посадкой. • Однако наружное кольцо может проворачиваться в корпусе, если посадочное место изношено или имеет увеличенный диаметр. • Проворот наружного кольца подшипника приводит к повышенному шуму и вибрации, а также к ускоренному износу. Мероприятия: • Восстановите посадочное место корпуса до соответствующего размера → *Радиальная фиксация подшипников*, начиная со **стр. 31**). • Для крупногабаритных корпусов можно проточить посадочное отверстие в корпусе до несколько большего диаметра и затем использовать вставную патронную втулку под подшипник. Разбалансировка Соображения относительно посадки наружного кольца: • Циркуляционная нагрузка от чрезмерного дисбаланса вала может привести к провороту наружного кольца даже в случае правильной посадки. Мероприятия: • Устраните источники дисбаланса. • Повторно отбалансируйте машину.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

Код решения		Состояние / практическое решение
32		**Ослаблено крепление подшипника стопорной гайкой на валу или на закрепительной втулке** Соображения относительно монтажа и сборки: • Ослабление крепления подшипника стопорной гайкой на валу или закрепительной втулке может привести к ослаблению посадки подшипника. • Это, в свою очередь, может привести к провороту внутреннего кольца на посадочном месте вала. • Данное состояние способствует повышению уровня шума и тепловыделения в подшипнике, а также приводит к ускоренному износу подшипника. Мероприятия: • Затяните стопорную гайку до получения соответствующего осевого положения внутреннего кольца (внутреннего зазора подшипника) (→ *Монтаж подшипников*, начиная со **стр. 44**). • Убедитесь, что стопорная гайка надёжно зафиксирована (например, с помощью лапки на стопорной шайбе) после завершения монтажа.
33		**Ненадёжная осевая фиксация подшипника в опоре** Соображения относительно монтажа и сборки: • При сборке в опоре с ненадёжно зафиксированным подшипником может быть создан неправильный внутренний зазор/натяг. • В этой ситуации может повыситься шум и снизиться работоспособность подшипника. Примеры: • Комплект из двух радиально-упорных шарикоподшипников, которые неправильно затянуты. • При этом может получиться увеличенный зазор в подшипниковой опоре, что ведёт к повреждению подшипника из-за проскальзывания шариков (задиры), повышенному уровню шума и проблемам со смазыванием. • Недостаточно надёжная фиксация подшипника также повлияет на его правильное положение на валу. Мероприятия: • Убедитесь, что фиксирующее устройство надёжно прижимает оба подшипника в опоре вплотную к заплечикам вала или торцам проставочных втулок.
		**Слишком большие галтели (радиус угла)** Соображения относительно монтажа и сборки: • Если галтели на посадочной шейке вала слишком большие, подшипник не будет надёжно фиксироваться к заплечикам вала. • В этой ситуации могут деформироваться относительно тонкие кольца подшипника. • В подшипнике не будет создан правильный внутренний зазор или натяг. Мероприятия: • Обработайте галтели до нужного размера с учётом размеров фаски на кольце подшипника.
		

9

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

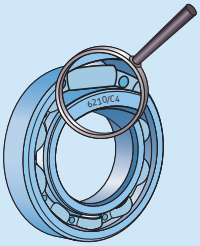
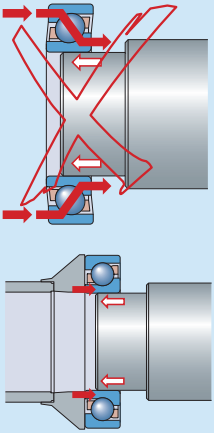
Код решения		Состояние / практическое решение
34		**Слишком большой радиальный или осевой внутренний зазор в подшипнике** Соображения относительно условий эксплуатации: • Чрезмерный радиальный или осевой внутренний зазор может привести к увеличению шума, поскольку тела качения могут свободно перемещаться за пределами зоны нагружения. • Кроме того, слишком большой зазор может сократить ресурс подшипника из-за проскальзывания тел качения. Мероприятия: • Чтобы тела качения были постоянно нагружены (в основном для шарикоподшипников), можно использовать витые или тарельчатые пружины для создания соответствующей осевой нагрузки (преднатяга). • Проверьте внутренний зазор в подшипнике до и после монтажа, при необходимости отрегулируйте зазор при монтаже.
35		**Вмятины на дорожках качения от ударов (неправильный метод монтажа)** Соображения относительно конструкции: • Большинство подшипников установлены с натягом на валу, либо в корпусе узла. Соображения относительно монтажа: • Всегда прикладывайте монтажное усилие к кольцу, которое устанавливается с натягом. Не допускайте передачу монтажного усилия через тела качения, поскольку в этом случае на дорожках качения образуются вмятины. • Полученные повреждения могут увеличить шум, вибрацию и температуру. • Велика вероятность того, что подшипник преждевременно выйдет из строя. Мероприятия: • Замените подшипник. • Ни в коем случае не допускается наносить удары непосредственно по подшипнику во время монтажа. Обязательно используйте ударную монтажную втулку. • Проанализируйте монтажные процедуры, убедившись, что монтажные усилия не передаются через тела качения (→ *Монтаж в холодном состоянии*, начиная со **стр. 53**). • Используйте монтажный комплект SKF — отличный инструмент для установки небольших подшипников.
36		**Эффект ложного бринеллирования дорожек качения из-за вибрации** Соображения относительно условий эксплуатации: • Ложное бринеллирование на дорожках качения невращающегося подшипника может возникнуть из-за вибраций, передающихся от соседнего работающего оборудования. Этот тип повреждения обычно появляется в нагруженной зоне и характеризуется вмятинами, расстояние между которыми соответствует расстоянию между телами качения. • Это достаточно распространённая проблема, характерная для неработающего (резервного) оборудования, которое продолжительное время расположено рядом с другим работающим оборудованием. Мероприятия: • Периодически проворачивайте вал резервного оборудования, чтобы свести к минимуму вредное воздействие вибрации. • Виброизоляция оборудования была бы эффективным решением, но она не всегда практически выполнима. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

Код решения		Состояние / практическое решение
37		**Усталостное выкрашивание материала на поверхности качения** Соображения относительно условий эксплуатации: • При хорошем смазывании усталость материала в высококачественных подшипниках является редким явлением. • Усталостное (поверхностное) выкрашивание возникает вследствие аномальных рабочих условий, которые вызывают чрезмерно высокие нагрузки в подшипнике, например, при перекосе, защемлении колец, или является результатом дефектов материала, таких как неметаллические включения или низкое качество стали. Мероприятия: • Используйте только высококачественные подшипники. • Проверьте повреждённые подшипники на возможность относительного перекоса колец. При необходимости выполните повторную выверку машины. • Проверьте повреждённые подшипники на возможность сжатия (защемления) колец при монтаже на овальные посадочные места на валу или в расточке корпуса. При необходимости выполните восстановление посадочных мест. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.
38		**Образование и развитие усталостного выкрашивания на поверхности качения** Соображения относительно условий эксплуатации: • Неподходящее для данных условий смазывание приводит к вытеканию смазки из подшипника, масляному голоданию и непосредственному контакту «металл/металл» между поверхностями качения. • Проблема вызвана следующими причинами (помимо прочих): недостаточная вязкость базового масла при рабочей температуре, наличие продуктов износа и загрязняющих веществ. Мероприятия: • Проверьте рабочую вязкость смазочного материала, принимая во внимание фактические рабочие условия. • Для удаления продуктов износа рассмотрите возможность сокращения периодов замены смазки. • Проверьте состояние уплотнений. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.
		Образование и развитие выкрашивания на поверхности качения из-за её повреждений Соображения относительно монтажа и условий эксплуатации: • Начавшееся поверхностное повреждение включает такие причины, как ложное бринеллирование от ударной нагрузки и вибрации, водное травление, вмятины от загрязняющих частиц, прохождение электрического тока и т. д. Мероприятия: • Определите источник повреждения и примите соответствующие меры, напр., не прикладывайте ударную нагрузку к телам качения во время монтажа, замените уплотнения для предотвращения попадания загрязняющих веществ в подшипник, обеспечьте правильное заземление оборудования и т. д. → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

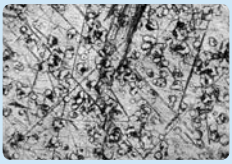
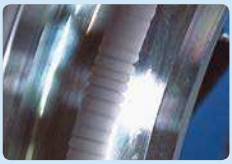
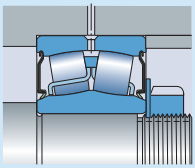
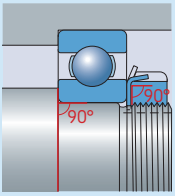
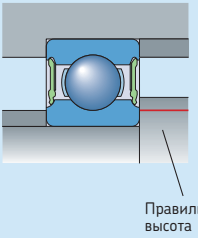
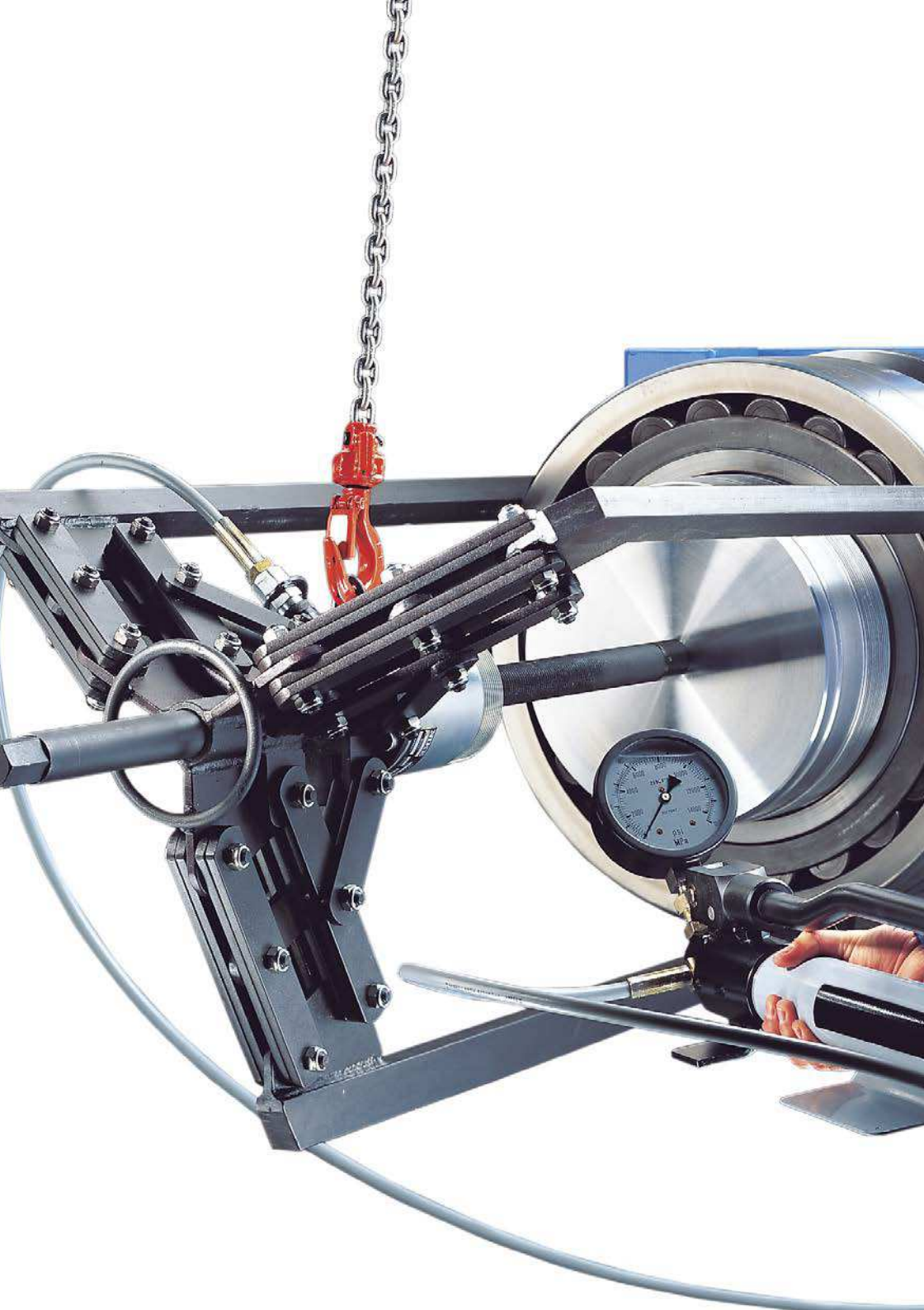
Код решения		Состояние / практическое решение
39		**Коррозия поверхностей качения из-за химического/жидкостного воздействия (вода, кислоты, газы и другие корродирующие вещества)** Во время простоя оборудования: • Контактная коррозия при простое оборудования наиболее часто возникает в подшипниках, смазываемых пластичной смазкой. • Следы повреждений от контактной коррозии обычно расположены на дорожках качения через интервалы, соответствующие шагу между телами качения. Мероприятия: • Проверьте систему уплотнений. • Обновите уплотнения, установив защитную шайбу и/или маслоотражательное кольцо. • Более частая подача меньшего количества свежей смазки может способствовать удалению загрязнений из подшипника/корпуса (→ *Повторное смазывание*, начиная со **стр. 192**). • Периодически проворачивайте вал неработающего оборудования, чтобы свести к минимуму повреждения от контактной коррозии. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.
40		**Микровыкрашивание на дорожках качения и/или телах качения** Во время эксплуатации: • Микровыкрашивание на поверхностях качения иногда называется питтингом и появляется в результате коррозионного загрязнения или прохождения тока (электрическая эрозия). • В любом случае увеличиваются шум и вибрация. Мероприятия: • → Коды решений **39** и **41**. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.
41		**Повреждения поверхностей качения при прохождении электрического тока** Во время эксплуатации: • При прохождении электрического тока через подшипник на дорожках и телах качения могут образовываться микрократеры. Поскольку они очень малы, их трудно обнаружить невооруженным глазом. Детектор-карандаш электрического разряда SKF является бесконтактным инструментом, который помогает обнаружить прохождение тока и электрических разрядов через подшипники. Мероприятия: • Рассмотрите область под увеличением от 500 × до 1000 ×, чтобы подтвердить наличие кратеров. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.
		**Поперечные борозды на дорожках качения** Во время эксплуатации: • Поперечные борозды на дорожках качения являются вторичным повреждением, наиболее часто возникающим из-за прохождения электрического тока через подшипник. • Иногда причиной является вибрация во время эксплуатации. • Электрический ток может проходить через подшипники из-за плохого заземления, использования преобразователей частоты, несимметричной укладки кабелей, конструкции двигателя и приводных механизмов. Мероприятия: • Проверьте надлежащее заземление оборудования. • Если заземление не помогает устранить проблему, можно использовать подшипники INSOCOAT, гибридные подшипники или изоляционную втулку в посадочном отверстии в корпусе. • → *Повреждение подшипников — причины*, начиная со **стр. 288**.

Таблица 2 (продолжение)

Неисправности и их решения

Код решения		Состояние / практическое решение
42		**Лепестки стопорной шайбы разогнуты и задевают за сепаратор или уплотнение подшипника** Соображения относительно монтажа или сборки: • Разогнутые лепестки у некоторых стопорных шайб могут задевать за сепаратор или уплотнение подшипника, вызывая шум, ускоренный износ и его повреждение. • Бывшие в употреблении стопорные шайбы могут иметь незаметные для глаза повреждения фиксирующего или стопорного лепестка, который со временем может быть срезан. Мероприятия: • Не допускается повторное использование шайб (и гаек). • Имейте в виду, что стопорные гайки KMFE имеют встроенную проставку во избежание такого типа повреждения. В качестве альтернативы между подшипником и стопорной гайкой можно поместить промежуточное кольцо.
43		**Неперпендикулярность заплечиков вала и/или корпуса, либо опорной поверхности гайки к посадочной поверхности вала** Соображения относительно монтажа или сборки: • Перекошенные заплечики вала/корпуса могут деформировать кольца подшипника при монтаже, что приведёт к увеличению момента трения и тепловыделения в подшипнике. • → Коды решений **19** и **20**. Мероприятия: • Обработать детали подшипникового узла, обеспечив требуемую перпендикулярность.
44		**Слишком высокий заплечик вала задевает уплотнения/защитные шайбы в подшипнике** Соображения относительно монтажа или сборки: • Если заплечик слишком высокий, он может задевать уплотнения/защитные шайбы в подшипнике. Мероприятия: • Проверить размеры заплечиков на соответствие рекомендациям SKF, представленным на сайте www.skf.ru. • Проточить заплечик вала до получения гарантированного зазора между уплотнением и заплечиком вала.



Демонтаж

Демонтаж подшипников **254**
Что важно помнить 254
Подготовка к демонтажу 254
Применяемые методы демонтажа 255
Демонтаж подшипника, установленного на цилиндрическую шейку вала 256
Ручной демонтаж 256
Демонтаж с помощью гидравлического съёмника 257
Демонтаж с помощью метода гидрораспора 258
Демонтаж с помощью пресса 258
Демонтаж с помощью нагрева 258
Демонтаж подшипника, установленного на коническую шейку вала 259
Ручной демонтаж 260
Демонтаж с помощью гидравлического съёмника 260
Демонтаж с помощью метода гидрораспора 260
Демонтаж подшипника, установленного на закрепительную втулку 260
Ручной демонтаж: гладкие валы 262
Ручной демонтаж: ступенчатые валы . . 262
Демонтаж с помощью гидравлической гайки 262
Демонтаж с помощью метода гидрораспора 264
Демонтаж подшипника, установленного на стяжную втулку 264
Ручной демонтаж 264
Демонтаж с помощью гидравлической гайки 266
Демонтаж с помощью метода гидрораспора 266
Демонтаж подшипника из неразъёмного корпуса 267
Ручной демонтаж 267
Демонтаж с помощью метода гидрораспора 268
Демонтаж с помощью нагрева 269
Демонтаж подшипника с вала и из неразъёмного корпуса 269

Демонтаж подшипниковых узлов **270**
Что важно помнить 270
Подготовка к демонтажу 271
Демонтаж шарикоподшипниковых узлов с фиксирующим стопорным винтом 272
Демонтаж шарикоподшипниковых узлов с эксцентриковым стопорным кольцом 273
Демонтаж шарикоподшипниковых узлов с закрепительной втулкой 274
Демонтаж шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra 275
Демонтаж роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra 276
Демонтаж роликоподшипниковых узлов с цилиндрическим стопорным кольцом 276

Демонтаж корпусов подшипников **278**
Что важно помнить 278
Подготовка к демонтажу 278
Демонтаж разъёмных стационарных корпусов 280
Демонтаж фланцевых корпусов 282

Демонтаж уплотнений **284**
Демонтаж бесконтактных уплотнений . . . 284
Демонтаж контактных уплотнений 284

Демонтаж подшипников

Что важно помнить

Во время демонтажа существует потенциальная опасность повреждения исправного подшипника. Поэтому по возможности не демонтируйте исправные подшипники. Однако, если подшипник нужно демонтировать и использовать его повторно, помните о следующем:

- Не допускайте локального нагрева колец подшипника или других его элементов.
- Не допускается прилагать усилие демонтажа через тела качения.
- Не допускается нагревать подшипник открытым пламенем.

Применяемые для демонтажа подшипников инструменты и методы зависят от размера подшипника. В большинстве случаев подшипники можно классифицировать следующим образом:

- малогабаритные подшипники: диаметр отверстия d ≤ 80 мм
- среднегабаритные подшипники: диаметр отверстия 80 мм < d < 200 мм
- крупногабаритные подшипники: диаметр отверстия d ≥ 200 мм

После демонтажа подшипника его нужно промыть в подходящем растворителе и тщательно просушить. Осмотрите все части подшипника, особенно дорожки качения, тела качения и сепаратор на предмет износа и повреждений. Если подшипник можно использовать повторно, защитите его от коррозии, тщательно смазав пластичной смазкой, маслом или антикоррозионной жидкостью, а затем упакуйте.

Сильнозагрязнённые или покрытые окисленным маслом малогабаритные уплотнённые подшипники обычно не имеет смысла подвергать очистке. Обычно более рентабельно демонтировать старый подшипник и заменить его на новый.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пометьте относительное положение подшипника в корпусе (или на валу) (→ **рис. 1**) перед его демонтажом. При повторном монтаже неповреждённого подшипника неподвижное кольцо обычно устанавливается в корпусе или на валу с поворотом на угол от 120° до 180°, чтобы переместить зону нагружения на новое место на дорожке качения.

Демонтажные инструменты и продукция перечислены в перечне продукции для техобслуживания SKF (→ **Приложение 0**, начиная со **стр. 435**). Демонтажная жидкость SKF подходит для использования при демонтаже с помощью гидравлических инструментов и при использовании метода гидрораспора. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.mapro.skf.ru.

Институт надёжности SKF (RMI) предлагает широкий выбор различных учебных курсов по технике демонтажа (→ *Обучение*, начало на **стр. 326**). Свяжитесь со своим региональным представителем компании SKF для получения дополнительной информации или посетите сайт www.skf.ru.

Подготовка к демонтажу

Время, затраченное на подготовку, позволяет упростить демонтаж. При наличии просмотрите чертежи подшипникового узла и изучите его компоновку. Затем, прежде чем приступать к работе, выполните следующие действия:

- Очистите узел и рабочее место вокруг него.
- Подготовьте соответствующие ёмкости для проб смазочного материала и сбора отработанной смазки.
- Подготовьте соответствующий растворитель, например, бензин, керосин или концентрированный спиртовой раствор для очистки вала, корпуса и подшипника, если планируется использовать их повторно.

ПРИМЕЧАНИЕ: Из экологических соображений компания SKF не рекомендует использовать хлорсодержащие растворители любого типа.

Рекомендуемые методы демонтажа

Компания SKF рекомендует использовать один из следующих методов демонтажа подшипников:

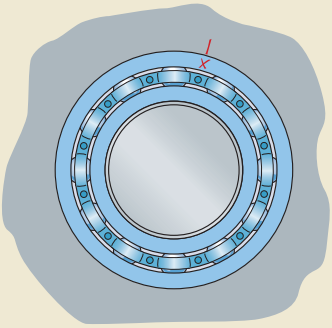
- ручной демонтаж
- демонтаж с помощью гидравлических инструментов
- демонтаж с помощью метода гидрораспора
- демонтаж с нагревом

Используемый метод в значительной степени зависит от размера и типа подшипника. Малогабаритные подшипники можно демонтировать с посадочного места с помощью механических инструментов. Для крупногабаритных подшипников обычно требуется большее усилие, чем то, которое могут обеспечить механические инструменты. Поэтому компания SKF рекомендует использовать гидравлические инструменты, инструменты для гидрораспора или оба метода одновременно.

Чтобы снять с вала внутренние кольца игольчатых роликоподшипников или цилиндрических роликоподшипников типа NU, NJ и NUP, можно использовать нагревательные кольца или специальные индукционные нагреватели. Однако использовать тепловой метод для демонтажа других типов подшипников следует лишь в крайнем случае.

Для демонтажа методом гидрораспора предполагается, что в подшипниковом узле предусмотрены канал для подачи масла и распределительная канавка на валу (→ **Приложение G, стр. 405**).

Рис. 1



Демонтаж подшипника, установленного на цилиндрическую шейку вала

Ручной демонтаж

По возможности зажмите вал в подходящих тисках (→ **рис. 2**), чтобы не допустить повреждения вала или подшипника в процессе демонтажа.

Малогабаритные подшипники можно демонтировать с помощью механического съёмника. Внутреннее кольцо или сопряжённую деталь, например, лабиринтное кольцо, можно захватить лапками съёмника (→ **рис. 3**).

Если невозможно лапками съёмника захватить внутреннее кольцо подшипника, подшипник можно снять за наружное кольцо. Чтобы не допустить повреждений, компания SKF рекомендует проворачивать наружное кольцо и съёмник во время демонтажа (→ **рис. 4**). Однако, после использования этого метода, компания SKF не рекомендует повторное использование подшипника.

Рис. 2

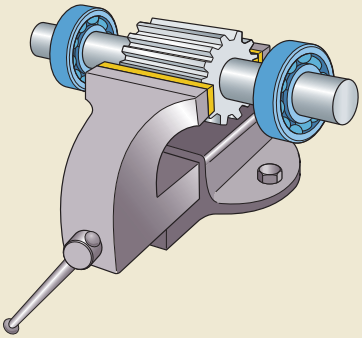


Рис. 3

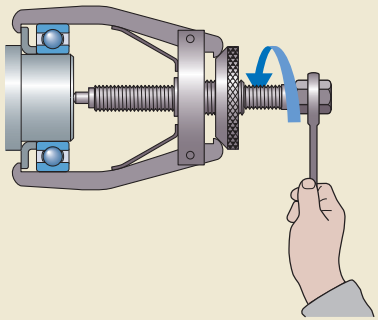
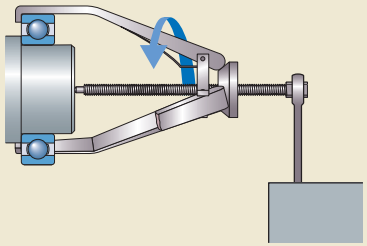
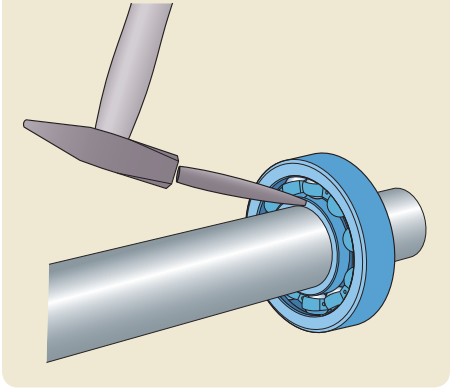


Рис. 4



Если подходящего съёмника нет, можно использовать молоток и пробойник из незакалённой стали или аналогичный инструмент, чтобы снять подшипник с посадочного места. Молотком нужно наносить лёгкие удары по всей окружности внутреннего кольца (→ **рис. 5**). Этот метод нужно использовать осторожно, поскольку при этом можно повредить вал. В этом случае компания SKF также не рекомендует использовать подшипник повторно, поскольку такой демонтаж может нанести подшипнику незаметное повреждение.

Рис. 5

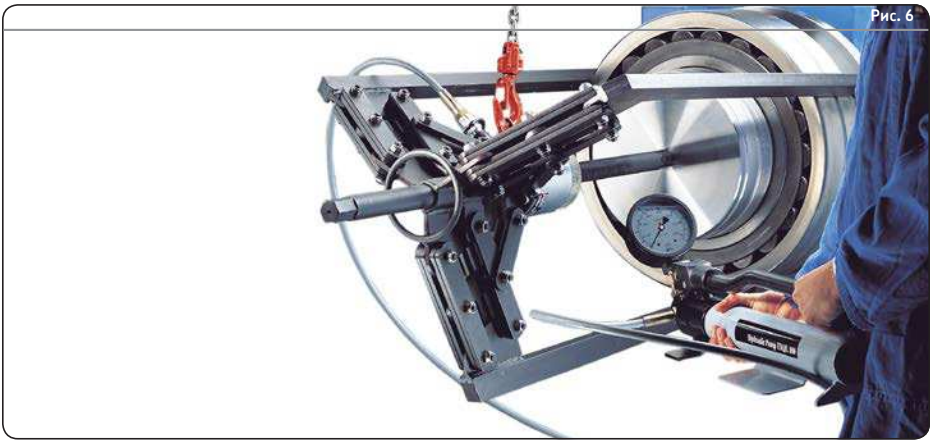


Демонтаж с помощью гидравлического съёмника

Усилие для демонтажа подшипников, смонтированных с натягом на вал, резко возрастает с увеличением размера подшипников. Поэтому для демонтажа крупногабаритных подшипников компания SKF рекомендует использовать гидравлический съёмник (→ **рис. 6**). Эти съёмники стандартны для подшипников с наружным диаметром до 500 мм. При их использовании руководствуйтесь прилагаемыми к ним инструкциями.

Компания SKF также предлагает комплекты гидравлических съёмников, которые могут использоваться для демонтажа мало- и среднегабаритных подшипников.

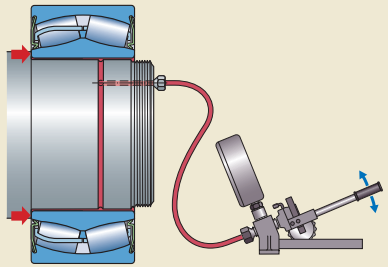
Рис. 6



Демонтаж с помощью метода гидрораспора

Метод гидрораспора можно использовать для демонтажа подшипников с цилиндрическим отверстием. При использовании этого метода масло с вязкостью около 900 мм²/с при температуре 20 °C нагнетается под высоким давлением между посадочным местом на валу и внутренним кольцом, пока масляная плёнка полностью не разделит контактные поверхности (→ **рис. 7**). В этом случае для демонтажа подшипника потребуется небольшое осевое усилие.

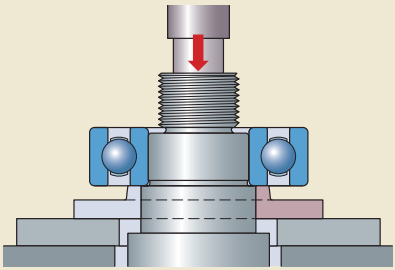
Рис. 7



Демонтаж с помощью пресса

Очень удобно демонтировать подшипник с посадочного места на валу с помощью пресса, прикладывая осевое усилие к торцу вала. В этом случае следует поддерживать внутреннее кольцо подшипника (→ **рис. 8**).

Рис. 8



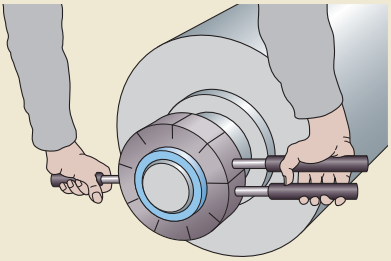
Демонтаж с помощью нагрева

Демонтаж с помощью нагрева является подходящим методом при демонтаже внутренних колец игольчатых роликоподшипников или цилиндрических роликоподшипников серий NU, NJ и NUP. Наиболее часто для этого используются два инструмента: нагревательные кольца или индукционные нагреватели.

Нагревательные кольца обычно используются для монтажа и демонтажа внутреннего кольца мало- и среднегабаритных подшипников.

Нагревательные кольца изготовлены из алюминиевого сплава, имеют радиальные прорези и теплоизолированные ручки (→ **рис. 9**). Процедура демонтажа очень проста. Нанесите на дорожку качения внутреннего кольца коррозионностойкое масло. Поместите нагревательное кольцо на нагревательную плиту и нагрейте до температуры приблизительно 280 °C. Установите разрезное нагревательное кольцо на внутреннее кольцо подшипника и зажмите ручки. Тепло быстро передаётся внутреннему кольцу подшипника. Как только посадка внутреннего кольца подшипника ослабнет от нагрева, снимите его вращательными движениями нагревательного кольца. Затем извлеките внутреннее кольцо подшипника из отверстия нагревательного кольца.

Рис. 9

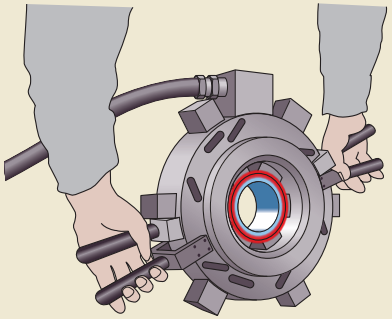


Если приходится часто демонтировать внутренние кольца различного диаметра, компания SKF рекомендует использовать регулируемый индукционный нагреватель SKF. Такие электрические индукционные нагреватели (→ **рис. 10**) быстро нагревают внутреннее кольцо подшипника без нагрева вала. Если внутреннее кольцо подлежит повторному использованию, следует размагнитить его после демонтажа.

Для частого демонтажа внутренних колец средне- и крупногабаритных цилиндрических роликоподшипников, например, подшипников валков прокатного стана, компания SKF рекомендует использовать фиксированный индукционный нагреватель SKF.

Нагревательные кольца и индукционные нагреватели поставляются компанией SKF. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.mapro.skf.ru.

Рис. 10



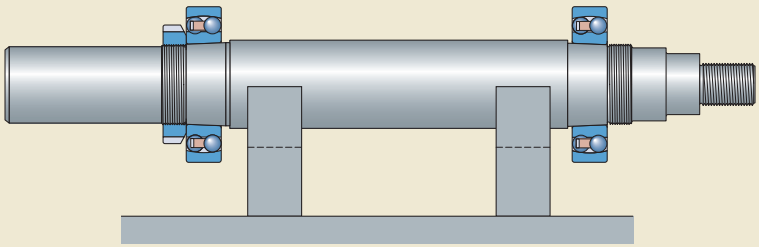
Демонтаж подшипника, установленного на коническую шейку вала

Надёжно зажмите вал, чтобы не допустить повреждения вала или подшипника во время демонтажа. Для этого используйте подходящие тиски, два V-образных блока (→ **рис. 11**) и подъёмный механизм.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Во избежание опасности получения серьёзных травм устанавливайте на конец вала стопор, например, стопорную гайку, ограничивающую перемещение подшипника при его демонтаже с посадочного места.

Рис. 11



Ручной демонтаж

Малогабаритные подшипники можно демонтировать захватом за внутреннее кольцо с помощью механического съёмника. Чтобы упростить процедуру и не допустить повреждения посадочного места подшипника, следует использовать самоцентрирующиеся съёмники с подпружиненными тягами.

Если невозможно захватить лапками съёмника внутреннее кольцо, снимите подшипник за наружное кольцо или используйте съёмник в сочетании со съёмной пластиной (→ **рис. 12**).

Демонтаж с помощью гидравлического съёмника

Для крупногабаритных подшипников обычно требуется значительно большее стягивающее усилие и их следует демонтировать с конического посадочного места с помощью гидравлических съёмников (→ **рис. 6**, **стр. 256**). Эти съёмники стандартизованы для подшипников с наружным диаметром до 500 мм.

Демонтаж с помощью метода гидрораспора

Демонтаж средне- и крупногабаритных подшипников с конических валов выполняется проще и безопаснее при использовании метода гидрораспора. В этом случае масло с вязкостью около 900 мм²/с при 20 °C нагнетается под высоким давлением между двумя коническими сопряжёнными поверхностями через специальный маслоподающий канал и поперечную распределительную канавку. Это позволяет значительно уменьшить трение между двумя поверхностями и создаёт осевое усилие, стягивающее подшипник с посадочного места (→ **рис. 13**).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Во избежание опасности получения серьёзных травм установите на конец вала стопор, например, стопорную гайку, ограничивающую перемещение подшипника при его демонтаже с посадочного места.

Демонтаж подшипника, установленного на закрепительную втулку

Метод, используемый для демонтажа подшипника, установленного на закрепительную втулку, зависит от следующих факторов:

- размер подшипника
- варианты исполнения вала: гладкий или ступенчатый (→ **рис. 14**)
- конструкция закрепительной втулки: с каналами для подачи масла и распределительными канавками для нагнетания масла или без них (→ **рис. 15**)

В любом случае демонтаж начинается со следующих процедур (→ **рис. 16**):

Рис. 12

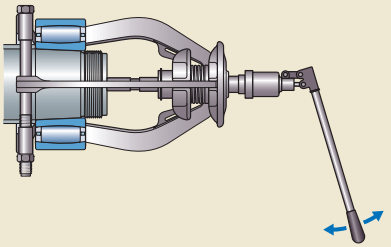


Рис. 13

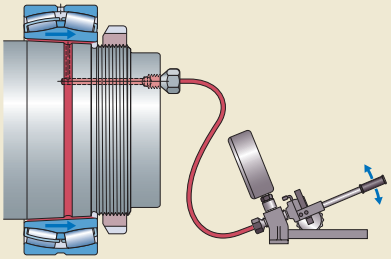


Рис. 14

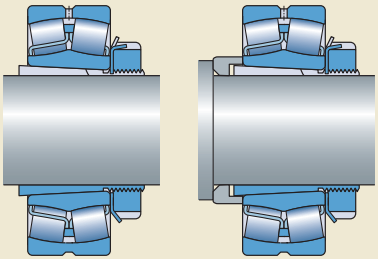
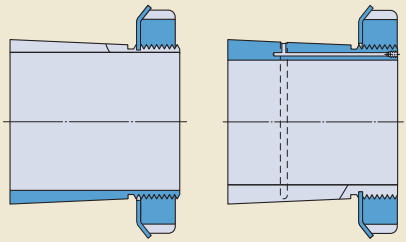
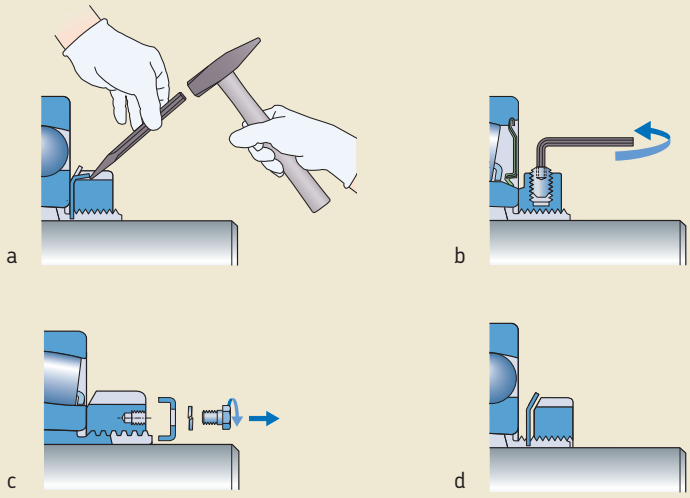


Рис. 15



- Удалите излишнюю смазку и протрите узел.
- В зависимости от конструкции фиксирующего устройства:
  - Отогните загнутую лапку стопорной шайбы из прорези в стопорной гайке (**a**).
  - Ослабьте стопорный винт в стопорной гайке (**b**).
  - Снимите фиксирующую скобу, прикреплённую к стопорной гайке (**c**).
  - Отверните стопорную гайку на несколько оборотов (**d**).

Рис. 16



Ручной демонтаж: гладкие валы

Демонтаж мало- и среднегабаритных подшипников, установленных на закрепительной втулке и гладком валу, может производиться ударами молотка через сегментную оправку до освобождения подшипника (→ **рис. 17**). Но перед этим следует ослабить на несколько оборотов стопорную гайку втулки. Чтобы упростить повторную сборку, пометьте взаимное положение вала и втулки. После освобождения подшипника полностью снимите стопорную гайку, стопорную шайбу, подшипник и втулку с вала. Чтобы упростить демонтаж закрепительной втулки с вала, можно немного расширить отверстие втулки, вставив в прорезь небольшой пластиковый клин или отвёртку.

ПРИМЕЧАНИЕ: Показанная на **рис. 18** стальная сегментная оправка легко изготавливается по размерам, представленным в таблице продукции на сайте www.skf.ru.

Ручной демонтаж: ступенчатые валы

Малогабаритные подшипники, установленные на закрепительную втулку и ступенчатый вал, можно демонтировать двумя резкими ударами молотка по монтажной втулке, упирающейся в стопорную гайку закрепительной втулки (→ **рис. 19**). После освобождения подшипника полностью снимите стопорную гайку, стопорную шайбу, подшипник и втулку с упорным кольцом с вала. Чтобы упростить демонтаж, можно немного расширить втулку, вставив в её прорезь небольшой пластиковый клин или отвёртку.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для валов диаметром ≤ 55 мм используйте приспособление для посадки подшипников SKF (→ **стр. 72**).

Демонтаж с помощью гидравлической гайки

Гидравлическая гайка позволяет легко демонтировать подшипники, установленные на закрепительную втулку на ступенчатом валу. Для этого метода необходимо использовать подходящий кольцевой упор для поршня гидравлической гайки (→ **рис. 20**). В качестве упора можно использовать шайбу или пластину, привинченную к торцу вала, или составное кольцо, установленное в канавку вала и фиксированное цельным кольцом.

Установите гидравлическую гайку на закрепительную втулку поршнем наружу. Оставьте между подшипником и гайкой зазор, превышающий монтажное осевое перемещение подшипника. Подсоедините гидравлический насос к гидравлической гайке. При повышении давления в гидравлической гайке поршень вытолкнет закрепительную втулку под упорное кольцо, и подшипник освободится.

Чтобы снять давление в гидравлической гайке, откройте перепускной клапан гидравлического насоса и вдавите поршень обратно в исходное положение, навинчивая гайку на втулку. Затем отсоедините гидравлический насос и снимите кольцевой упор. В заключение свинтите гайку со втулки и снимите подшипник и втулку с вала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подробная информация о гидравлических гайках SKF приведена в разделе *«Гидравлические инструменты»*, начиная со **стр. 73**. Полезные инструкции по применению приведены в разделе *«Метод с применением гидрораспора»*, начиная со **стр. 62**.

Рис. 17

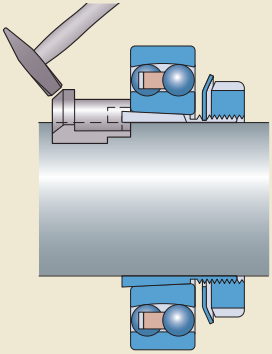


Рис. 18

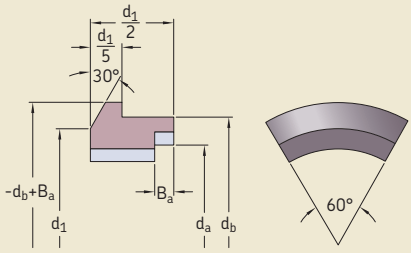


Рис. 19

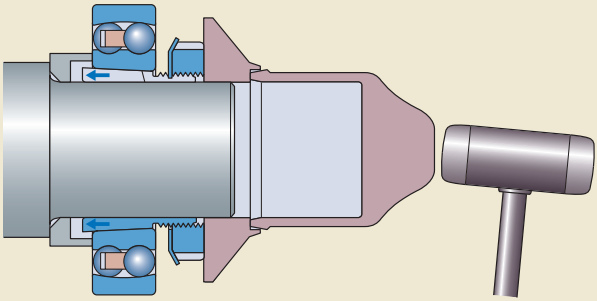
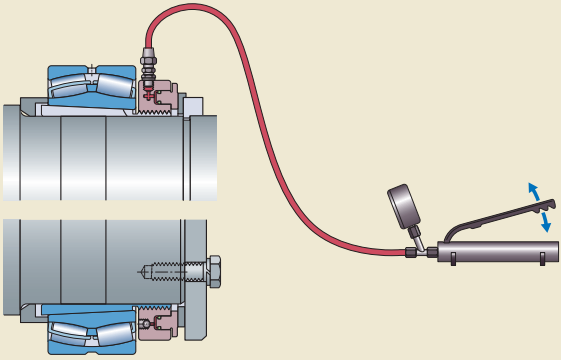


Рис. 20



Демонтаж с помощью метода гидрораспора

Закрепительные втулки крупногабаритных подшипников, как правило, имеют встроенные каналы и распределительные канавки для подачи масла, что позволяет использовать для демонтажа метод гидрораспора (→ **рис. 21**). Такая конструкция является стандартной для всех закрепительных втулок SKF с диаметром отверстия ≥ 200 мм, но может применяться на втулках диаметром ≥ 140 мм.

Сначала разблокируйте фиксирующий механизм и ослабьте стопорную гайку, повернув её на несколько оборотов. Затем, при необходимости, очистите резьбовое отверстие с торца втулки. Подсоедините гидравлический насос через соответствующую удлинительную трубку к закрепительной втулке. Нагнетайте масло с вязкостью около 900 мм²/с при 20 °C под высоким давлением между двумя коническими сопряжёнными поверхностями через специальный канал и распределительную канавку на втулке. При достижении требуемого давления подшипник рывком сойдет со своего места посадки. После отсоединения гидравлического насоса и удлинительной трубки снимите стопорную гайку, стопорную шайбу, подшипник и закрепительную втулку с вала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подробная информация относительно метода гидрораспора и полезные инструкции по использованию приведены в разделе *«Метод с применением гидрораспора»*, начиная со **стр. 62**.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Во избежание опасности получения серьёзных травм установите на конец вала защитный стопор, например, стопорную гайку, ограничивающую перемещение подшипника при его демонтаже с посадочного места.

Демонтаж подшипника, установленного на стяжную втулку

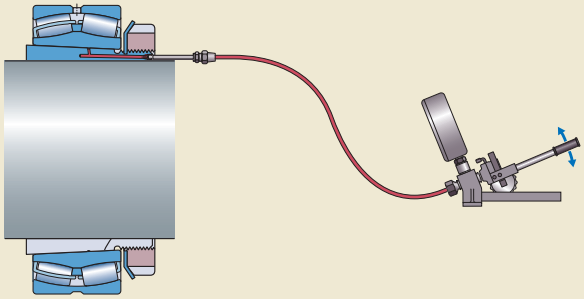
Метод, используемый для демонтажа подшипника, установленного на стяжную втулку, зависит от следующих факторов:

- размеры подшипника
- конструкция стяжной втулки: с каналами подачи масла и распределительными канавками для нагнетания масла или без них (→ **рис. 22**)

В любом случае демонтаж начинается со следующих этапов (→ **рис. 23**):

- Удалите излишнюю смазку и протрите узел.
- Снимите фиксирующее устройство, например, стопорную гайку и стопорную шайбу (**a**) или концевую шайбу (**b**).
- Удерживайте подшипник, например, с помощью подъёмного механизма (**c**).

Рис. 21



Ручной демонтаж

Мало- и среднегабаритные подшипники на стяжной втулке можно демонтировать с помощью стопорной гайки и накидного гаечного ключа серии HN или гаечного ключа ударного действия серии TMFN (→ **рис. 24**). Перед тем как навинтить стопорную гайку на резьбу втулки, смажьте резьбу и торцевую часть стопорной гайки со стороны внутреннего кольца подшипника дисульфид-молибденовой пастой или аналогичным антифрикционным веществом. Затяните стопорную гайку, чтобы освободить стяжную втулку. Наконец, надёжно зафиксируйте вал, снимите втулку и подшипник с вала.

Рис. 22

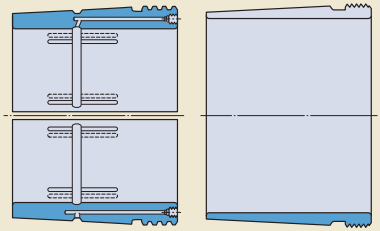


Рис. 24

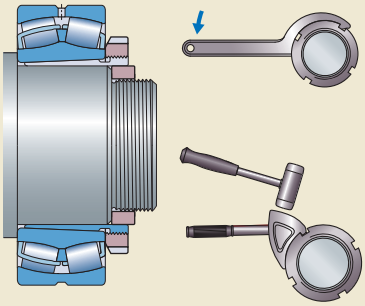
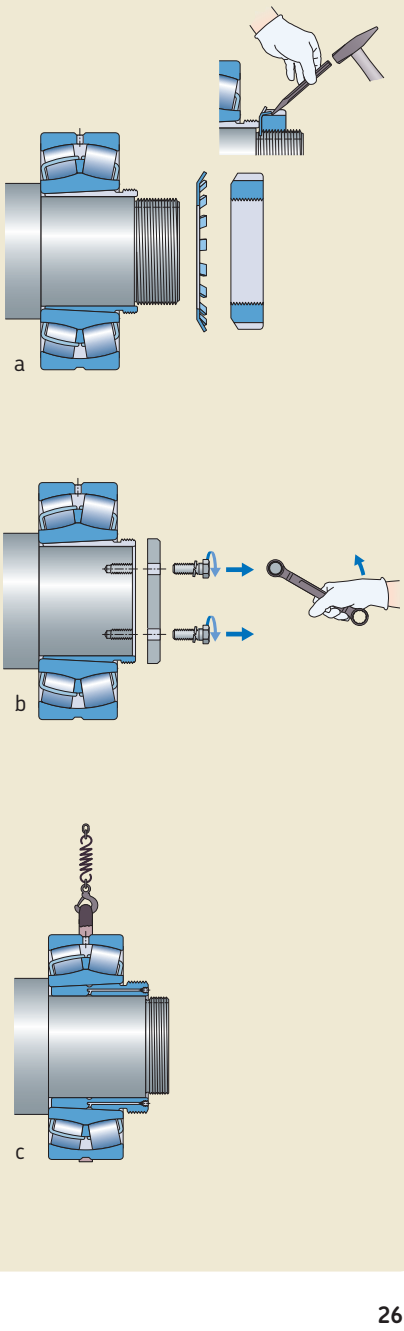


Рис. 23

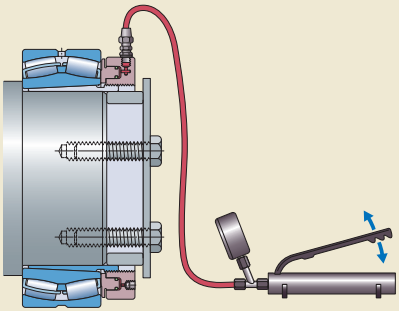


10

ПРИМЕЧАНИЕ: Если резьбовая часть втулки выступает за конец или заплечик вала, для предотвращения деформации и повреждения резьбы при затяжке гайки в отверстие втулки

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Во избежание опасности получения серьёзных травм установите на конец вала защитный стопор, например, стопорную шайбу (→ **рис. 25**), ограничивающую перемещение стяжной втулки при демонтаже подшипника с посадочного места.

Рис. 25



следует вставить предохранительное опорное кольцо с максимально возможной толщиной стенки (→ **рис. 24**, **стр. 265**).

Демонтаж с помощью гидравлической гайки

Средне- и крупногабаритные подшипники, установленные на стяжную втулку, можно легко демонтировать с помощью гидравлической гайки.

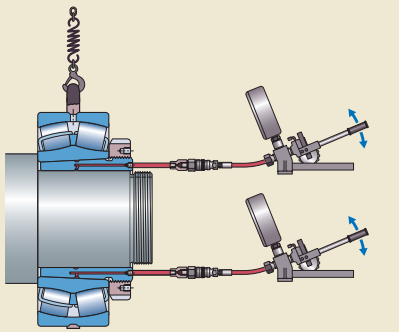
Навинтите гидравлическую гайку на резьбу стяжной втулки поршнем в сторону подшипника таким образом, чтобы поршень упирался во внутреннее кольцо подшипника. Подсоедините гидравлический насос к гидравлической гайке и нагнетайте масло, чтобы освободить втулку. Как только втулка освободится, откройте перепускной клапан гидравлического насоса, чтобы снять давление масла в гайке. Отсоедините гидравлический насос и снимите стопор. Снимите втулку и подшипник с вала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подробная информация о гидравлических гайках SKF приведена в разделе *«Гидравлические инструменты»* на **стр. 73**. Полезные инструкции по использованию приведены в разделе *«Метод с применением гидрораспора»*, начиная со **стр. 62**.

Демонтаж с помощью метода гидрораспора

Стяжные втулки с диаметром отверстия ≥ 200 мм имеют стандартное исполнение с двумя каналами для подачи масла и распределительной канавкой как в отверстии, так и с наружной стороны на внутренней и наружной

Рис. 26



поверхности втулки. При использовании метода гидрораспора требуются два гидравлических насоса и соответствующие удлинительные шланги (→ **рис. 26**).

Сначала очистите внешнюю резьбу, а также резьбовые отверстия под штуцеры с торца стяжной втулки. Навинтите стопорную гайку и затяните её. Подсоедините оба гидравлических насоса через удлинительные шланги к втулке. Нагнетайте масло с вязкостью около 900 мм²/с при 20 °C под высоким давлением между втулкой и валом через один канал и между втулкой и посадочным отверстием подшипника через другой канал. Давление масла между сопряжёнными поверхностями будет увеличиваться до тех пор, пока не произойдёт разделение контактирующих поверхностей.

Затягивая стопорную гайку, например, с помощью гаечного ключа ударного действия, освободите втулку. Отсоедините гидравлические насосы и полностью снимите втулку с вала посредством стопорной гайки. Затем снимите подшипник.

ПРИМЕЧАНИЕ: Подробная информация о методе гидрораспора и соответствующем оборудовании приведена в разделе *«Метод с применением гидрораспора»*, начиная со **стр. 62**.

Демонтаж подшипника из неразъёмного корпуса

Большинство подшипников имеют свободную посадку в корпусе и должны легко демонтироваться. Однако если требуется плотная посадка в корпусе или подшипник повреждён, например, в результате фреттинг-коррозии, для демонтажа подшипника необходимо прилагать усилие.

Ручной демонтаж

Подшипники с наружным диаметром до 120 мм, смонтированные в посадочном отверстии в корпусе без заплечиков, можно демонтировать путем лёгких ударов молотком по торцу кольца через монтажную оправку соответствующего размера. Для этого используйте приспособление SKF для монтажа подшипников (→ **стр. 72**). Для крупногабаритных подшипников требуется большее усилие для демонтажа и их следует извлекать с помощью пресса.

Если внутренний заплечик позади подшипника в посадочном отверстии в корпусе не позволяет использовать монтажную оправку или пресс, используйте молоток и пробойник из незакалённой стали для выбивания подшипника из корпуса. Молотком нужно наносить лёгкие удары по всей окружности наружного кольца (→ **рис. 27**). Этот метод следует применять с осторожностью из-за опасности повредить подшипник или посадочное отверстие в корпусе.

Заплечики корпуса с резьбовыми отверстиями (→ **рис. 28**) или прорезями (→ **рис. 29**) дают возможность использовать выжимные винты, съёмник или молоток с пробойником для извлечения подшипника из корпуса.

Рис. 27

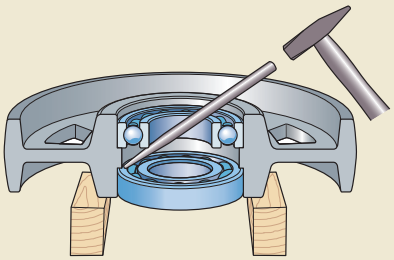


Рис. 28

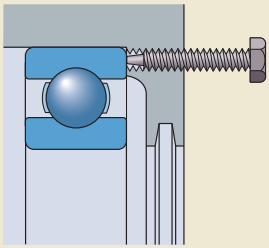
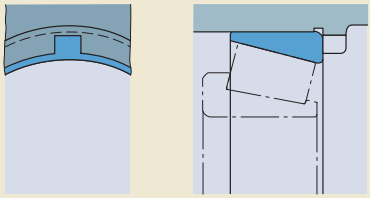


Рис. 29



Смонтированные в корпусе малогабаритные подшипники с диаметром отверстия от 7 до 60 мм можно извлекать из корпуса с помощью внутреннего ударного съёмника SKF (→ **рис. 30**).

Для этого пропустите захват съёмника через посадочное отверстие подшипника, сжав пружинный механизм захватов съёмника (**a**). После отпускания пружинного механизма съёмник надёжно захватит внутреннее кольцо (**b**). Затем подшипник можно извлечь из посадочного отверстия в корпусе ударами ползуна в упорное кольцо на ручке съёмника (**c**).

Демонтаж с помощью метода гидрораспора

Если в конструкции корпуса предусмотрены маслопроводящий канал и распределительная канавка, а в наружном кольце подшипника отсутствуют смазочные отверстия, можно применить метод гидрораспора. Этот метод значительно снижает усилия, необходимые для демонтажа крупногабаритных подшипников (→ **рис. 31**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Подробная информация о методе гидрораспора приведена в разделе *«Метод с применением гидрораспора»*, начиная со **стр. 62**.

Рис. 31

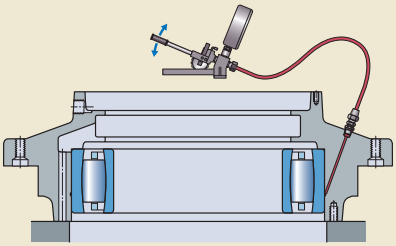
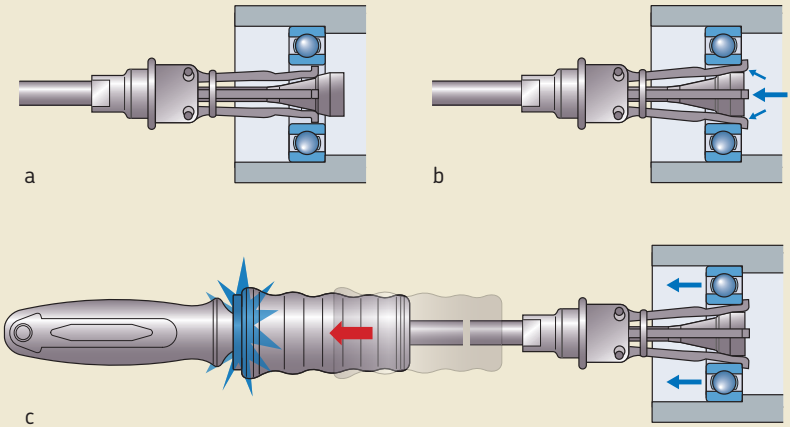


Рис. 30



Демонтаж с помощью нагрева

Нагрев корпуса для демонтажа подшипников, например, с помощью нагревательного коврика (→ **рис. 32**) применяется редко и только в крайних случаях.

ВНИМАНИЕ: Не допускается использование газовой горелки или другого источника открытого пламени для нагрева корпуса.

Демонтаж подшипника с вала и из неразъёмного корпуса

Чтобы одновременно демонтировать радиальный шарикоподшипник с вала и из неразъёмного корпуса, нужно использовать специальный внутренний съёмник для глухих отверстий.

На **рис. 33** показан такой съёмник, предназначенный для подшипников с отверстием от 10 до 100 мм. Рычаги съёмника вставляются между шариками и захватывают дорожку качения внутреннего кольца, упираясь в наружное кольцо.

На **рис. 34** показан съёмник, предназначенный для подшипников с отверстием от 30 до 160 мм. Для использования съёмника необходимо удалить сепаратор. Рычаги съёмника на концах имеют шарики с лысками. Их располагают между шариками подшипника и разворачивают в такое положение, чтобы захватить одновременно дорожки качения внутреннего и наружного колец.

Дополнительная информация о внутренних съёмниках приведена на сайте www.mapro.skf.ru.

Рис. 32

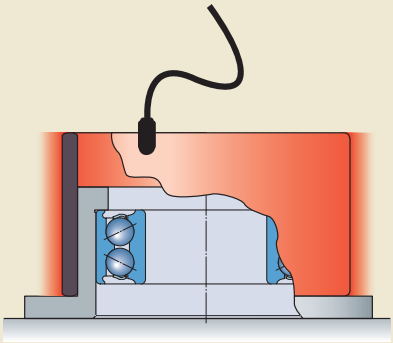


Рис. 33

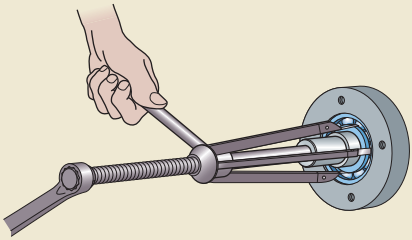
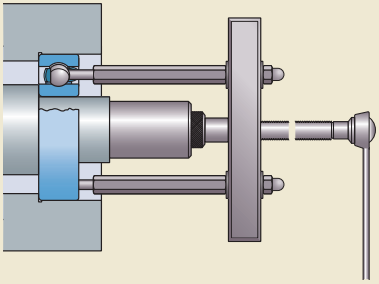


Рис. 34



Демонтаж подшипниковых узлов

Что важно помнить

Подшипниковые узлы SKF (→ **рис. 35**) доступны в виде стационарных узлов, фланцевых узлов и натяжных узлов. В зависимости от размера и типа подшипника их можно расположить на валу с помощью одного из следующих методов (→ **рис. 36**):

- фиксация стопорным (установочным) винтом (**a**)
- фиксация эксцентриковым стопорным кольцом с одним стопорным (установочным) винтом (**b**)
- фиксация закрепительной втулкой (**c**)
- фиксация методом SKF ConCentra (**d**, **e**)
- фиксация цилиндрическим стопорным кольцом с двумя стопорными (установочными) винтами (**f**)

Поэтому процедура демонтажа и требуемые инструменты могут отличаться. Соответствующие инструменты:

- гаечный ключ или шестигранный ключ для отвинчивания крепёжных винтов, болтов или гаек
- шестигранный ключ для отвинчивания стопорных винтов во внутреннем кольце или в стопорном кольце, как указано в **таблице 3**, **стр. 102** в главе *«Монтаж подшипниковых узлов»*
- накидной ключ для отвинчивания закрепительной втулки, как указано в **таблице 4**, **стр. 103** в главе *«Монтаж подшипниковых узлов»*

В некоторых случаях может потребоваться молоток с резиновым наконечником.

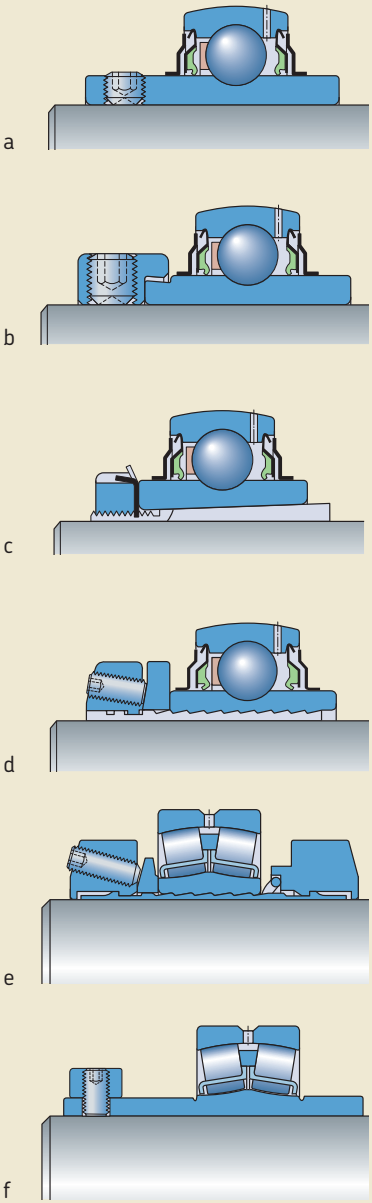
Накидные ключи, а также молотки с резиновыми наконечниками входят в широкий ассортимент продукции для техобслуживания SKF. Подробная информация представлена на сайте www.mapro.skf.ru.

После демонтажа подшипника проверьте его состояние для повторного использования. Для этого очистите узел снаружи, стараясь не повредить уплотнения и не допуская попадания растворителя внутрь подшипника. Медленно проверните подшипник, стараясь на ощупь проверить наличие какого-либо повреждения. Если имеется пресс-маслёнка, замените смазку в подшипнике, проворачивая внутреннее кольцо. Если подшипник подходит для повторного использования, нанесите на незащищённые поверхности смазку, масло или антикоррозионную жидкость, чтобы обеспечить их защиту от коррозии.

Рис. 35

ПРИМЕЧАНИЕ: Сильнозагрязнённые малогабаритные подшипниковые узлы не имеет смысла очищать. Обычно более рентабельно заменить старый подшипник на новый.

Рис. 36



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чтобы свести к минимуму возможность серьёзных травм, перед началом любых работ выполните требуемые процедуры по блокировке и опломбированию оборудования.

Подготовка к демонтажу

Время, затраченное на подготовку, позволяет упростить демонтаж. При наличии просмотрите чертежи подшипникового узла и изучите его компоновку. Затем, перед началом работы, выполните следующие действия:

- Отсоедините источник питания от устройства.
- Тщательно очистите подшипниковый узел и место вокруг него.
- Протрите вал.
- Проверьте метод фиксации и выберите соответствующие инструменты для демонтажа подшипниковых узлов.
- Проверьте и устраните любые повреждения, которые могут препятствовать свободному перемещению узла по валу.
- Зафиксируйте вал, чтобы снять нагрузку с подшипника.

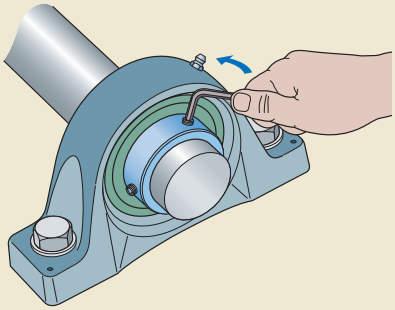
Демонтаж шарикоподшипниковых узлов с фиксирующим стопорным винтом

При демонтаже шарикоподшипниковых узлов с фиксирующим стопорным винтом (→ **рис. 37**) внимательно прочтите инструкции в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 270**, а также выполните следующие действия:

1 Ослабьте стопорные винты внутренних колец обоих узлов не менее чем на один полный оборот (→ **рис. 38**).
2 Отвинтите и снимите крепёжные болты.
  – Для натяжных узлов отсоедините крепёжные винты в отверстиях корпусов обоих узлов.
3 Снимите узлы с вала.
  – Для натяжных узлов полностью извлеките вал с узлами в сборе из натяжных рам и снимите узлы с вала.
  – Для штампованных стальных стационарных узлов снимите крышки корпусов, приподнимите вал и снимите подшипники с вала.
  – Для фланцевых подшипниковых узлов со штампованными стальными корпусами сначала снимите крышку корпуса и подшипник с вала. Затем повторите те же действия с другой стороны.

Рис. 37

Рис. 38



Демонтаж шарикоподшипниковых узлов с эксцентриковым стопорным кольцом

При демонтаже шарикоподшипниковых узлов с эксцентриковым стопорным кольцом (→ **рис. 39**) внимательно прочтите указания в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 270**, а также выполните следующие действия (→ **рис. 40**):

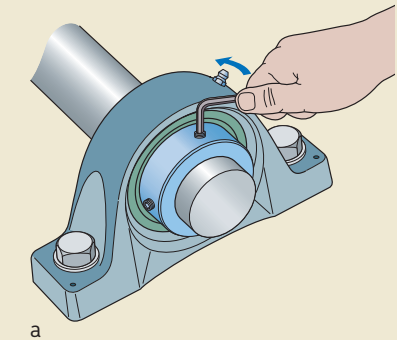
1 Ослабьте стопорный винт в эксцентриковом стопорном кольце обоих узлов не менее чем на один полный оборот (**a**).
2 Ослабьте стопорное кольцо в направлении, противоположном вращению. Для этого:
- Установите пробойник в глухое отверстие по окружности кольца и ударьте по нему молотком.
- Или используйте накидной ключ с цапфой для захвата глухого отверстия по окружности кольца (**b**).

3 Снимите эксцентриковое стопорное кольцо обоих узлов с вала.
4 Отвинтите и снимите крепёжные болты.
- Для натяжных узлов отвинтите крепёжные винты в отверстиях корпусов обоих узлов.

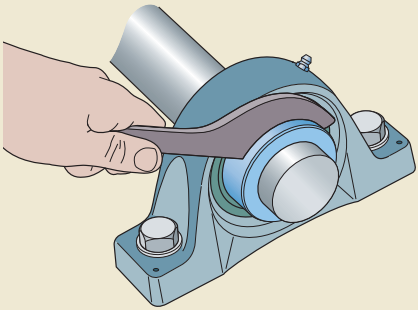
5 Снимите узлы с вала.
- Для натяжных узлов полностью извлеките вал с узлами в сборе из натяжных рам и снимите узлы с вала.
- Для штампованных стальных стационарных узлов снимите крышки корпусов, поднимите вал и снимите подшипники с вала.
- Для фланцевых подшипниковых узлов со штампованными стальными корпусами сначала снимите крышку корпуса и подшипник с вала. Затем повторите те же действия с другой стороны.

Рис. 39

Рис. 40



a



b

Демонтаж шарикоподшипниковых узлов с закрепительной втулкой

При демонтаже шарикоподшипниковых узлов с закрепительной втулкой (→ **рис. 41**) внимательно прочтите указания в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 270**, и выполните следующие действия (→ **рис. 42**):

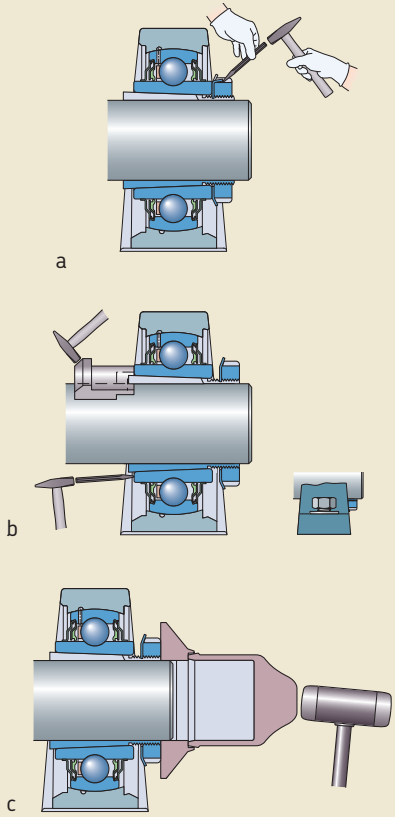
1 Отогните загнутую лапку стопорной шайбы из прорези стопорной гайки (**a**) и отвинтите стопорную гайку на несколько оборотов.
2 Отверните крепёжные болты на корпусе подшипникового узла на несколько оборотов.
3 Узлы с доступом к внутренней стороне фиксирующего устройства можно демонтировать с закрепительной втулки с помощью стальной сегментной оправки или пробойника и молотка (**b**). Узлы без доступа к внутренней стороне фиксирующего устройства можно снять с закрепительной втулки двумя резкими ударами молотка по монтажной оправке, упирающейся в стопорную гайку закрепительной втулки (**c**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Для валов с диаметром ≤ 55 мм используйте приспособление SKF для монтажа подшипников **(→ стр. 72).**

4 Отвинтите стопорную гайку и снимите стопорные шайбы с обоих узлов.
5 Удалите крепёжные болты из корпуса узла и демонтируйте узлы с втулки вдоль вала.
6 Снимите закрепительную втулку с вала. Чтобы упростить снятие, можно немного расширить втулку, вставив в прорезь небольшой пластиковый клин или отвёртку.

Рис. 41

Рис. 42



Демонтаж шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra

При демонтаже шарикоподшипниковых узлов SKF ConCentra (→ **рис. 43**) внимательно прочтите указания в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 270**, а также выполните следующие действия (→ **рис. 44**):

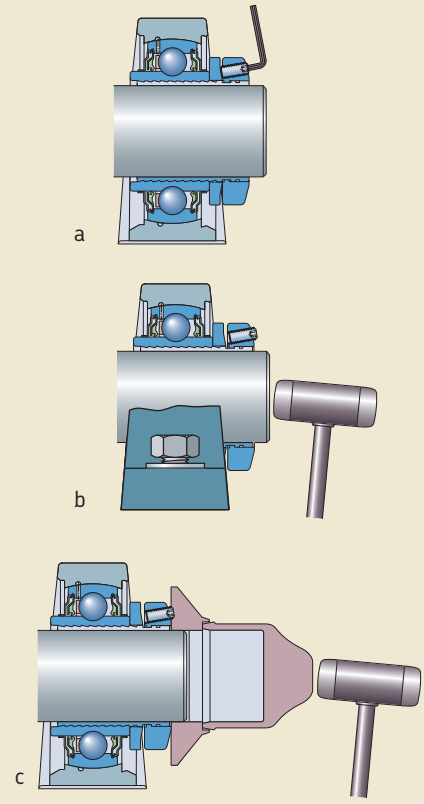
1 Отверните стопорные винты в монтажном кольце обоих узлов на несколько оборотов (**a**).
2 Отверните крепёжные болты на корпусах обоих узлов, но не снимайте их.
3 Сместите монтажное боковое кольцо так, чтобы освободилась ступенчатая втулка SKF ConCentra:
   – постукивая по торцу вала молотком (**b**)
   – постукивая по монтажной оправке, упирающейся в монтажное кольцо (**c**)

   ПРИМЕЧАНИЕ: Для валов с диаметром ≤ 55 мм используйте приспособление SKF для монтажа подшипников (→ **стр. 72**).

4 Снимите крепёжные болты и удалите узлы с вала.

Рис. 43

Рис. 44



Демонтаж роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra

При демонтаже роликоподшипниковых узлов SKF ConCentra с концентрической фиксацией (→ **рис. 45**) внимательно прочтите указания в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 270**, и выполните следующие действия (→ **рис. 46**):

1 Отверните и снимите крепёжные болты корпуса. По возможности приподнимите вал и оба подшипниковых узла (**a**).
2 Поместите деревянную опору под вал.
3 Начните демонтаж с фиксирующего подшипникового узла.
4 Отверните стопорные винты в опорном кольце на несколько оборотов (**b**).
5 Удерживая основание корпуса со стороны опорного кольца, стягивайте подшипниковый узел, пока он не отделится от вала (**c**). Энергия сжатой фиксирующей пружины способствует снятию узла с вала. При необходимости используйте резиновый молоток для постукивания по кольцу с противоположной стороны узла (**d**).
6 Снимите подшипниковый узел с вала.
7 Чтобы снять плавающий подшипниковый узел, повторите **шаги 4–6**.

Рис. 45

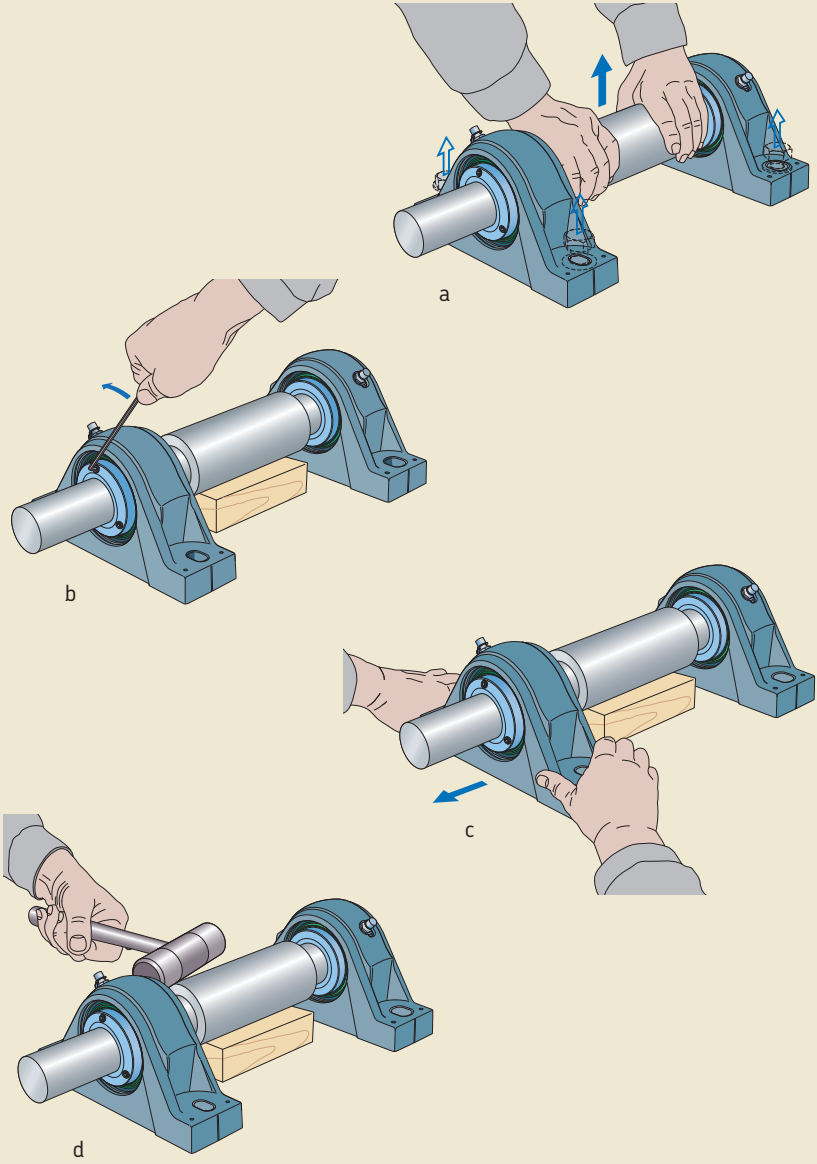
Рис. 47

Демонтаж роликоподшипниковых узлов с цилиндрическим стопорным кольцом

При демонтаже роликоподшипниковых узлов с цилиндрическим стопорным кольцом (→ **рис. 47**) внимательно прочтите инструкции в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 270**, а также выполните следующие действия:

1 Открутите два стопорных винта в цилиндрическом стопорном кольце обоих узлов на несколько оборотов.
2 Отвинтите и снимите крепёжные болты корпуса. Для натяжных узлов отсоедините крепёжные винты в отверстиях корпусов обоих узлов.
3 Снимите узлы с вала. При необходимости слегка постукивайте резиновым молотком по узлу до тех пор, пока он не отделится от вала. Для натяжных узлов полностью извлеките вал с узлами в сборе из натяжных рам и снимите узел с вала.

Рис. 46



Демонтаж корпусов подшипников

Применяемые в промышленности корпуса подшипников имеют различные конструкции и размеры. В этом разделе содержится информация о способе демонтажа наиболее часто используемых стационарных и фланцевых корпусов (→ **рис. 48**). Чтобы получить инструкции по демонтажу корпусов, не упомянутых в данном разделе, обратитесь в техническую службу компании SKF.

Что важно помнить

Если корпус подлежит повторному использованию, демонтируйте его с осторожностью, принимая во внимание следующее:

- Отдельно храните детали от каждого корпуса. Основания и крышки корпусов не взаимозаменяемы. Основания и крышки корпусов SKF серий SNL, SONL и SAF маркированы серийными номерами.
- Осторожно обращайтесь со всеми металлическими деталями неразъёмных уплотнений.
- Не ударяйте непосредственно по корпусу молотком.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чтобы свести к минимуму возможность серьёзных травм, перед началом любых работ выполните требуемые процедуры по блокировке и опломбированию оборудования.

Подготовка к демонтажу

Время, затраченное на подготовку, позволит упростить демонтаж. При наличии изучите чертежи подшипникового узла и его компоновку. Затем, прежде чем приступить к работе, выполните следующие действия:

- Отсоедините все источники питания от корпуса, например, смазочные устройства.
- Тщательно очистите корпуса и места вокруг них.
- Обеспечьте опору вала, например, с помощью подъёмного механизма.
- Для разъёмных стационарных корпусов обязательно используйте соответствующие механизмы для подъёма вала из основания корпуса (→ **рис. 49**).
- Подготовьте соответствующие ёмкости для контрольных проб смазочного материала и сбора использованной смазки.

Перед повторным использованием корпусов проверьте их на наличие повреждений и трещин. Если корпус пригоден для повторного использования, нанесите смазку на неокрашенные поверхности для защиты от коррозии.

Рис. 48

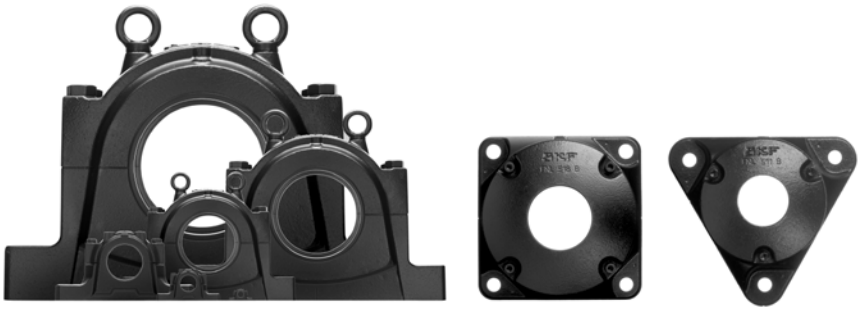
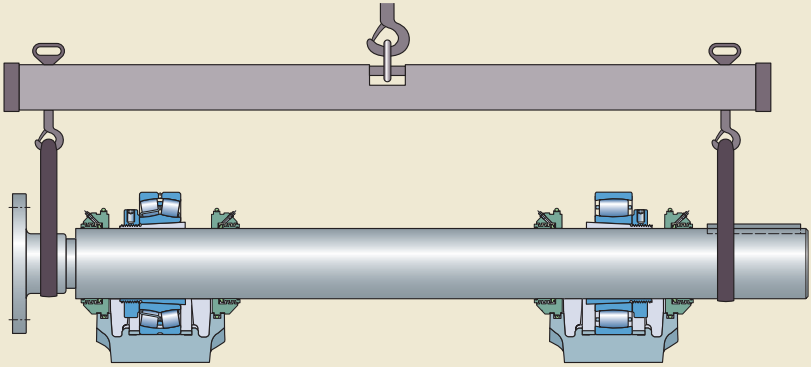


Рис. 49



Демонтаж разъёмных стационарных корпусов

При демонтаже стандартного стационарного корпуса (→ **рис. 50**) внимательно прочтите указания в разделе *«Что важно помнить»*, начиная со **стр. 278**, и выполните следующие действия (→ **рис. 51**):

1 Отсоедините все вспомогательные соединения с корпусом, например, смазочные или другие устройства.
2 Отверните и снимите крепёжные болты или гайки на обоих корпусах.

ПРИМЕЧАНИЕ: По возможности приподнимите узел в сборе (вал, корпуса и другие компоненты) и переместите на чистое свободное место.

3 Отверните и снимите болты с крышек на обоих корпусах.
4 Снимите крышки корпусов (**a**).

ПРИМЕЧАНИЕ: Все выпускаемые в настоящее время корпуса SKF оснащены углублениями в основании и крышке для вставки отвёртки или монтировки для облегчения демонтажа.

5 В случае необходимости извлеките из крышек корпуса всю лишнюю смазку и половинки уплотнения (**b**).
6 Поднимите вал с подшипниками из оснований корпусов (**c**).
7 Извлеките другие половины уплотнения или торцевую крышку, а также фиксирующие (стабилизирующие) кольца при их наличии (**d**).

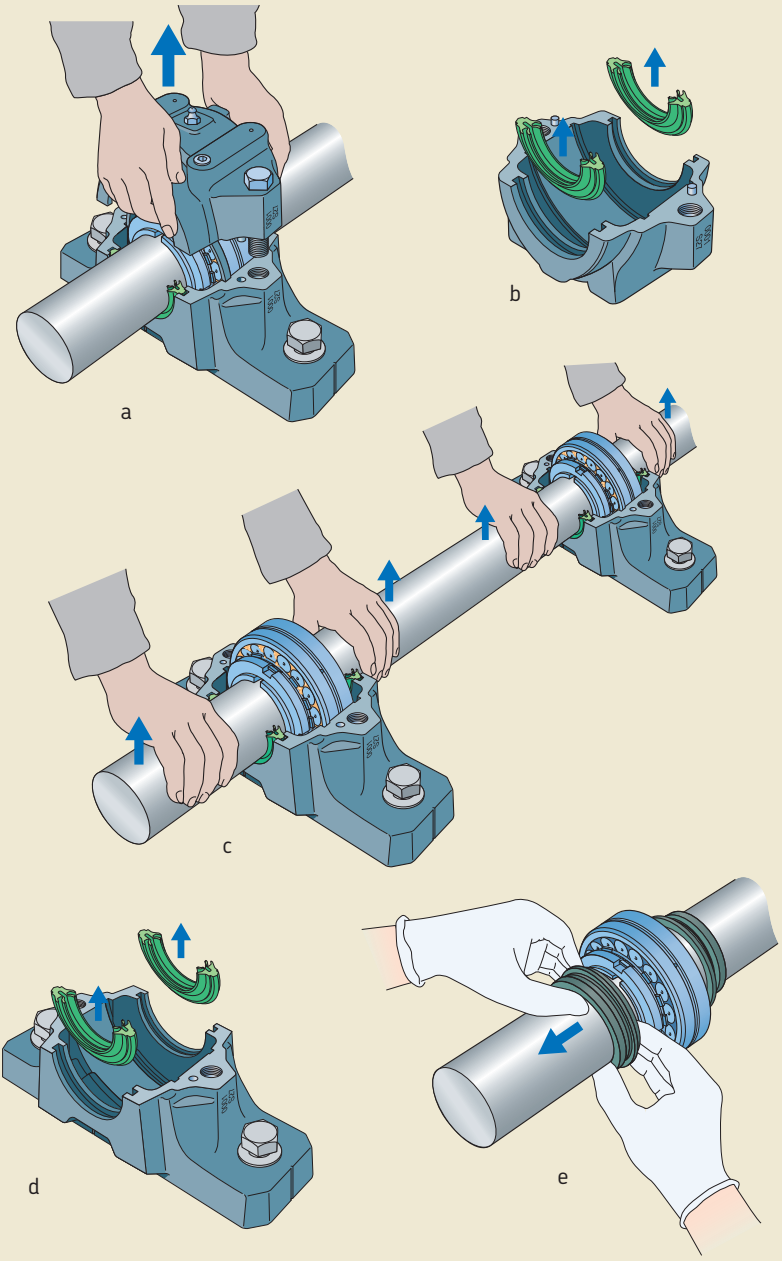
ВНИМАНИЕ: Контактные уплотнения не пригодны для повторного использования.

8 Удалите всю лишнюю смазку из основания корпуса.
9 Снимите все неразъёмные уплотнения с вала (**e**). V-образные уплотнения можно срезать.
10 Снимите подшипники с вала.
11 Снимите вторую уплотняющую шайбу или кольцо с вала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Все детали для каждого корпуса храните отдельно.

Рис. 50

Рис. 51



Демонтаж фланцевых корпусов

При демонтаже стандартного фланцевого корпуса (→ **рис. 52**) внимательно прочтите указания в разделе «*Что важно помнить*», начиная со **стр. 278**, и выполните следующие действия (→ **рис. 53**):

1 Отверните и снимите болты с крышек на обоих корпусах.
2 Снимите крышку и фиксирующие кольца при их наличии.
3 Удалите всю лишнюю смазку из крышки и корпуса, чтобы получить доступ к фиксирующему устройству на закрепительной втулке.
4 Отогните загнутую лапку стопорной шайбы из прорези стопорной гайки и отвинтите стопорную гайку на несколько оборотов (**a**).
5 Отверните крепёжные болты или гайки, но не удаляйте их.
6 Отделите подшипник от закрепительной втулки
   – ударом молотка по торцу вала (**b**)
   – ударом молотка по стопорной гайке с упором через монтажную оправку (**c**)

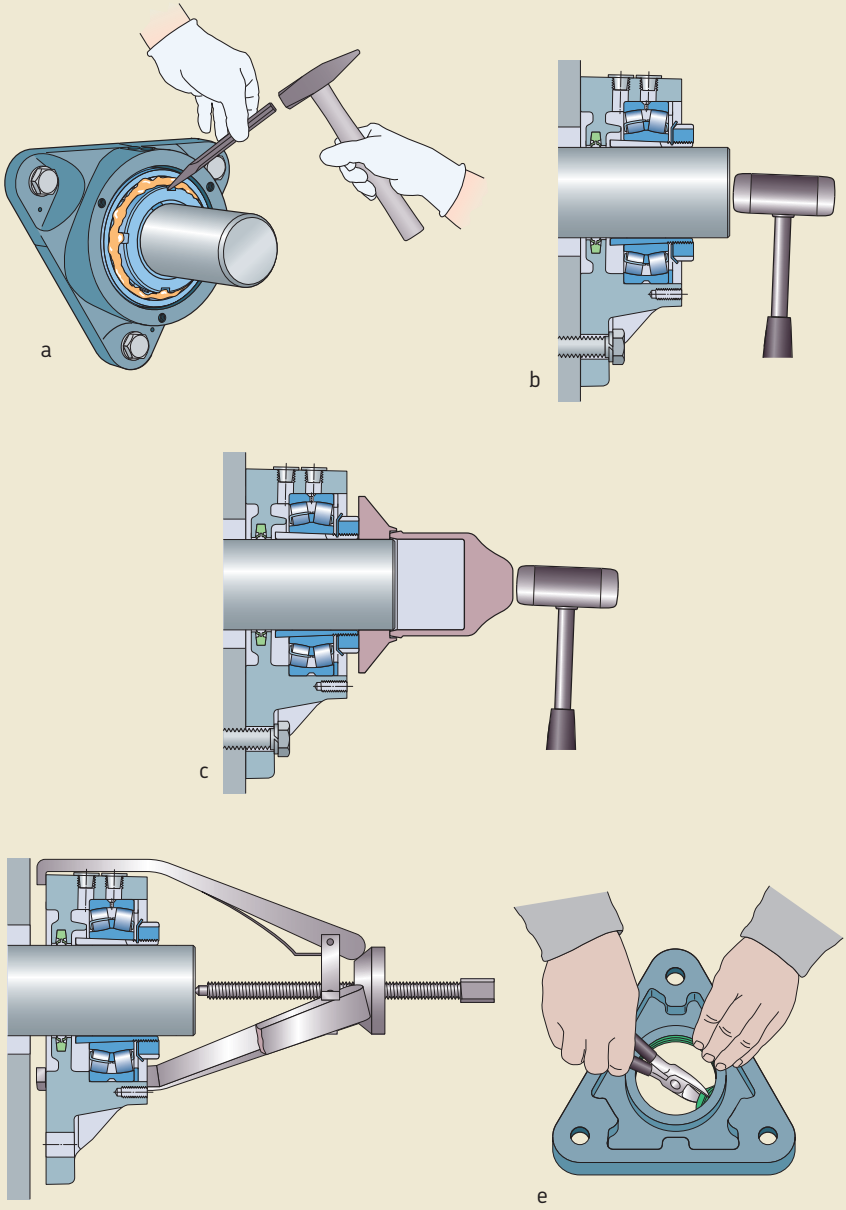
   ПРИМЕЧАНИЕ: Для валов с диаметром ≤ 55 мм используйте приспособление SKF для монтажа подшипников (→ **рис. 72**).

7 Отвинтите стопорную гайку и снимите стопорные шайбы с обеих сторон.
8 Снимите крепёжные болты или гайки.
9 Снимите корпус с опорной поверхности, подшипник и закрепительную втулку с вала.
10 Если для снятия подшипника с вала требуется дополнительное усилие, используйте съёмник (**d**).
11 Извлеките уплотнение из уплотняющей канавки (**e**).
12 Удалите лишнюю смазку из корпуса за подшипником.
13 Демонтируйте подшипник, следуя инструкциям, перечисленным в разделе «*Демонтаж подшипника из неразъёмного корпуса*», начиная со **стр. 267**.

   ПРИМЕЧАНИЕ: Все детали для каждого корпуса храните отдельно.

Рис. 52

Рис. 53



Демонтаж уплотнений

Существуют два различных типа уплотнений, защищающих подшипниковые узлы: бесконтактные уплотнения и контактные уплотнения.

Демонтаж бесконтактных уплотнений

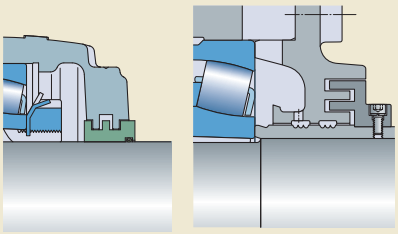
Бесконтактные уплотнения (→ **рис. 54**) практически не создают трения, что даёт возможность использовать их очень продолжительное время. В большинстве случаев эти уплотнения можно использовать повторно. Поэтому их следует снимать очень осторожно соответствующими инструментами. Не допускается наносить удары молотком непосредственно по уплотнениям, а также использовать отвёртку или острый пробойник в процессе их демонтажа.

Прежде чем снять такие уплотнения, проверьте и устраните любые повреждения вала, которые могут повредить уплотнения при их демонтаже с вала.

Демонтаж контактных уплотнений

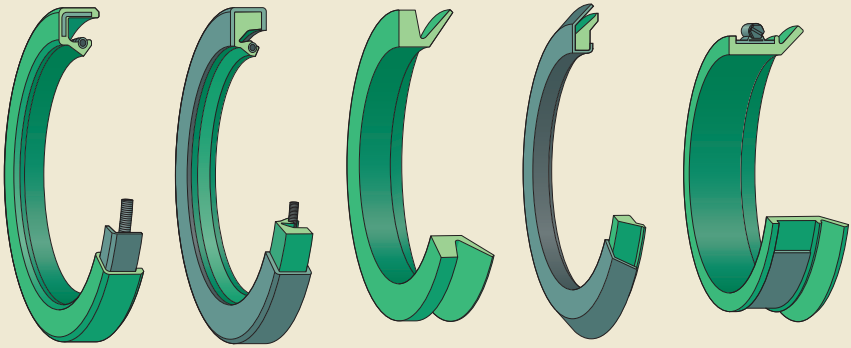
Контактные уплотнения (→ **рис. 55**) обычно крепятся в корпусе и прижимаются к сопряжённой скользящей поверхности вала или втулки с определенным радиальным усилием, что со временем приводит к их износу. Следовательно, контактные уплотнения не пригодны для повторного использования.

Рис. 54



Однако если необходимо проанализировать причину выхода уплотнений из строя, их следует снимать осторожно.

Рис. 55



Манжетные уплотнения можно снять следующими способами:

- молотком и пробойником, если в заплечике корпуса имеются соответствующие отверстия (→ **рис. 56**)
- отвёрткой, если доступен передний или задний торец уплотнения (→ **рис. 57**)
- плоскогубцами, захватив за оболочку уплотнения (→ **рис. 58**)
- монтажной оправкой SKF для монтажа подшипников (→ **рис. 59**).
- крюком для захвата оболочки изнутри (→ **рис. 60**)

Рис. 58

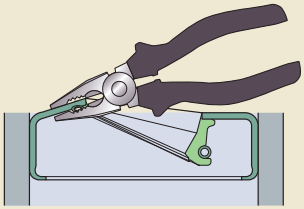


Рис. 56

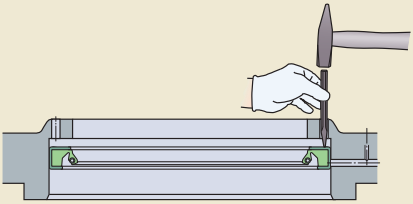


Рис. 59

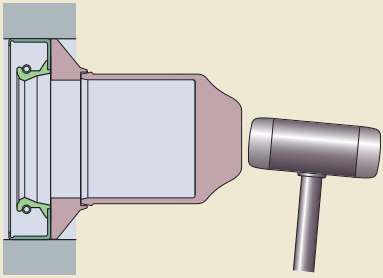


Рис. 57

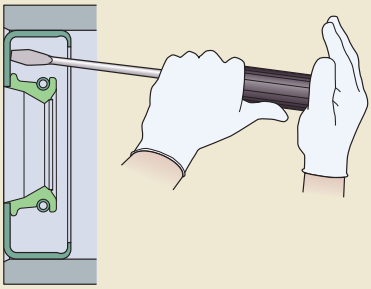
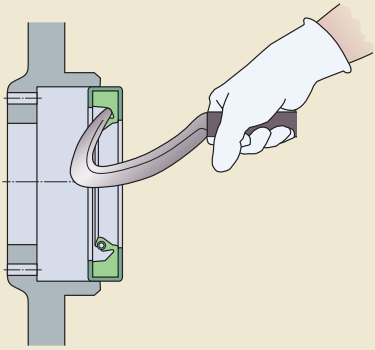


Рис. 60



V-образные уплотнения можно снять следующими способами:

- растянув их и переместив поверх других элементов (→ **рис. 61**)
- разрезав их ножницами (→ **рис. 62**)

Крупногабаритные эластомерные манжетные уплотнения можно снять следующими способами:

- растянув или разрезав их ножницами (→ **рис. 63**)
- разъединив пружинный соединитель на разъёмных уплотнениях (→ **рис. 64**)

Рис. 62

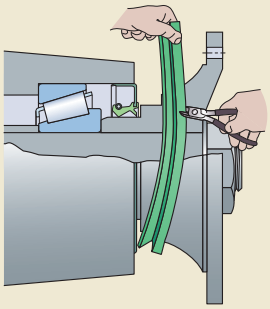


Рис. 63

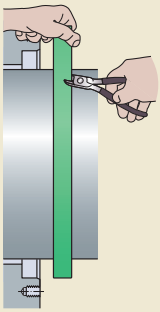


Рис. 61

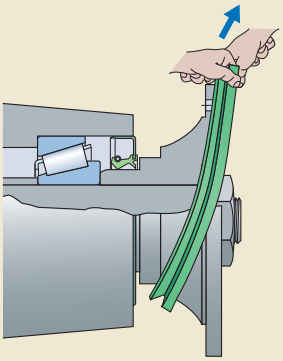
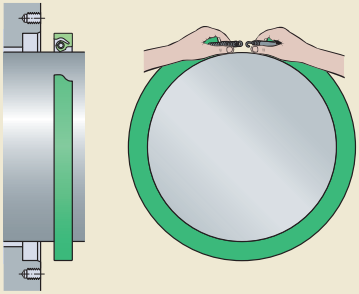


Рис. 64



Повреждение подшипников — причины

Введение **290**

Демонтаж **291**

Следы на дорожках качения **291**
Следы в нормальных условиях эксплуатации 292
Следы в нештатных условиях эксплуатации 296

Повреждение подшипников **298**
Причины повреждения до начала эксплуатации 300
Неправильная посадка на валу и в корпусе 300
Дефекты посадочного места на валу или в корпусе 302
Перекос/несоосность 304
Неправильный монтаж 305
Высокое напряжение на подшипнике 307
Повреждения при транспортировке и хранении 308
Причины повреждения при эксплуатации 309
Подповерхностная усталость материала 309
Неэффективное смазывание 310
Неэффективное уплотнение 314
Вибрация 319
Перекосы подшипника при работе . . . 320
Прохождение электрического тока через подшипник 321

Введение

Подшипники качения являются одними из наиболее важных элементов в современном оборудовании. При отказе подшипников возникают дорогостоящие простои. Выбор соответствующего подшипника для конкретной области применения является только первым шагом к надёжному техническому состоянию оборудования. При выборе наиболее подходящего типа и размера подшипника из широкого ряда доступных вариантов необходимо учитывать такие рабочие параметры машины, как нагрузки, частота и точность вращения, температура и эксплуатационные требования.

Расчётный ресурс любого подшипника основан на восьми предположениях:

1. Подшипник высокого качества и не имеет заводских дефектов.
2. Подшипник правильно выбран для конкретной области применения.
3. Сопряжённые элементы, например, посадочные места вала и корпуса, имеют соответствующие размеры и допуски.
4. Подшипник правильно смонтирован.
5. Подшипник правильно смазывается соответствующим количеством смазочного материала соответствующего типа.
6. Подшипниковый узел правильно защищён (уплотнён).
7. Условия эксплуатации соответствуют конструкции подшипникового узла.
8. Выполнено рекомендованное техобслуживание.

При удовлетворении этих условий подшипник достигает расчётного (номинального) ресурса. К сожалению, такие условия являются лишь гипотетическими. Зачастую на практике не удаётся достичь «идеальных» условий эксплуатации.

После выхода подшипника из строя при его эксплуатации иногда ошибочно предполагают, что подшипник имел недостаточную грузоподъёмность. Основываясь на этом предположении, многие предприятия осуществляют дорогостоящую модернизацию оборудования с применением подшипников с большей грузоподъёмностью, но отказы не прекращаются.

Анализ повреждения подшипников даёт представление о работе оборудования и причинах повреждения подшипников. Для выявления основной причины, вызвавшей проблемы с оборудованием, нужно собрать ряд доказательств и правильно их проанализировать. Чтобы отделить полезную информацию от ложной или вводящей в заблуждение, требуется обладать знаниями, мастерством и опытом. По этой причине компания SKF предлагает профессиональные услуги по анализу повреждений.

За дополнительной информацией относительно услуг по анализу повреждений обращайтесь к региональному представителю SKF или авторизованному дистрибьютору SKF.

Выявление основной причины отказа подшипника — первый шаг к достижению надёжного технического состояния оборудования. Одной из наиболее сложных задач является определение первичного отказа (основной причины) и игнорирование вторичных отказов, возникших вследствие первичного.

В данной главе справочника представлены рекомендации для первичной оценки причины повреждения или выхода из строя подшипника.

Демонтаж

Во время демонтажа компания SKF рекомендует придерживаться следующих действий:

- Делайте фотоснимки.
  Это поможет при дальнейшем исследовании. Например, обязательно сфотографируйте расположение, количество и состояние смазки в подшипнике и вокруг него.
- Возьмите пробы смазочного материала для анализа.
  Для подшипников, смазываемых пластичной смазкой, возьмите пробы из разных мест.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. главу *«Демонтаж»*, начиная со **стр. 252**.

Следы на дорожках качения

Новый подшипник имеет привлекательный внешний вид (→ **рис. 1**). Его элементы выполнены с точными размерами, зачастую до долей микрометра. Размеры и качество обработки неоднократно проверялись в процессе производства. Шлифованные места, такие как поверхности внутреннего и наружного колец и тел качения, выглядят блестящими.

При обследовании проработавшего некоторое время подшипника можно наблюдать следующие изменения:

- матовые поверхности на дорожках и телах качения, иногда тоже блестящие (→ **рис. 2**)
- изменение цвета поверхности отверстия внутреннего кольца и наружной поверхности наружного кольца
- износ сепаратора
- фреттинг-коррозия на поверхности отверстия внутреннего кольца подшипника или наружной поверхности наружного кольца подшипника

Независимо от того, имеются ли на подшипнике следы небольшого износа или повреждения, или он полностью вышел из строя, тщательный осмотр позволяет получить информацию относительно того, что случилось во время работы подшипника.

Во время осмотра подшипника ключевую роль играют «следы » на его дорожках ка-

Рис. 1

Рис. 2

чения. След может быть «нормальным» или указывать на наличие проблемы. Изучение следов на дорожках качения довольно часто позволяет диагностировать основную причину проблемы.

В данной главе показаны типичные примеры следов на дорожках качения.

Следы в нормальных условиях эксплуатации

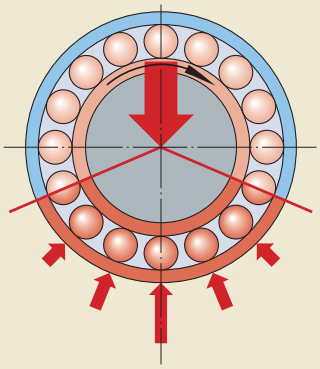
На рис. 3 и **4** показано, как однонаправленная и постоянная нагрузка на вращающееся внутреннее кольцо распределяется на неподвижное наружное кольцо через тела качения.

Большая стрелка в положении 12 часов изображает приложенную нагрузку на внутреннее кольцо через вал, а малые стрелки в положениях 4–8 часов показывают распределение контактных нагрузок между телами качения и кольцами подшипника.

Поскольку внутреннее кольцо вращается, каждая точка кольца проходит зону нагружения. В результате по всей окружности дорожки качения внутреннего кольца образуется центральная полоса, однородная по ширине, которая называется следом качения на вращающемся внутреннем кольце.

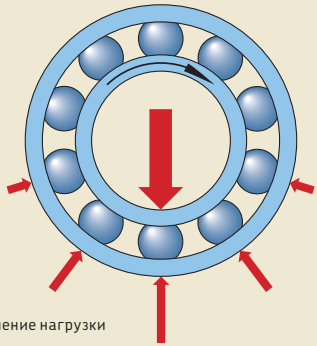
Наружное кольцо неподвижное, поэтому зона нагружения и след качения на наружном кольце ограничены сектором, где происходит передача нагрузки от внутреннего на наружное кольцо через тела качения.

Рис. 3

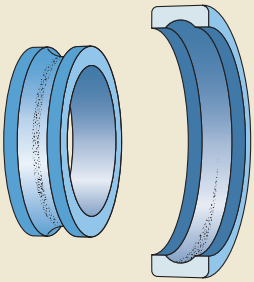


Зона нагрузки (≈ 150°)
Попадает в зону нагрузки при вращении
Зазор в подшипнике, ненагруженная зона
Нагрузка (вал) и распределение нагрузки (корпус)

Рис. 4



Распределение нагрузки



Следы на дорожке качения

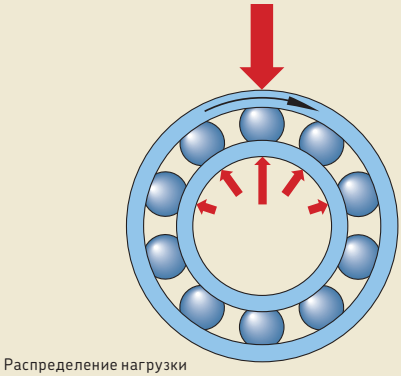
Эпюра распределения контактных нагрузок между телами качения и наружным кольцом неравномерна, наиболее нагружено нижнее тело качения. Для большинства радиальных подшипников при нормальном зазоре и умеренной радиальной нагрузке зона нагружения равна приблизительно 150°.

На рис. 5 показано, как однонаправленная и постоянная радиальная нагрузка на вращающееся наружное кольцо распределяется на неподвижном внутреннем кольце через тела качения.

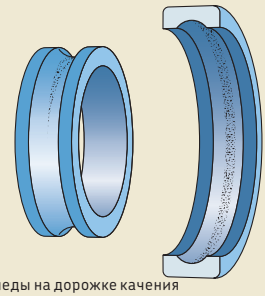
При вращении наружного кольца каждая точка кольца проходит зону нагружения. В результате по всей окружности дорожки качения наружного кольца образуется однородный по ширине центральный след качения.

Контактные нагрузки между телами качения и кольцами распределены неравномерно. Наиболее нагружено верхнее тело качения, непосредственно расположенное под действующей нагрузкой. Для большинства радиальных подшипников при нормальном зазоре и умеренной радиальной нагрузке зона нагружения равна приблизительно 150°.

Рис. 5



Распределение нагрузки



Следы на дорожке качения

Аналогичный след качения на наружном кольце образуется в случае, если внутреннее кольцо вращается в фазе с нагрузкой (т. е. нагрузка от дисбаланса вала), а наружное кольцо остаётся неподвижным. Даже при вращении внутреннего кольца нагрузка на внутреннее кольцо будет постоянной, а нагрузка на неподвижное наружное кольцо — вращающейся (→ **рис. 6**).

Рис. 7 иллюстрирует эффект однонаправленной и постоянной осевой нагрузки на радиальный шарикоподшипник.

По всей окружности вращающегося кольца наблюдается смещённый в осевом направлении след качения.

На противоположной стороне канавки неподвижного кольца наблюдается смещённый в осевом направлении след качения. При осевой нагрузке достаточной величины след на неподвижном кольце будет наблюдаться по всей длине окружности.

На **рис. 8** показана комбинация однонаправленных и постоянных радиальной и осевой нагрузок на радиальный шарикоподшипник с вращающимся внутренним кольцом и неподвижным наружным кольцом.

Зона нагружения и след качения по всей окружности внутреннего кольца смещены в осевом направлении.

Зона нагружения наружного кольца смещена в противоположном осевом направлении. Длина зоны нагружения больше длины, которая была бы образована чисто радиальной нагрузкой, но не обязательно на 360°.

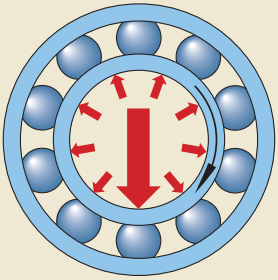
Для двухрядных подшипников комбинированные нагрузки образуют зоны нагружения неравной длины. На ряде, который несёт осевую нагрузку, будет более длинная зона нагружения (и след качения). Если осевая нагрузка имеет значительную величину, один ряд тел качения может оказаться полностью разгруженным.

При чисто радиальной нагрузке только в малом секторе (приблизительно 150°) наружного кольца будет заметен след на дорожке качения (→ **рис. 3** и **4**, **стр. 292**).

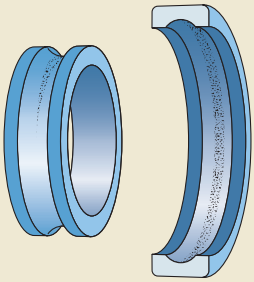
При чисто осевой нагрузке на всем наружном кольце будет заметен след на дорожке качения, смещённый в осевом направлении (→ **рис. 7**).

При комбинированной нагрузке след на дорожке качения будет заметен в промежуточной зоне в зависимости от величины радиальной нагрузки относительно осевой нагрузки (→ **рис. 8**).

Рис. 6

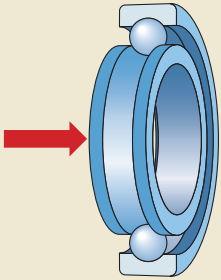


Распределение нагрузки

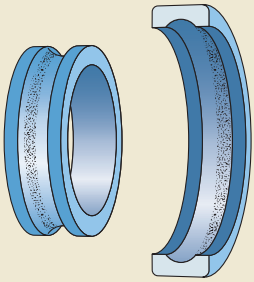


Следы на дорожке качения

Рис. 7

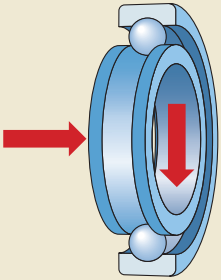


Распределение нагрузки

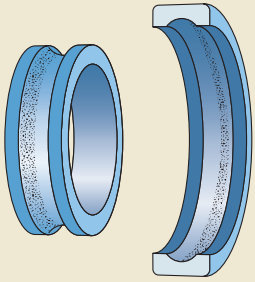


Следы на дорожке качения

Рис. 8



Распределение нагрузки



Следы на дорожке качения

Следы в нештатных условиях эксплуатации

На **рис. 9** показаны зоны нагружения и соответствующие им следы качения от однонаправленной и постоянной радиальной нагрузки, когда неподвижное наружное кольцо перекошено относительно вращающегося внутреннего кольца.

По всей окружности дорожки качения внутреннего кольца образовался однородный по ширине центральный след качения.

На наружном кольце наблюдается полоса, переходящая от одного края желоба наружного кольца к другому. Ширина и длина полосы зависят от величины перекоса, нагрузки и зазора в подшипнике. Угловая длина сектора следа качения может принимать любое значение от 150° до 360°.

Эта ситуация может возникнуть при прогибе вала или в случае, если подшипники находятся в разных корпусах с несоосными посадочными отверстиями.

На **рис. 10** показаны зоны нагружения и следы качения, полученные от однонаправленной и постоянной радиальной нагрузки, когда неподвижное наружное кольцо имеет радиальное защемление (овальная расточка корпуса).

В этом случае по всей окружности дорожки качения внутреннего кольца образуется однородный по ширине центральный след качения.

На наружном кольце видны две диаметрально противоположные зоны нагружения и соответствующие следы качения. Радиальное защемление наружного кольца в расточке корпуса возникает по следующим причинам:

- Корпус смонтирован на неплоской поверхности.
- Две половины разъёмного корпуса не имеют концентрического прилегания.
- Посадочное место в корпусе имеет овальную форму из-за погрешностей изготовления, в результате чего возможно образование двух и более зон нагружения на кольцах.

Несколько зон нагружения существенно увеличивают внутренние нагрузки и повышают рабочую температуру подшипника, вызывая повреждение и преждевременный выход подшипника из строя.

На **рис. 11** показаны зоны нагружения и соответствующие следы качения, полученные в подшипнике с внутренним натягом, который еще дополнительно нагружен постоянной радиальной нагрузкой, в случае, когда внутреннее кольцо вращается, а наружное кольцо остаётся неподвижным.

В этом случае по всей окружности дорожки качения внутреннего кольца образуется однородный по ширине центральный след качения.

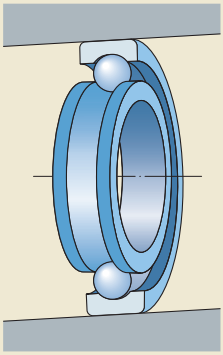
На наружном кольце также будет образована зона нагружения в 360°, но, как правило, ширина следа больше на участке кольца, где радиальная нагрузка комбинируется с внутренним преднатягом.

Такая ситуация может возникнуть в результате чрезмерного натяга при посадке на валу и/или в корпусе. Если посадка слишком тугая, в подшипнике может возникнуть внутренний натяг из-за сжатия тел качения между двумя кольцами. Слишком малый начальный внутренний зазор может привести к аналогичной проблеме.

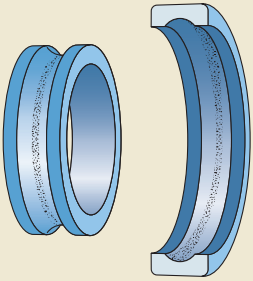
Другой возможной причиной такого состояния может стать значительный перепад температур между валом и корпусом, что также может значительно уменьшить внутренний зазор подшипника. Температурные деформации вала и корпуса из разных материалов с разными коэффициентами теплового расширения также могут способствовать уменьшению внутреннего зазора в подшипнике.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. раздел *«Рекомендованные посадки и допуски»* на **стр. 35**.

Рис. 9

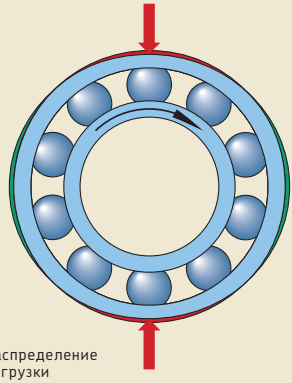


Распределение нагрузки

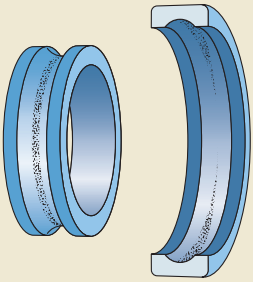


Следы на дорожках качения

Рис. 10

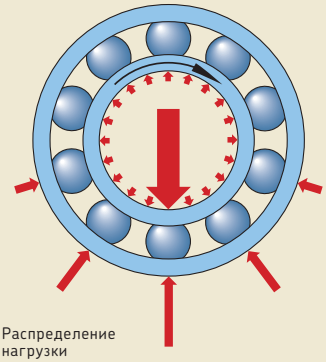


Распределение нагрузки

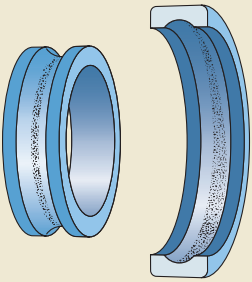


Следы на дорожках качения

Рис. 11



Распределение нагрузки



Следы на дорожках качения

Повреждение подшипников

Уделяя значительное внимание предотвращению повторных повреждений и выходов подшипников из строя, Международная организация по стандартизации (ISO) разработала методику классификации повреждений и отказов подшипников (ISO 15243:2004). Этот стандарт распределяет все виды отказов на шесть основных групп и шестнадцать подгрупп, описывающих эксплуатационные повреждения подшипников. Стандарт основан преимущественно на визуальной экспертизе состояния тел качения, дорожек качения и других рабочих поверхностей. Он также определяет основные механизмы развития каждого типа отказа.

Большинство повреждений подшипников можно отнести к одной из шести основных групп, а также к одной из подгрупп, показанных в **таблице 1**. Определения видов отказа приведены в **таблице 2**.

Большинство повреждений, возникших вследствие этих механизмов, можно обнаружить и легко проконтролировать, если мониторинг состояния является частью расширенной программы техобслуживания. Первые признаки повреждения подшипника можно обнаружить с помощью анализа вибрации, что позволяет обслуживающему персоналу вовремя выполнить корректирующие действия. Это может значительно сократить дорогостоящие непредвиденные простои и избежать катастрофических отказов, повреждающих соседние детали узлов. Это также даёт возможность обслуживающему персоналу исследовать повреждённый подшипник на ранней стадии, чтобы определить основную причину отказа и принять необходимые меры для предотвращения повторного возникновения неисправности.

ПРИМЕЧАНИЕ: См. главу *«Осмотр»*, начиная со **стр. 216**.

Большинство повреждений подшипников можно классифицировать по двум категориям: повреждения, полученные до начала эксплуатации, и повреждения, полученные во время эксплуатации подшипника.

Причины повреждений, полученных до начала эксплуатации:

- неправильная посадка на валу и в корпусе
- дефектные посадочные места подшипника на валах и в корпусах
- перекос / несоосность
- неправильная процедура монтажа
- воздействие электрического тока на подшипник (высокое напряжение)
- транспортировка, обращение и хранение

Причины повреждений, полученных при эксплуатации подшипника:

- усталость материала
- неэффективное смазывание
- неэффективное уплотнение
- вибрация (ложное бринеллирование)
- рабочий перекос
- воздействие электрического тока на подшипник (прохождение тока)

Таблица 1

Классификация повреждений подшипника и виды отказа по ISO

Основная группа	Подгруппа
Усталость	Подповерхностная усталость
	Поверхностная усталость
Износ	Абразивный износ Адгезивный износ
Коррозия	Химическая/влажная коррозия Фрикционная коррозия Фреттинг-коррозия Ложное бринеллирование
Электрическая эрозия	Высокое напряжение Прохождение тока
Пластическая деформация	Перегрузка Вмятины от загрязнений Вмятины от плохого обращения
Трещины	Нагрузочные трещины Усталостные трещины Термические трещины

Таблица 2

Определения и пояснения по видам отказов

Вид отказа	Определение и/или пояснение
Усталость	Изменения в структуре металла, обусловленные циклическими напряжениями в контактах между телами и дорожками качения. Усталость визуально проявляется в виде выкрашивания частиц металла от поверхности. Время от начала до развития усталости зависит от частоты вращения и нагрузки.
Подповерхностная усталость	Появление микротрещин под поверхностью дорожки качения. При выходе на поверхность эти микротрещины образуют выкрашивание.
Поверхностная усталость	Микротрещины на поверхности. Дополнительные поверхностные контактные напряжения на скользящих поверхностях из-за недостатка смазки.
Износ	Постепенное удаление материала из-за взаимодействия шероховатостей двух скользящих поверхностей.
Абразивный износ	Результат недостаточного смазывания при попадании загрязнений в подшипник
Адгезивный износ	Перенос материала при фрикционном нагреве, иногда после отпуска или повторной закалки поверхности.
Коррозия	Ухудшение качества поверхности в результате окисления или химической реакции на поверхности подшипника.
Химическая/влажная коррозия	Окисление /травление поверхностей при попадании влаги.
Фрикционная коррозия	Химическая реакция, вызванная относительными микроперемещениями сопряжённых поверхностей в условиях трения.
Фреттинг-коррозия	Окисление/осыпание выступов шероховатости поверхностей от микроперемещений в сочленениях, передающих нагрузку.
Ложное бринеллирование	Образование лунок, отпечатков тел качения на дорожках качения, вызванных вибрацией во время простоя механизма. Равномерно расположенные вмятины на дорожках качения с шагом, соответствующим расстоянию между телами качения.
Электрическая эрозия	Повреждение контактных поверхностей (удаление материала), вызванное прохождением электрического тока.
Высокое напряжение	Искрение и локальный нагрев поверхностей из-за прохождения электрического тока в контактной зоне по причине плохой изоляции.
Прохождение тока	Образование мелких каверн из-за прохождения высокочастотного тока. Каверны близко расположены друг к другу. Со временем они превращаются в равноудаленные борозды на телах и дорожках качения, параллельные оси качения.
Пластическая деформация	Постоянная деформация, которая появляется в результате превышения предела текучести материала.
Перегрузка	Перегрузка под статическими или ударными нагрузками, приводящая к пластической деформации (бринеллирование).
Вмятины от загрязнений	Закатывание посторонних частиц в контактных зонах с образованием вмятин на дорожках качения и телах качения. Размер и форма вмятин зависит от природы частиц.
Вмятины от плохого обращения	Локальная перегрузка, вмятины и зазубрины от острых/твёрдых предметов.
Трещины	Неполное отделение материала при превышении предела прочности
Нагрузочные трещины	Растрескивание в результате концентрации напряжений, превышающих предел прочности материала.
Усталостные трещины	Растрескивание в результате превышения предела усталостной прочности материала.
Термические трещины	Трещинообразование в результате фрикционного нагрева при недостатке смазки и проскальзывании. Трещины расположены под прямым углом к направлению скольжения.

Причины повреждения до начала эксплуатации

Неправильная посадка на валу и в корпусе

Неправильная посадка на валу или в корпусе может привести как к чрезмерному зазору, так и к чрезмерному натягу, при которых может возникнуть любое из следующих явлений:

- проскальзывание кольца (кольцо проворачивается на своем посадочном месте)
- фреттинг-коррозия
- растрескивание кольца
- снижение нагрузочной способности
- дополнительные нагрузки и трение в подшипнике
- повышение рабочей температуры подшипника

Поэтому правильная посадка очень важна для срока службы подшипника и эксплуатационных качеств машины.

Если кольцо подшипника вращается и на него действует постоянная нагрузка, то обычно кольцо сажается на посадочное место с натягом. Степень натяга определяется величиной нагрузки, а также типом и размером подшипника. Как правило, чем больше приложенная нагрузка, тем плотнее требуемая посадка.

Если кольцо подшипника неподвижно под действием постоянной нагрузки постоянного направления, посадка обычно должна быть свободной. Рекомендованные посадки приведены в **Приложении A**, начиная со **стр. 334**. Значения предельных отклонений и результирующих посадок приведены в **Приложении B**, начиная со **стр. 338**.

При наличии ударных нагрузок или постоянной вибрации требуется более плотная посадка с натягом кольца, которое вращается относительно нагрузки.

В случае, если кольцо подшипника нагружено вращающейся нагрузкой, для легконагруженных подшипников, а также подшипников, работающих при очень низких скоростях, можно использовать более лёгкую посадку или, в некоторых случаях, свободную посадку.

Иногда невозможно осуществить сборку узлов оборудования, если применяются рекомендованные посадки. В этом случае следует обратиться в техническую службу SKF.

Рассмотрим два примера: в подшипнике в переднем колесе автомобиля направление нагрузки является постоянным, т. е. поверхность дороги всегда воздействует на колесо в вертикальном направлении. Поэтому вращающееся наружное кольцо посажено с натягом в ступицу колеса, а неподвижное внутреннее кольцо свободно посажено на шейку оси.

В подшипниках, применяемых в традиционных электродвигателях, наружные кольца неподвижны относительно нагрузки и имеют свободную посадку в корпусе, но внутренние

Рис. 12

Абразивный износ из-за проскальзывания наружного кольца
Классификация ISO: Абразивный износ

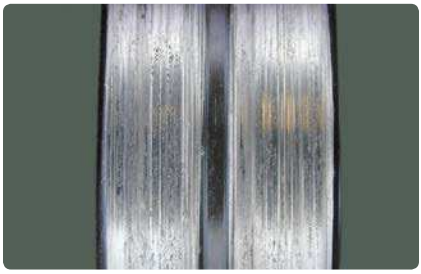


Рис. 13

Полирующий износ из-за проскальзывания наружного кольца
Классификация ISO: Абразивный износ

кольца вращаются относительно нагрузки и смонтированы с посадкой с натягом.

В некоторых случаях необходимо монтировать и внутреннее, и наружное кольцо подшипника с посадкой с натягом. Например, цилиндрические роликоподшипники или тороидальные роликоподшипники CARB компенсируют осевое тепловое удлинение вала за счёт внутренней конструкции, а не за счёт скольжения одного из колец подшипника по посадочному месту. Посадка обоих колец с натягом применяется также при сильных ударных нагрузках.

Неправильная посадка на валу или в корпусе, или излишне свободная посадка могут вызвать проворот внутреннего или наружного кольца на посадочном месте. Проворот колец на посадочном месте вызывает трение и может привести к износу или задирам. Повреждение обычно ограничено поверхностью посадочного места, но может также распространиться на торцы колец. На **рис. 12** показан абразивный износ, а на **рис. 13** — полирующий износ.

Слишком свободная посадка может приводить к разнице скоростей скольжения между контактными поверхностями. Иногда без свободной посадки не обойтись, например, для четырёхрядных конических роликоподшипников на шейках валков прокатного стана. Обычно внутреннее кольцо имеет свободную посадку для удобства монтажа/демонтажа подшипника. Из-за свободной посадки имеется различие в скорости между внутренним кольцом и посадочным местом вала (проскальзывание), а также торцом внутреннего кольца и его сопряжённым заплечиком. Эта разность скоростей в контактной зоне приводит к выделению тепла. В некоторых случаях локализованное тепловыделение может быть настолько сильным, что материал переносится с кольца подшипника на поверхности скольжения или наоборот (задир) (→ **рис. 14**). Избыточное тепловыделение может также привести к термическим трещинам в материале (→ **рис. 14**), что, в конечном итоге, приводит к трещине в кольце.

Посадка с натягом внутреннего кольца на валу вызывает растягивающее напряжение в кольце. При чрезмерно тугой посадке с натягом результирующее растягивающее

Рис. 14

Разные скорости в зоне контакта между подшипником и распорным кольцом вызвали задир (отметки по окружности). Тепловыделение привело к возникновению термических трещин в кольце подшипника (перпендикулярно отметкам задира).
Классификация ISO: Адгезивный износ и термические трещины

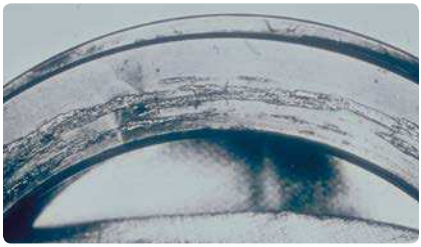


Рис. 15

Растрескивание кольца из-за чрезмерно тугой посадки с натягом
Классификация ISO: Нагрузочные трещины

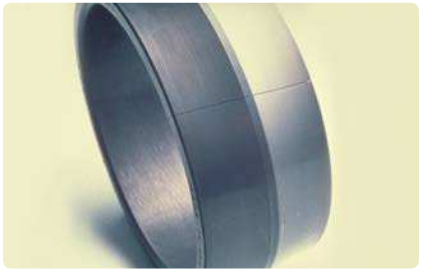


Рис. 16

Слишком плотная посадка наружного кольца плавающего подшипника в корпусе вызывает тяжёлые осевые нагрузки, существенно сокращающие срок службы подшипника.
Классификация ISO: Подповерхностная усталость (от слишком тяжёлых нагрузок) или поверхностная усталость (из-за недостаточного смазывания)

напряжение может превысить предел прочности кольца и оно разрушится (→ **рис. 15**).

Подшипниковые узлы обычно состоят из фиксирующего и плавающего подшипников. Плавающий подшипник предназначен для компенсации теплового расширения вала либо конструктивно внутри подшипника, либо посредством скольжения наружного кольца подшипника по посадочному месту в корпусе. Для скольжения по посадочному месту наружное кольцо должно иметь свободную посадку. Если посадка слишком тугая или наружное кольцо перекошено в корпусе, произойдёт его заклинивание. Это приводит к значительным дополнительным осевым нагрузкам в подшипниковых опорах. Чрезмерные нагрузки могут вызвать следующие последствия: преждевременная усталость материала, повышенное тепловыделение, недостаточное смазывание, чрезмерный износ поверхности (→ **рис. 16**). В результате существенно сокращается срок службы подшипника.

Дефекты посадочного места на валу или в корпусе

Формулы для расчёта ресурса подшипников основаны на ряде допущений и предположений. Одно из этих предположений состоит в том, что посадочные места на валу и в корпусе соответствуют требуемым геометрическим параметрам по точности обработки. К сожалению, существует ряд факторов, которые отрицательно влияют на работоспособность подшипников как высокоточных изделий. Например, посадочные места вала или корпуса могут быть деформированы, т. е. иметь коническую, овальную, перекошенную или термически изменённую форму. Деформирование посадочного отверстия в корпусе может случиться уже после закрепления узла на раме машины или на опорной поверхности.

В разделе *«Неправильная посадка на валу или в корпусе»*, начиная со **стр. 300**, речь шла о неправильно выбранных посадках. В данном разделе внимание фокусируется на деформированных посадочных местах и повреждениях, которые они могут вызвать.

Фреттинг-коррозия возникает при слишком свободной посадке, когда присутствует относительное микроперемещение между кольцом подшипника и валом или корпу-

Рис. 17

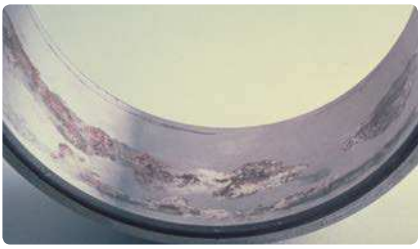
Значительная фреттинг-коррозия часто возникает при тяжёлых условиях работы. Фреттинг-коррозия в зоне нагружения посадочного места наружного кольца.
Классификация ISO: Фреттинг-коррозия

Рис. 18

Фреттинг-коррозия из-за неправильной посадки на валу
Классификация ISO: Фреттинг-коррозия

Рис. 19

Фреттинг-коррозия вследствие либо дефекта посадочного места на валу (при механической обработке), либо деформации вала
Классификация ISO: Фреттинг-коррозия



сом. Относительное микроперемещение, которое обычно вызвано неточностью формы или прогибом вала, приводит к отрыву небольших частиц материала от поверхности посадочного места вала или корпуса. Эти частицы быстро окисляются под воздействием кислорода из воздуха.

В результате фреттинг-коррозии кольца подшипника могут нагружаться неравномерно, что отрицательно сказывается на распределении контактных нагрузок по телам качения в подшипнике. Фреттинг-коррозия появляется в виде коррозии на наружной поверхности наружного кольца (→ **рис. 17**) или внутренней поверхности внутреннего кольца (→ **рис. 18** и **19**). Железо при окислении имеет свойство увеличиваться в объёме. Вследствие этого могут измениться геометрические размеры подшипника. След на дорожке качения может указывать на сильный износ в соответствующих местах.

Фреттинг-коррозия распространена в тех случаях, когда условия эксплуатации приводят к деформированию посадочных мест под нагрузкой. Это зачастую имеет место при тяжёлых нагрузках.

ПРИМЕЧАНИЕ: Оксид железа Fe_3O_4 (минерал магнетит) имеет чёрный цвет, а оксид железа Fe_2O_3 (минерал гематит) имеет красный или красновато-коричневый цвет (→ **рис. 18** и **19**).

Со временем неправильный контакт приводит к резкому развитию фреттинг-коррозии. В корродированных зонах начинается процесс трещинообразования под нагрузкой (→ **рис. 20** и **21**).

Вогнутости, выпуклости и другие геометрические дефекты посадочных мест вала и корпуса приводят к неправильному контакту кольца подшипника по его ширине. Поэтому кольцо деформируется под нагрузкой, и вдоль окружности дорожки качения обычно появляются усталостные трещины и изломы.

На **рис. 22** приведено зеркальное изображение наружного кольца самоустанавливающегося шарикоподшипника, смонтированного в овальном посадочном отверстии в корпусе. Неподвижное наружное кольцо было зажато (деформировано) в двух диаметрально противоположных местах (под

Рис. 20

Фреттинг-коррозия может привести к поломке кольца. Кольцо трескается в самой слабой точке — смазывающей канавке.
Классификация ISO: Фреттинг-коррозия и нагрузочные трещины

Рис. 21

Наружное кольцо этого подшипника недостаточно зафиксировано в посадочном месте корпуса. Фреттинг-коррозия привела к дополнительному нагружению наружного кольца и, в конечном счёте, к механическому излому.
Классификация ISO: Фреттинг-коррозия и нагрузочные трещины

Рис. 22

Зеркальный снимок наружного кольца самоустанавливающегося шарикоподшипника. Две зоны нагружения и выкрашивания расположены под углом 180°. Повреждение возникло из-за овальности посадочного места в корпусе.
Классификация ISO: Поверхностная усталость

углом 180°), из-за чего в этих местах образовался натяг. Натяг вызвал чрезмерные усилия, которые привели к преждевременной усталости и развитию выкрашивания материала под поверхностью.

Натяг также привел к выделению тепла и вытеканию смазки из подшипника. Обратите внимание на сильную фреттинг-коррозию (под углом 180°) в диаметрально противоположных зонах нагружения наружного кольца подшипника.

Перекос/несоосность

Перекос/несоосность является общей причиной перегрева и/или трещинообразования при наличии любого из следующих условий:

- Внутреннее кольцо упирается в заплечик вала, который не перпендикулярен посадочной поверхности подшипника.
- Наружное кольцо упирается в бурт корпуса, который не перпендикулярен оси посадочного отверстия в корпусе.
- Два посадочных отверстия в корпусе несоосны.
- Кольцо подшипника неправильно упирается в заплечик вала и перекошено на своем посадочном месте.
- Наружное кольцо плавающего подшипника перекошено на своём посадочном месте.

Самоустанавливающиеся подшипники не могут полностью компенсировать все ошибки монтажа. Например, если вращающееся внутреннее кольцо самоустанавливающегося подшипника не перпендикулярно своему посадочному месту на валу, то при вращении наблюдается его биение. Это может вызвать проблемы со смазыванием, преждевременный износ и/или поверхностную усталость.

На упорных шарикоподшипниках также могут появляться признаки ранней усталости в случае, если они были смонтированы на опорных поверхностях, не перпендикулярных оси вала. В этих случаях только один короткий сектор (дуга) неподвижного кольца воспринимает полную нагрузку. Если вращающееся кольцо упорного шарикоподшипника смонтировано на перекошенный заплечик вала, при вращении возникает биение кольца. Вращающееся кольцо с биением нагружает только небольшую часть неподвижного кольца и приводит к преждевременной усталости материала.

Если два подшипника установлены несоосно на вал, то только самоустанавливающиеся шарикоподшипники или роликоподшипники могут работать без возникновения изгибающих моментов, которые приведут к отклонению и перекосу вала. Радиальные и радиально-упорные шарикоподшипники, а также цилиндрические и конические роликоподшипники могут компенсировать только очень незначительные перекосы. Перекос в этих подшипниках обычно приводит к возникновению значительных кромочных напряжений, которые, в свою очередь,

Рис. 23

Несоосная установка двухрядного радиально-упорного шарикоподшипника: в результате возник перекос в двух зонах нагрузки, расположенных под углом 180°. Тяжёлые нагрузки, результирующее напряжение и недостаточное смазывание, привели к преждевременному отказу подшипника.
Классификация ISO: Поверхностная усталость

Рис. 24

Перекос корпуса привел к пиковым кромочным давлениям в коническом роликоподшипнике. Результат: преждевременный отказ подшипника.
Классификация ISO: Подповерхностная усталость

вызывают преждевременную усталость материала.

Как видно на **рис. 23**, двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник был установлен несоосно в корпусе узла. Это проявилось в двух зонах нагружения, расположенных под углом 180°. Возникшие тяжёлые нагрузки продавливали смазочную плёнку в контактах. Тяжёлые нагрузки совместно с недостаточным смазыванием привели к преждевременному выходу подшипника из строя, который начался с поверхностного выкрашивания металла.

Показанный на **рис. 24** конический роликоподшипник был установлен несоосно в расточке корпуса. Нагрузка воспринималась только малой частью упорного бурта на внутреннем кольце подшипника. Очень тяжёлые результирующие нагрузки в этой зоне привели к усталости материала и преждевременному подповерхностному выкрашиванию металла.

Неправильный монтаж

Небрежное обращение с подшипником и неправильный монтаж часто приводят к повреждению и преждевременной усталости материала или отказу подшипника.

Одной из основных причин ранних отказов из-за усталости материала является повреждение подшипника от ударов, полученных при обращении, монтаже, хранении и/или эксплуатации.

В этих случаях напряжения от удара превышают предел текучести материала (перегрузка), что выражается в пластической деформации. Повреждение начинается в локальной зоне деформации и развивается до состояния отказа подшипника.

На **рис. 25** показано, как неправильно приложенное монтажное усилие передаётся через тела качения. Аналогичная ситуация имеет место при эксплуатации, когда подшипник подвержен повышенному нагружению в неподвижном положении. Поскольку ударная нагрузка при монтаже является осевой нагрузкой, на кольцах остаются вмятины, которые смещены от центра в осевом направлении. Расстояние между вмятинами равно расстоянию между телами качения в окружном направлении.

Рис. 25

Монтажное усилие передается через тела качения
Классификация ISO: Перегрузка

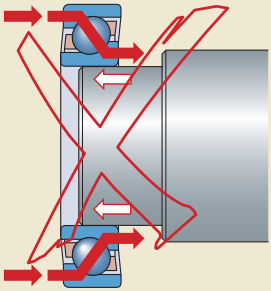


Рис. 26

Повреждения от удара во время монтажа
Классификация ISO: Перегрузка

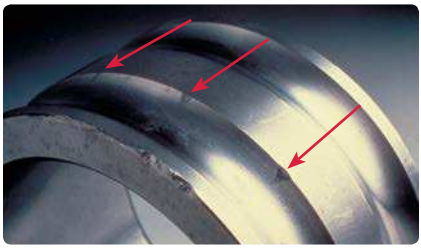


Рис. 27

Усталость материала из-за повреждений от удара при монтаже
Классификация ISO: Перегрузка

На **рис. 26** показано повреждение внутреннего кольца двухрядного радиально-упорного шарикоподшипника. В этом случае монтажное усилие передавалось через наружное кольцо. В результате образовались равномерно расположенные вмятины со следами пластической деформации, шаг между которыми соответствует расстоянию между шариками.

На **рис. 27** показаны следы усталостных повреждений на радиальном шарикоподшипнике после его эксплуатации в течение некоторого времени.

Другая причина преждевременного отказа подшипника — посторонние твёрдые частицы, попавшие в подшипник или корпус. Частицы могут попасть во время монтажа или остаться внутри после предыдущего отказа подшипника. Частицы также могут остаться в процессе изготовления корпуса.

Попадание твёрдых загрязнений между наружным диаметром подшипника и отверстием в корпусе также приведёт к преждевременному отказу подшипника.

Цилиндрические роликоподшипники можно легко повредить во время сборки. Это может случиться, например, с подшипниками типа NU, после того как внутреннее кольцо установлено на вал, а наружное кольцо с сепаратором и роликами в сборе смонтировано в корпусе. Если во время сборки вал установлен неровно и не вращается, ролики могут повредить дорожку качения внутреннего кольца (→ **рис. 28**), что приведет к появлению вмятин в форме длинных

Рис. 28

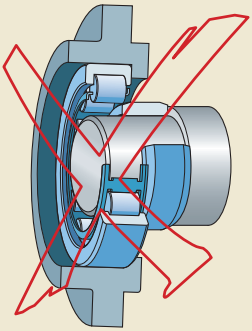
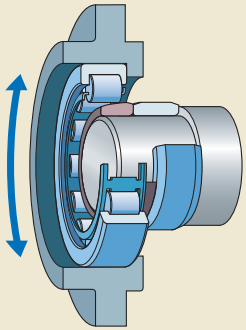


Рис. 29

Повреждение при сборке цилиндрического роликоподшипника
Классификация ISO: Вмятины от плохого обращения

Рис. 30



поперечных задиров. Обратите внимание на то, что расстояние (→ **рис. 29**) между повреждёнными зонами соответствует интервалу между роликами.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для исключения данного вида повреждения хорошо смажьте все детали и проворачивайте наружное кольцо во время монтажа. Для крупногабаритных подшипников нужно использовать монтажную втулку (→ **рис. 30**).

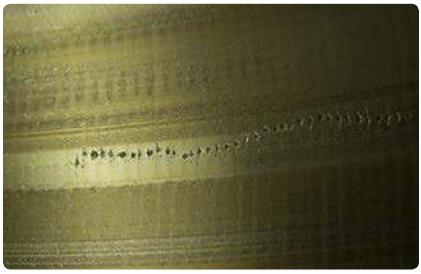
Высокое напряжение на подшипнике

В некоторых случаях электрический ток заземления может проходить через подшипник. Например, при ремонте вала высокое напряжение на подшипнике может возникнуть из-за неправильного заземления сварочного оборудования. Электрический разряд, возникающий между кольцами и проходящий через тела качения, может нанести сильные повреждения подшипнику. При прохождении электрического тока высокого напряжения через подшипник поверхности его деталей могут «свариваться», а также могут образовываться «кратеры» в результате выплавления металла из деталей подшипника. На **рис. 31** показано повреждение поверхности дорожки качения наружного кольца и ролика крупногабаритного сферического роликоподшипника из-за прохождения электрического тока высокого напряжения.

Повреждение может возникнуть в неподвижном состоянии, без вращения подшипника, но обычно возникает и во время работы. Тем не менее, повреждение такого типа классифицируется как повреждение, полученное до начала эксплуатации.

Рис. 31

Повреждение сферического роликоподшипника из-за электрического тока высокого напряжения: кратеры (каверны) на дорожке качения наружного кольца. Справа: повреждение ролика.
Классификация ISO: Высокое напряжение



Повреждения при транспортировке и хранении

К повреждениям, которые обычно связаны с транспортировкой, относится бринеллирование (перегрузка) от ударных нагрузок или ложное бринеллирование из-за вибрации.

Бринеллирование возникает в результате удара. Удар является следствием неправильного обращения с подшипником или ударных нагрузок при эксплуатации. В зависимости от тяжести повреждения бринеллирование увеличивает шум и вибрацию, сокращает срок службы подшипника. Чтобы безошибочно диагностировать бринеллирование, проверьте, соответствует ли расстояние между повреждёнными участками расстоянию между телами качения. Поскольку бринеллирование появляется вследствие удара, при увеличении можно рассмотреть исходные характерные риски. На **рис. 32** показан повреждённый ударом (перегрузкой) участок с коэффициентом увеличения 100 ×.

Расстояние между повреждениями при ложном бринеллировании также соответствует расстоянию между роликами. Однако, поскольку причина заключается в вибрации, поперечные штрихи будут отсутствовать, как показано на **рис. 33**. В зависимости от глубины ложное бринеллирование также приводит к дальнейшему повышению шума и вибрации.

Подшипник следует хранить в оригинальной фирменной упаковке, иначе его состояние может ухудшиться. Это также относится и к подшипникам, уже смонтированным в подузлах (→ **рис. 34**). Подшипники следует защитить от загрязнений соответствующим образом.

Рис. 32

След от удара (бринеллирование) — коэффициент увеличения 100 ×
Классификация ISO: Перегрузка

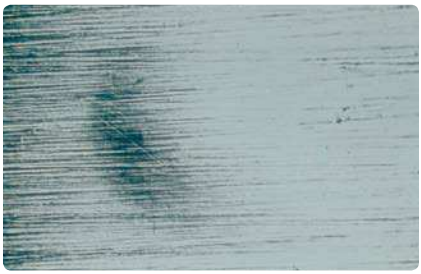


Рис. 33

Следы ложного бринеллирования — коэффициент увеличения 100 ×
Классификация ISO: Ложное бринеллирование

Рис. 34

Повреждение вследствие неправильного хранения
Классификация ISO: Химическая/влажная коррозия

Причины повреждения при эксплуатации

Подповерхностная усталость материала

Во время эксплуатации подшипника нагрузка передаётся от одного кольца к другому через тела качения. Каждый раз, когда ролик проходит зону нагружения, передаваемая нагрузка в контактной области изменяется от нуля до максимального значения и обратно. Такое циклическое нагружение приводит к накоплению в материале остаточных деформаций. В зависимости от величины нагрузки, температуры и количества циклов нагружения эти деформации будут приводить к структурным изменениям в материале и формированию микротрещин под поверхностью. В конечном итоге эти трещины выходят на поверхность, что проявляется в виде выкрашивания материала (**→ рис. 35**).

Подшипник повреждается уже после появления первого скола. Это не означает, что подшипник не может воспринимать нагрузку. Выкрашивание материала постепенно увеличивается в размерах (**→ рис. 36**) и количестве, повышая уровень шума и вибрации в машине. Машину следует остановить и заменить подшипник прежде, чем произойдёт аварийный отказ подшипника.

Во избежание преждевременного начала подповерхностной усталости нужно соблюдать три основных условия:

- качественная сталь подшипника (минимальное содержание кислорода и неметаллических включений) — подшипник лучшего качества
- хорошее смазывание (без загрязнения)
- относительно равномерное распределение контактных нагрузок по телам качения в подшипнике, что достигается за счёт правильного выбора зазора/натяга

Рис. 35

Выкрашивание на поверхности подшипника
Классификация ISO: Подповерхностная усталость

Рис. 36

Развитие выкрашивания материала из-за начала усталости под поверхностью
Классификация ISO: Подповерхностная усталость

Неэффективное смазывание

При расчёте номинального ресурса подшипника предполагается, что подшипник правильно смазывается. Это означает, что правильное количество соответствующего смазочного материала своевременно попадает в подшипник. Для надёжной работы всех подшипников в машине также требуется их правильное смазывание. Смазочная плёнка разделяет все детали в подшипнике от непосредственного контакта при их качении и скольжении. Без эффективной смазки появится контакт «металл/металл» между телами качения, дорожками качения и другими контактными поверхностями, что приведёт к их повреждению.

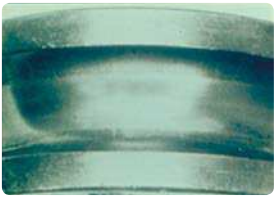
Под термином «отказ смазочного материала» зачастую понимается отсутствие масла или пластичной смазки в подшипнике. При этом выполнение анализа повреждения подшипника является непростой задачей. Многие случаи повреждения являются результатом недостаточной или слишком высокой вязкости смазочного материала, избыточного смазывания, недостаточного количества смазки, загрязнённого или неверно выбранного смазочного материала. Поэтому для анализа повреждения из-за смазывания требуется тщательно исследовать свойства смазочного материала, его количество и условия эксплуатации.

В результате неэффективного смазывания, как правило, возникает повреждение в виде поверхностной усталости материала. Это повреждение может быстро прогрессировать и принять вид, который сложно отличить от подповерхностной усталости материала или выкрашивания. При возникнов-ении выкрашивания нередко пропадают доказательства неэффективного смазывания. Тем не менее, при раннем обнаружении его признаков можно заметить настоящую первопричину повреждения.

Последовательные этапы развития повреждения из-за неэффективного смазывания (повреждение поверхности) показаны на **рис. 37**. Первой визуальной индикацией проблемы обычно является мелкая шероховатость или волнистость на поверхности. Затем образуются микротрещины, перерастающие в выкрашивание.

Рис. 37

Прогрессирующие этапы поверхностной усталости (сколы/отслоения) из-за неэффективного смазывания
Классификация ISO: Поверхностная усталость



Этап 1: На поверхности появляется мелкая шероховатость или волнистость.

Этап 2: Появление и развитие микротрещин на поверхности. Затем возникает микровыкрашивание.

Этап 3: Перекатывание загрязнений, развитие выкрашивания поверхности.

Этап 4: При длительной работе происходит выкрашивание всей дорожки качения. На данном этапе уже сложно определить первопричину повреждения.

На **рис. 38** показана дорожка качения внутреннего кольца крупногабаритного сферического роликоподшипника. Вследствие неправильного смазывания возникла поверхностная усталость и выкрашивание на контактной поверхности дорожки качения. На **рис. 39** показано внутреннее кольцо сферического роликоподшипника. Здесь можно наблюдать очень сильную степень выкрашивания.

Рис. 38

Повреждение контактной поверхности дорожки качения внутреннего кольца сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Поверхностная усталость

Рис. 39

Сильное выкрашивание на наружном кольце сферического роликоподшипника из-за неправильного смазывания
Классификация ISO: Поверхностная усталость

Другая форма повреждения поверхности называется задиром (адгезивным износом), который может возникнуть в следующих условиях:

- проскальзывание при высоких скоростях
- недостаточная нагрузка на тела качения
- слишком вязкий смазочный материал
- увеличенный зазор
- недостаток смазки в зоне нагрузки

Когда тела качения подвергаются резкому ускорению при вхождении в зону нагрузки, может возникнуть их проскальзывание. Тепло, выделяемое при проскальзывании, может быть настолько значительным, что две поверхности оплавляются в месте контакта «металл/металл». Этот процесс разрушения кристаллической решётки и оплавления вершин микронеровностей приводит к переносу материала с одной поверхности на другую, что, в свою очередь, повышает трение и концентрацию локальных соударений вершин микронеровностей, при которых возможно растрескивание, вследствие чего подшипник преждевременно выходит из строя. На **рис. 40** показано наружное кольцо сферического роликоподшипника. На каждом ряду видны следы задиров. Обратите внимание на следы износа в зоне нагрузки. Другой пример задиров показан на **рис. 41**.

Задир также может возникнуть в случае, если нагрузка на подшипник слишком мала по отношению к частоте вращения. Проскальзывание тел качения приводит к резкому повышению температуры, превышающей температуру рекристализации (отпуска), что может вызвать локальное оплавление и перенос материала с одной поверхности на другую (→ **рис. 42**).

Задир также может возникнуть в таких зонах, как опорные фланцы и торцы в цилиндрических и конических роликоподшипниках, направляющее кольцо и торцы в сферических роликоподшипниках, и упорные торцы роликов и дорожек качения в упорных сферических роликоподшипниках (→ **рис. 42**)

Рис. 40

Задиры со стороны входа в зону нагрузки наружного кольца сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Адгезивный износ

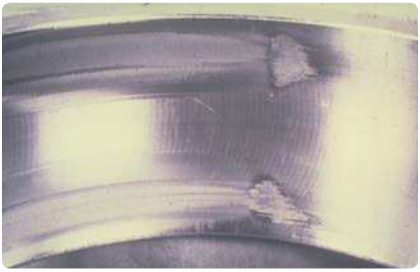


Рис. 41

Задиры на одной дорожке качения неподвижного внутреннего кольца сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Адгезивный износ

Рис. 42

Задиры на торце ролика упорного сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Адгезивный износ

В результате неэффективного смазывания также имеет место износ всех деталей подшипника. **Рис. 43** иллюстрирует повреждение этого типа.

Большинство металлических сепараторов не подвергаются закалке. При неэффективном смазывании износ часто развивается в окнах сепаратора (→ **рис. 44** и **45**).

Рис. 43

Износ из-за неэффективного смазывания в сферическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Абразивный износ

Рис. 44

Износ из-за неэффективного смазывания: цельный латунный сепаратор цилиндрического роликоподшипника
Классификация ISO: Абразивный износ

Рис. 45

Высокая степень износа из-за неэффективного смазывания: цельный стальной сепаратор однорядного радиально-упорного шарикоподшипника
Классификация ISO: Абразивный износ

Неэффективное уплотнение

В этом разделе рассматривается повреждение подшипников из-за неэффективного уплотнения узлов.

При попадании загрязняющих веществ внутрь полости подшипника срок его службы сокращается. Поэтому очень важно защитить подшипники либо внутренними уплотнениями (каучуковые, стальные защитные шайбы), либо внешними уплотнениями. В условиях сильнозагрязнённой окружающей среды предпочтительно одновременно применять оба вида уплотнений.

При попадании в подшипник твёрдых загрязняющих частиц смазочный материал может потерять свою эффективность, вследствие чего возникнет износ. Это ускоряющийся процесс, поскольку свойства смазочного материала продолжают ухудшаться, а износ изменяет микрогеометрию контактирующих поверхностей. Скорость этого процесса в большой степени зависит от типа загрязнения, а также от того, остаются ли продукты износа в подшипнике или удаляются (при замене смазки). В большинстве случаев износ проявляется в виде матовых поверхностей (→ **рис. 46**–**48**).

На **рис. 46** показаны дорожки качения на наружном кольце сферического роликоподшипника с двумя полосами износа в нагруженных зонах. Также заметна волнистость из-за вибрации в процессе работы. На **рис. 47** показано внутреннее кольцо сферического роликоподшипника в условиях вращения наружного кольца. Степень износа на обеих дорожках качения настолько высока, что началось выкрашивание. На **рис. 48** показано внутреннее кольцо крупногабаритного сферического роликоподшипника в условиях вращения наружного кольца. Износ значительно развился, и началось выкрашивание. На каждой дорожке качения заметны по две зоны износа. Износ начался в одной зоне. Затем из-за проворота внутреннего кольца на валу под нагрузкой начался износ и во второй зоне.

Рис. 46

Износ дорожек качения наружного кольца сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Абразивный износ

Рис. 47

Высокая степень износа неподвижного внутреннего кольца сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Абразивный износ

Рис. 48

Высокая степень износа неподвижного внутреннего кольца крупногабаритного сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Абразивный износ

Иногда продукты износа или другие твёрдые загрязняющие частицы действуют как абразивный материал, и контактная поверхность становится очень блестящей. Степень развития эффекта полировки зависит от размера, твёрдости и времени воздействия абразивных частиц (→ **рис. 49** и **50**).

Рис. 49

Эффект полировки при абразивном износе в сферическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Абразивный износ

Рис. 50

Эффект полировки при абразивном износе внутреннего кольца сферического роликоподшипника
Классификация ISO: Абразивный износ

Твёрдые загрязняющие частицы, попавшие в полость подшипника, приводят к возникновению вмятин в результате перекатывания тел качения по дорожкам качения. Повреждение дорожек качения зависит от типа загрязнения. Очень твёрдые частицы, такие как Al_2O_3 (материал абразивных кругов), создают вмятины с острыми углами, которые работают как концентраторы напряжений в повреждённой зоне. Мягкие загрязняющие частицы, такие как тонкий кусок бумаги или хлопчатобумажная нить, тоже могут привести к образованию вмятин.

Каждая вмятина является потенциальной причиной преждевременной усталости материала.

На **рис. 51** показана вмятина от прикатывания кусочка металлической проволоки в крупногабаритном сферическом роликоподшипнике.

На **рис. 52** показаны вмятины в крупногабаритном сферическом роликоподшипнике. Большое количество вмятин может значительно сократить срок службы подшипника.

На **рис. 53** показан радиальный шарикоподшипник с вмятинами от воздействия загрязняющих веществ. Кругами отмечены две точки, в которых началось развитие выкрашивания..

Рис. 51

Вмятина от куска металлической проволоки в особо крупногабаритном сферическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Вмятины от загрязнений

Рис. 52

Вмятины от загрязнений в крупногабаритном сферическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Вмятины от загрязнений

Рис. 53

Выкрашивание от вмятин в радиальном шарикоподшипнике
Классификация ISO: Вмятины от загрязнений

Коррозия представляет собой ещё одну проблему, которая появляется в результате неэффективного уплотнения, в основном при остановке машины.

Вода, кислота и различные моющие средства ухудшают качество смазочных материалов, что приводит к коррозии.

Попадая в подшипник, вода, кислота или моющее средство оказывают отрицательное воздействие на способность смазочного материала защищать стальные поверхности от окисления. В результате при простое машины образуется глубокая коррозия.

Со временем чрезмерная влага образует в смазочном материале кислоту, которая начинает вытравливать чёрные следы на поверхности металла, как показано на **рис. 54**.

При наличии воды и вследствие капиллярного эффекта область рядом с контактной зоной тела качения может подвергаться сильной коррозии (→ **рис. 55**). Эта коррозия проявляется в виде серо-чёрных полос поперёк дорожек качения с интервалами, которые обычно совпадают с расстоянием между телами качения (→ **рис. 56**).

Рис. 54

Следы кислотного травления в сферическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Химическая/влажная коррозия

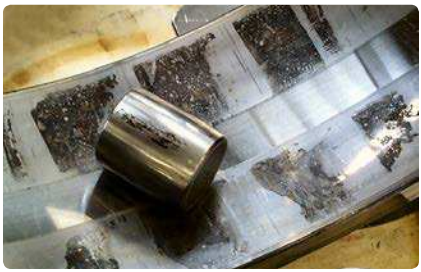


Рис. 55

Травление зоны контакта смесью воды и масла (капиллярный эффект)
Классификация ISO: Химическая/влажная коррозия

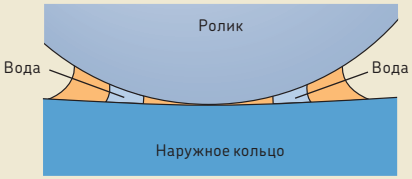


Рис. 56

Коррозионные полосы, вызванные присутствием воды в смазочном материале
Классификация ISO: Химическая/влажная коррозия

После продолжительного простоя, в течение которого вода, кислота или моющие средства ухудшили способность смазочного материала защищать стальную поверхность, вся поверхность колец и тел качения может оказаться корродированной (→ **рис. 57** и **58**).

Рис. 57

Ржавчина на наружном кольце сферического роликоподшипника, вызванная воздействием влаги во время длительного простоя
Классификация ISO: Химическая/влажная коррозия

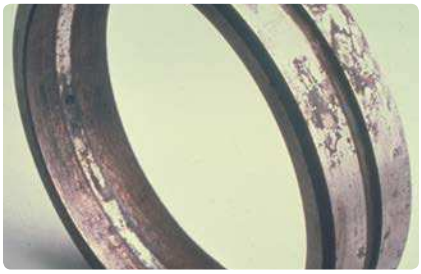


Рис. 58

Ржавчина на ролике сферического роликоподшипника, вызванная воздействием влаги во время длительного простоя
Классификация ISO: Химическая/влажная коррозия

Вибрация

Вибрация, преимущественно во время простоя оборудования, является ещё одной причиной повреждения подшипника. Вибрация может повредить вспомогательное или резервное оборудование, расположенное рядом с работающей машиной. Уровень вибрации тел качения в подшипниках зависит от расстояния между резервным и работающим оборудованием. В зависимости от уровня и частоты вибрации, состояния смазочного материала и нагрузки имеет место комбинация коррозии и износа, образующих мелкие вмятины на дорожке качения.

Вмятины, расположенные с интервалом, равным расстоянию между телами качения, часто изменяют цвет (на красноватый) или блестят (сферические вмятины в шарикоподшипниках, линии в роликоподшипниках).

На глубину повреждения значительно влияют уровень и продолжительность вибрации, а также внутренний зазор в подшипнике. Роликоподшипники более чувствительны к этому типу повреждения, чем шарикоподшипники.

На **рис. 59** показан результат повреждения вибрацией самоустанавливающегося шарикоподшипника в неработающем резервном узле. На **рис. 60** показан аналогичный результат для тороидального роликоподшипника CARB, продолжительное время пребывавшего в неподвижном состоянии. На **рис. 61** показано ложное бринеллирование наружного кольца цилиндрического роликоподшипника. Подшипник был установлен в электродвигателе вспомогательного оборудования. Имели место несколько остановок и запусков. При каждом простое происходило повреждение от вибрации. На дорожке наблюдаются несколько групп повреждений в виде желобков на расстоянии шага роликов. Тремя стрелками отмечено наиболее сильное повреждение (на расстоянии шага роликов), возникшее во время продолжительного простоя.

Рис. 59

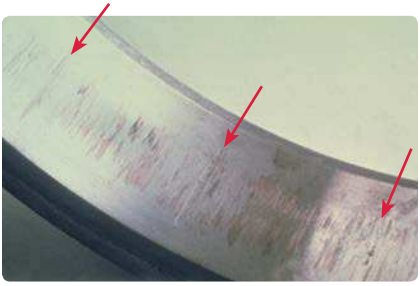
Следы повреждения вибрацией самоустанавливающегося шарикоподшипника, установленного в резервный узел
Классификация ISO: Ложное бринеллирование

Рис. 60

Следы повреждения вибрацией тороидального роликоподшипника CARB во время длительного простоя
Классификация ISO: Ложное бринеллирование

Рис. 61

Следы повреждения вибрацией цилиндрического роликоподшипника, установленного во вспомогательном оборудовании
Классификация ISO: Ложное бринеллирование



Перекосы подшипника при работе

Перекосы колец в процессе работы подшипника возникают от прогиба вала под тяжёлыми нагрузками или при изменении амплитуды нагрузки во время работы (дисбалансная нагрузка). При наличии относительного перекоса колец подшипника, плоскость зоны нагружения не параллельна плоскостям, проходящим через дорожки качения (→ **рис. 9** на **стр. 297**). В результате возникает дополнительная осевая нагрузка, которая может способствовать преждевременному усталостному трещинообразованию. На **рис. 62** показано наружное кольцо двухрядного бессепараторного цилиндрического роликоподшипника типа NNCF. Торец наружного кольца почти полностью разрушен усталостными трещинами (изломами) от действия осевых нагрузок, возникающими при изгибе вала.

Рис. 62

Усталостные трещины на торце наружного кольца в двухрядном бессепараторном цилиндрическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Усталостные трещины

Прохождение электрического тока через подшипник

Повреждение по причине прохождения тока высокого напряжения описывается в разделе *«Высокое напряжение на подшипнике»* на **стр. 307**.

Однако повреждение током может возникнуть даже от прохождения тока сравнительно небольшой силы. Паразитные электрические токи могут быть вызваны одной из следующих причин: частотные преобразователи, несимметричное питание, конструкция двигателя, несимметричные кабели, заземление и приводные механизмы. Сначала поверхность повреждается неглубокими кавернами, близко расположенными друг к другу и настолько малыми, что для их обнаружения требуется увеличение поверхности (→ **рис. 63** и **64**).

Изменение структуры материала показано на срезе с приблизительным коэффициентом увеличения 500 × (→ **рис. 65**). Белая зона означает, что материал был повторно закалён, как правило, до твёрдости 66–68 HRC. Этот материал является очень твёрдым и хрупким. Под белой закалённой зоной находится черный слой (высокотемпературный отпуск), который мягче окружающего материала подшипника (56–57 HRC).

Рис. 63

Прохождение тока: малые каверны можно наблюдать при коэффициенте увеличения 500 ×.
Классификация ISO: Прохождение тока

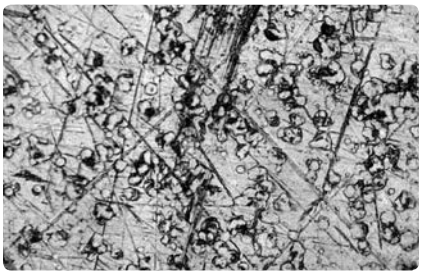


Рис. 64

Каверны (коэффициент увеличения 1000 ×)
Классификация ISO: Прохождение тока

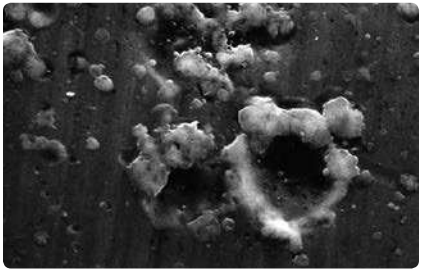
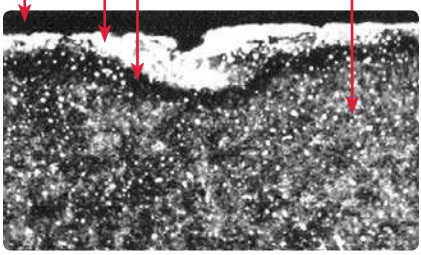


Рис. 65

Изменение структуры материала: срез кольца подшипника при коэффициенте увеличении 500 ×
Классификация ISO: Прохождение тока



Степень повреждения зависит от ряда факторов: тип подшипника, сила тока (амперы), продолжительность воздействия, нагрузка на подшипник, зазор в подшипнике, частота вращения и смазочный материал. За определённый промежуток времени каверны превращаются в поперечные борозды (также называемые «эффектом стиральной доски» → **рис. 66** и **67**), параллельные оси роликов. Они могут достигать значительной глубины, производя шум и вибрацию во время работы. В итоге подшипник выходит из строя вследствие усталости металла. Кроме следов поперечных вмятин на кольцах и роликах подшипника имеются ещё два признака, указывающих на повреждение, вызванное прохождением паразитных электрических токов: тёмно-серое матовое обесцвечивание тел качения (→ **рис. 68**) и мелкозернистое матовое потемнение зоны нагружения. Смазка на перемычках сепаратора становится чёрной (обугливается) (→ **рис. 69**).

Повреждение током также может происходить из-за статического электричества в результате движения ремней или технологических продуктов, например, кожи, бумаги, ткани или резины. Эти паразитные токи проходят через вал и подшипник на землю. Когда ток пробивает масляную плёнку между телами и дорожками качения, возникает микроскопическая электрическая дуга.

Рис. 66

Поперечные борозды («стиральная доска») на ранней стадии в сферическом роликоподшипнике
Классификация ISO: Прохождение тока

Рис. 67

Борозды на позднем этапе развития повреждения в радиальном шарикоподшипнике
Классификация ISO: Прохождение тока

Рис. 68

Слева: шарик матового цвета из-за прохождения тока
Справа: нормальный шарик
Классификация ISO: Прохождение тока

Рис. 69

Подгоревшая смазка на перемычках сепаратора
Классификация ISO: Прохождение тока

ПРИМЕЧАНИЕ: Во избежание повреждения электрическим током компания SKF рекомендует использовать токоизолирующие подшипники: гибридные подшипники или подшипники INSOCOAT. Детектор-карандаш электрических разрядов SKF помогает установить наличие утечек электрического разряда в подшипниках качения.

SKF

Поддержка в области техобслуживания

Введение **326**

Обучение **326**
Институт надёжности и технического обслуживания SKF (RMI) 326
Аудиторное обучение 326
Обучение по специальным требованиям 326
Институт надёжности и технического обслуживания SKF (RMI-online) 327
SKF @ptitude Exchange. 327
SKF @ptitude Decision Support 327

Корректировка стратегии техобслуживания **328**
Анализ потребностей клиентов SKF 328
Интегрированные решения по техобслуживанию 329

Управление энергосбережением и устойчивым развитием **329**
Услуги SKF в области мониторинга энергопотребления 329
Карты осведомлённости производственного персонала 330

Услуги по техобслуживанию оборудования **330**

Ремонт и восстановление **331**
Услуги SKF в области восстановления . . . 331
Услуги SKF для станочного оборудования 331

Авторизованные дистрибьюторы SKF . . **331**
Сертифицированные партнёры SKF по техобслуживанию 331
Сертифицированные партнёры SKF по ремонту электродвигателей 331

Введение

Для поддержки клиентов в области техобслуживания оборудования компания SKF предлагает широкий выбор услуг по организации процесса техобслуживания, его анализу и совершенствованию.

В этом разделе приведён краткий обзор этих услуг. Полная информация представлена на сайте www.skf.ru.

Обучение

Качественное обучение обеспечит получение необходимых знаний для обслуживания и оптимизации производственных активов, позволит сократить затраты на техобслуживание и повысить надёжность и производительность оборудования.

Компания SKF предлагает различные варианты обучения — от индивидуального обучения на местах до интерактивных курсов, которые можно изучать в собственном темпе и в удобное время.

Также SKF разработала полный перечень учебных курсов, охватывающих обучение персонала в области надёжности оборудования от базового до экспертного уровня.

Независимо от вида промышленного оборудования или типа машины, компания SKF поможет клиенту повысить эффективность управления производственными активами.

Институт надёжности и технического обслуживания SKF (RMI)

Институт надёжности и технического обслуживания SKF (RMI) предлагает широкий выбор учебных курсов для различных уровней квалификации инженерно-технического и управленческого персонала. В наличии представлен полный перечень учебных курсов, которые охватывают все аспекты техобслуживания и надёжности оборудования — от базовых знаний по смазыванию подшипников до выбора стратегии техобслуживания и управления производственными активами.

Аудиторное обучение

Традиционное аудиторное обучение, проводится на технической базе SKF, но по запросу может проводиться на предприятии клиента. В рамках такого обучения организуется выезд специалистов SKF на ваше предприятие, которые выполнят экспертную оценку оборудования и проведут соответствующий тренинг.

Большинство курсов завершается сертификационными тестами. Слушатели, успешно прошедшие тесты, становятся обладателями именного сертификата SKF по соответствующему курсу.

Обучение по специальным требованиям

Компания SKF разрабатывает специализированные программы обучения для отдельных компаний в соответствии с их специфическими требованиями. Для повышения квалификации персонала в области технического обслуживания оборудования специалисты RMI проводят оценку квалификации персонала, чтобы определить объём и содержание необходимого обучения, разработать материалы курсов и предложить график обучения.

Институт надёжности и технического обслуживания SKF (RMI-online)

Институт надёжности и технического обслуживания SKF предлагает широкий выбор онлайн-курсов для начального уровня, охватывающих большое количество тем. Это расширяет возможности самообучения и позволяет слушателям обучаться в удобное для них время. Интерактивные курсы RMI дают участникам возможность взаимодействовать друг с другом и преподавателями. Функция «обратиться к специалисту» предоставляет слушателям прямой доступ к обширной сети специалистов SKF, что повышает эффективность обучения.

По аналогии с аудиторным обучением структура онлайн-курсов отражает процесс оптимизации производственных активов от SKF. По завершении курса каждый слушатель может пройти тест для оценки уровня полученных знаний. Все успешные слушатели могут самостоятельно распечатать свои сертификаты.

SKF @ptitude Exchange

SKF @ptitude Exchange является интерактивной базой знаний SKF по техобслуживанию и надёжности оборудования с акцентом на трёх ключевых аспектах:

- Управление производственными активами, например, оптимизация процесса техобслуживания и логистика
- Техобслуживание механизмов, например, балансировка, выверка и смазывание
- Инжиниринг обеспечения надёжности, например, техобслуживание по фактическому состоянию, анализ вибраций и способы контроля

Сайт SKF @ptitude Exchange является банком знаний в области техобслуживания и надёжности, предоставляя богатый выбор высококачественной технической информации для закрепления знаний, полученных в ходе учебных курсов. Зарегистрированным пользователям за дополнительную плату доступны технические описания, статьи, учебные пособия и многое другое, а также возможен доступ к многочисленным расчётным программам и интерактивным услугам, включая:

- LubeSelect — выбор смазочного материала
- LuBase — база данных по смазочным материалам
- SKF.ru/mount — подробные инструкции по монтажу подшипников, корпусов и узлов
- Форум @ptitude Exchange — консультации со специалистами по техобслуживанию и надёжности

Для некоторых программ требуется подписка.

SKF @ptitude Decision Support

SKF @ptitude Decision Support — система управления знаниями, которая включает в себя самые передовые современные технологии для интегрирования данных из многочисленных источников в удобном для использования приложении по техобслуживанию и обеспечению надёжности. Она помогает пользователям принимать правильные и своевременные решения, обеспечивая структурный подход к поиску и применению знаний.

Корректировка стратегии техобслуживания

Каким образом можно повысить производительность предприятия? Должно ли предприятие соответствовать отраслевым стандартам на более высоком уровне? Как обеспечить непрерывное совершенствование процессов техобслуживания на производстве?

Это актуальные вопросы. При этом поиск правильных решений и их внедрение могут оказаться непростыми. На фоне ежедневных проблем и ограничений во времени, определение и достижение возможностей улучшения кажутся невозможными. Однако компания SKF может оказать содействие клиентам по данным вопросам.

Для успешного развития следует убедиться в том, что выбранная стратегия техобслуживания и её практическая реализация хорошо согласованы для достижения желаемых результатов. Работая совместно с персоналом клиента, специалист-консультант SKF предложит технические средства, методики, обучение и руководство для достижения этих целей.

Компания SKF может выполнить анализ вашей стратегии техобслуживания в соответствии со стандартами вашей отрасли и подготовить отчёт с рекомендациями. После того, как клиент примет решение о практическом внедрении этих рекомендаций, компания SKF может оказать поддержку на каждом этапе их реализации, предоставив соответствующие знания, методики и обучение, необходимые персоналу предприятия для достижения поставленных целей.

В качестве альтернативы компания SKF по запросу клиента может внедрить программы по техобслуживанию оборудования, предоставив экспертный опыт, специалистов и оборудование, которые необходимы для получения взаимно согласованных результатов.

Анализ потребностей клиентов SKF

Отправной точкой в оценке эффективности существующей на предприятии стратегии техобслуживания может быть внедрение программы анализа потребностей клиента компании SKF. Эта услуга фокусируется на стратегиях управления производственными активами и/или на взаимосвязанных вопросах эффективного использования энергии и устойчивого развития предприятия.

Разработка комплексной стратегии управления производственными активами, основанная на оценке рисков и надёжности, начинается с понимания текущего уровня развития и достижимых целей оптимальной производительности. Программа анализа потребностей клиентов SKF обеспечивает это понимание путём совмещения нашего опыта надёжного техобслуживания с вашими знаниями конкретных производственных условий. Цель состоит в предоставлении полезной практической информации, помогающей сфокусироваться на заслуживающих доверия способах повышения производительности.

Программа анализа потребностей клиентов SKF обеспечивает понимание текущей ситуации на предприятии, а также предлагает на рассмотрение отраслевые аспекты техобслуживания и обеспечения надёжности для выполнения уникального анализа, основанного на потребностях клиента.

После того, как мы ознакомимся с мерами по обеспечению надёжности при техобслуживании, принятыми на вашем предприятии, мы поможем вам разработать план действий по решению самых насущных проблем.

Комплексное техобслуживание

Основой комплексного техобслуживания (IMS) является партнёрство, при котором компания SKF отвечает за создание и внедрение вашей стратегии управления производственными активами с конечной целью повышения надёжности и рентабельности вашего предприятия. Заключив контракт на комплексное техобслуживание (IMS), компания SKF становится частью вашей рабочей команды. Мы поставляем подшипники, уплотнения и смазочные материалы, а также управляем процессом техобслуживания вашего оборудования. Мы сотрудничаем с вами, совмещая богатый опыт и компетенции в управлении производственными активами со знаниями в области техобслуживания оборудования с узлами вращения для того, чтобы максимально повысить доходность ваших инвестиций.

Основные преимущества:

- повышение надёжности и увеличение времени безотказной работы оборудования
- управление совокупной стоимостью владения и контроль над расходами на техобслуживание и ремонт
- совершенствование процедур техобслуживания, повышение надёжности и квалификации персонала
- отсутствие капиталовложений в технологию и производственные запасы
- своевременные поставки и контроль над расходами по техобслуживанию, ремонту и эксплуатации
- выгодное использование технических ресурсов компании SKF

Управление энергосбережением и устойчивым развитием

Эффективность энергопотребления является хорошим признаком надёжности таких производственных мощностей как, например, насосы. Несмотря на то, что эффективность энергопотребления может быть хорошим признаком надёжности, её невозможно использовать для прогнозирования и определения технических аспектов при техобслуживании. Поэтому программы SKF по управлению энергосбережением и программы по мониторингу

состояния оборудования, при их совместной реализации, позволяют получить максимальные преимущества и экономию затрат.

Услуги SKF в области мониторинга энергопотребления

Компания SKF предлагает услуги по мониторингу энергопотребления для систем сжатого воздуха и насосов. Обе услуги могут помочь вам определить возможности для сокращения энергозатрат и улучшения экологических характеристик. Преимущества включают в себя:

- экономия затрат — за счёт определения возможностей для оптимизации системы и снижения энергозатрат
- экспертное управление программами — профессиональный сбор данных и анализ с рекомендациями относительно корректирующих действий, повышающих эффективность системы
- лучшая практика — сочетание технологий мониторинга состояния SKF и маршрутных проверок с передовыми отраслевыми методами контроля и расчёта энергетических потерь и выбросов CO_2
- «обеспечение надёжности оператором» — применение проверенных инструментов, приборов и методик для привлечения операторов и управленческого персонала предприятия к деятельности по сбережению и управлению энергоресурсами
- интеграция — сочетание данных по энергопотреблению и существующих программ мониторинга состояния для сбора, анализа данных и составления отчётов
- гибкое управление ресурсами — выполняется собственным персоналом после обучения в компании SKF или персоналом SKF по контракту предоставления услуг на местах

Карты осведомлённости производственного персонала

Опыт Министерства энергетики США подсказывает, что программа всеобъемлющей осведомлённости способствует сокращению потребления энергии на 5 % без существенных капиталовложений.

Карты осведомлённости персонала в энергосбережении и устойчивом развитии от компании SKF предоставляют менеджерам возможность и средства для обсуждения со своими командами вопросов энергосбережения и устойчивого развития таким образом, чтобы всякий раз поощрялись отзывы и идеи, связанные с энергосбережением.

Подобно тому, как во многих компаниях каждое собрание начинается с обсуждения безопасности, карты осведомлённости персонала дают возможность на каждом собрании посвятить «одну минуту обсуждению энергетического вопроса». В картах специальные темы энергосбережения и устойчивого развития представлены не техническими терминами, что делает эти вопросы понятными и доступными для всего персонала. Они применяются не в качестве программы расширенного обучения персонала, а для постоянного напоминания всем сотрудникам об энергосбережении и устойчивом развитии предприятия.

Услуги по техобслуживанию оборудования

Поскольку оборудование становится всё более сложным для техобслуживания ввиду технического прогресса, ужесточения экологических норм и правил техники безопасности, всё большему количеству компаний требуется помощь в организации и проведении техобслуживания. Компания SKF предлагает широкий выбор услуг по техобслуживанию оборудования различного назначения, помогая клиентам достигать целей техобслуживания. К этим услугам относятся:

- установка машины
- точная выверка узлов и механизмов
- трёхмерные измерения
- механическая обработка на месте эксплуатации
- точная балансировка
- монтаж и демонтаж подшипников
- решения в области смазывания

Ремонт и восстановление

Услуги SKF в области восстановления

Восстановление подшипников способствует увеличению срока их службы, сокращению затрат на техобслуживание и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Компания SKF располагает глобальной сетью современных сервисных центров, предоставляющих доступ к возможностям восстановления подшипников на уровне мировых стандартов. Для ремонта и восстановления подшипников мы используем материалы, методы и оборудование такого же качества, как и при их производстве, благодаря чему вы можете быть полностью уверены в том, что подшипники и сопряжённые компоненты (например, корпуса) обслуживаются на таком же уровне качества, в соответствии с такими же технологическими процессами и с использованием таких же инструментов, как оригинальные, независимо от того, в какой точке мира вы находитесь.

Чтобы определить пригодность подшипников для восстановления, обращайтесь в региональное представительство SKF.

Услуги SKF для станочного оборудования

Компания SKF является крупнейшим в мире поставщиком услуг по ремонту и модернизации шпинделей и предоставляет широкий спектр узкоспециализированных экспертных услуг — от технического совершенствования конструкции до анализа, ремонта и замены шпинделей.

Авторизованные дистрибьюторы SKF

Компания SKF уделяет большое внимание развитию и поддержке дистрибьюторской сети, предоставляя своим клиентам выгодные условия. Это означает, что пользователи продукции SKF могут рассчитывать на быструю доставку, опытный совет и расширенный сервис со стороны дистрибьюторов SKF.

Наша глобальная дистрибьюторская сеть обеспечивает доступность продукции и услуг SKF практически в любой точке мира. Сочетание глобальных знаний SKF и опыта региональных дистрибьюторов является мощной

ресурсной базой для заинтересованных сторон в обеспечении техобслуживания и надёжности производственного оборудования.

Чтобы найти Авторизованных дистрибьюторов SKF, посетите сайт www.skf.ru.

Сертифицированные партнёры SKF по техобслуживанию

Сертифицированные партнёры SKF по техобслуживанию являются Авторизованными дистрибьюторами SKF, прошедшими углублённое обучение в области надёжности оборудования. Они могут помочь при мониторинге состояния и прогнозировании отказов машины, а также предоставить решения по снижению расходов.

Сертифицированные партнёры SKF по ремонту электродвигателей

Сертифицированные партнёры SKF по ремонту электродвигателей располагают экспертными знаниями, ресурсами и точными процедурами, способствующими увеличению срока службы, повышению надёжности, производительности и рентабельности двигателей. Для получения статуса сертифицированного партнёра SKF специализированные мастерские по ремонту электродвигателей должны отвечать самым жёстким требованиям.

Приложения

Приложение A: Рекомендуемые посадки **334**
A-1 Посадки для сплошных стальных валов (для радиальных подшипников с цилиндрическим отверстием) 334
A-2 Посадки для сплошных стальных валов (для упорных подшипников) 336
A-3 Посадки для неразъёмных чугунных и стальных корпусов (для радиальных подшипников) 336
A-4 Посадки для разъёмных или неразъёмных чугунных и стальных корпусов (для радиальных подшипников) 337
A-5 Посадки для чугунных и стальных корпусов (для упорных подшипников) 337

Приложение B: Допуски для валов и корпусов **338**
B-1 Допуски валов и результирующие посадки (метрические) 338
B-2 Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические) 350
B-3 Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые) 360
B-4 Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые) 372
B-5 Отклонения изменённого диаметра валов для использования с дюймовыми подшипниками 382
B-6 Отклонения изменённого диаметра посадочного отверстия в корпусах для использования с дюймовыми подшипниками 383
B-7 Допуски диаметра и формы валов для монтажа на втулке 384

Приложение C: Квалитеты точности по ISO **385**

Приложение D: Точность посадочных мест подшипников **386**
D-1 Точность формы и положения посадочных мест подшипников 386
D-2 Шероховатость поверхности посадочных мест подшипников 387
D-3 Размеры галтелей с проточками 387

Приложение E: Внутренний зазор в подшипниках **388**
E-1 Радиальный внутренний зазор радиальных шарикоподшипников 388
E-2 Осевой внутренний зазор радиально-упорных шарикоподшипников для универсального монтажа 389
E-3 Осевой преднатяг радиально-упорных шарикоподшипников для универсального монтажа 389
E-4 Осевой внутренний зазор двухрядных радиально-упорных шарикоподшипников 390
E-5 Осевой внутренний зазор шарикоподшипников с четырёхточечным контактом 391
E-6 Радиальный внутренний зазор самоустанавливающихся шарикоподшипников 392
E-7 Радиальный внутренний зазор цилиндрических и игольчатых роликоподшипников 393
E-8 Осевой внутренний зазор цилиндрических роликоподшипников типа NUP 394
E-9 Осевой внутренний зазор цилиндрических роликоподшипников типа NJ + HJ 395
E-10 Осевой внутренний зазор спаренных однорядных метрических конических роликоподшипников 396

E-11 Радиальный внутренний зазор сферических роликоподшипников с цилиндрическим отверстием . . . 397
E-12 Радиальный внутренний зазор сферических роликоподшипников с коническим отверстием . . . 398
E-13 Радиальный внутренний зазор тороидальных роликоподшипников CARB с цилиндрическим отверстием . . . 399
E-14 Радиальный внутренний зазор тороидальных роликоподшипников CARB с коническим отверстием . . . 400
E-15 Радиальный внутренний зазор подшипников типа Y . . . 401

Приложение F: Рекомендуемые значения монтажного осевого смещения, уменьшения радиального внутреннего зазора и угла затяжки стопорной гайки . . . 402
F-1 Величины монтажного осевого смещения для самоустанавливающихся шарикоподшипников с коническим отверстием . . . 402
F-2 Величины монтажного осевого смещения для сферических роликоподшипников с коническим отверстием . . . 403
F-3 Величины монтажного осевого смещения для тороидальных роликоподшипников CARB с коническим отверстием . . . 404

Приложение G: Рекомендуемые значения для подготовки сопряжённых компонентов для применения метода гидрораспора . . . 405
G-1 Рекомендуемые размеры маслоподводящих каналов и распределительных канавок . . . 405
G-2 Конструкция и рекомендуемые размеры резьбовых отверстий для подсоединения маслопроводов . . . 405

Приложение H: Рекомендуемые значения для использования метода точного монтажа SKF Drive-up . . . 406
H-1 Рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа самоустанавливающихся шарикоподшипников . . . 406
H-2 Рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа сферических роликоподшипников . . . 407
H-3 Рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа тороидальных роликоподшипников CARB . . . 412

Приложение I: Эквиваленты вязкости масла и классы вязкости ISO . . . 414
I-1 Эквиваленты вязкости . . . 414
I-2 Классы вязкости ISO . . . 415

Приложение J: Обзор инструментов и продукции SKF для монтажа . . . 416

Приложение K: Обзор оборудования SKF для выверки . . . 419

Приложение L: Обзор инструментов и продукции SKF для смазывания . . . 420

Приложение M: Пластичные смазки SKF и карта выбора пластичных смазок . . . 423

Приложение N: Обзор инструментов SKF для базового мониторинга состояния . . . 432

Приложение O: Обзор инструментов и продукции SKF для демонтажа . . . 435

Приложение P: Таблица перевода единиц измерения . . . 437

Посадки для сплошных стальных валов (для радиальных подшипников с цилиндрическим отверстием)

Условия	Примеры	Диаметр вала, мм				Допуск
		Шарикоподшипники[1]	Цилиндрические роликоподшипники	Конические роликоподшипники	CARB и сферические роликоподшипники	
Вращающаяся нагрузка на внутреннее кольцо или нагрузка в произвольном направлении						
Лёгкие и переменные нагрузки (P ≤ 0,05 C)	Подшипники конвейеров и легконагруженных редукторов	≤ 17	–	–	–	js5 (h5)[2]
		(17)–100	≤ 25	≤ 25	–	j6 (j5)[2]
		(100)–140	(25)–60	(25)–60	–	k6
		–	(60)–140	(60)–140	–	m6
Средние и тяжёлые нагрузки (P > 0,05 C)	Стандартные области применения подшипников, электродвигатели, турбины, насосы, редукторы, деревообрабатывающее оборудование	≤ 10	–	–	–	js5
		(10)–17	–	–	–	j5 (js5)[2]
		(17)–100	–	–	< 25	k5[3]
		–	≤ 30	≤ 40	–	k6
		(100)–140	(30)–50	–	25–40	m5
		(140)–200	–	(40)–65	–	m6
		–	(50)–65	–	(40)–60	n5[4]
		(200)–500	(65)–100	(65)–200	(60)–100	n6[4]
		–	(100)–280	(200)–360	(100)–200	p6[5]
		> 500	–	–	–	p7[4]
		–	(280)–500	(360)–500	(200)–500	r6[4]
		–	> 500	> 500	> 500	r7[4]
Тяжёлые, очень тяжёлые и ударные нагрузки в сложных условиях эксплуатации (P > 0,1 C)	Буксы для большегрузного железнодорожного транспорта, тяговые двигатели, прокатные станы, ветряные турбины	–	(50)–65	–	(50)–70	n5[4]
		–	(65)–85	(50)–110	–	n6[4]
		–	(85)–140	(110)–200	(70)–140	p6[6]
		–	(140)–300	(200)–500	(140)–280	r6[7]
		–	(300)–500	–	(280)–400	$s6_{мин.} \pm IT6/2$[6][8]
		–	> 500	> 500	> 400	$s7_{мин.} \pm IT7/2$[6][8]
Высокие требования к точности вращения, лёгкие нагрузки (P ≤ 0,05 C)[10]	Станки	8–240	–	–	–	js4
		–	25–40	25–40	–	js4 (j5)[9]
		–	(40)–140	(40)–140	–	k4 (k5)[9]
		–	(140)–200	(140)–200	–	m5
		–	(200)–500	(200)–500	–	n5
Неподвижная нагрузка на внутреннее кольцо						
Желательно обеспечить лёгкое осевое перемещение внутреннего кольца на валу	Колёса на неподвижных осях					g6[11]
Лёгкое осевое перемещение внутреннего кольца не является обязательным	Натяжные ролики, шкивы для канатов					h6
Только осевые нагрузки	Все области применения подшипников	≤ 250	–	≤ 250	≤ 250	j6
		> 250	–	> 250	> 250	js6

Приложение A-1

1) Для шарикоподшипников, работающих при нормальных и тяжёлых нагрузках, зачастую требуется радиальный внутренний зазор больше, чем нормальный, если используются допуски для вала, перечисленные выше. Если радиальный зазор превышает нормальный, но рабочие условия таковы, что для предотвращения проскальзывания внутреннего кольца требуется более плотная посадка, следует использовать следующие допуски:
   - k4 для валов диаметром 10–17 мм
   - k5 для валов диаметром (17)–25 мм
   - m5 для валов диаметром (25)–140 мм
   - n6 для валов диаметром (140)–300 мм
   - p6 для валов диаметром (300)–500 мм

   За дополнительной информацией обращайтесь в техническую службу компании SKF.
2) Допуск, указанный в скобках, относится к подшипникам из нержавеющей стали.
3) Для подшипников из нержавеющей стали с диаметром 17–30 мм применим допуск j5.
4) Может потребоваться использование подшипников с радиальным внутренним зазором больше нормального.
5) Для d ≤ 150 мм рекомендуются подшипники с радиальным внутренним зазором больше нормального. Для d > 150 мм могут потребоваться подшипники с радиальным внутренним зазором больше нормального.
6) Рекомендуются подшипники с радиальным внутренним зазором больше нормального.
7) Может потребоваться использование подшипников с радиальным внутренним зазором больше нормального. Для цилиндрических роликоподшипников рекомендуется радиальный внутренний зазор больше нормального.
8) Значения допусков приведены на сайте www.skf.ru. Их также можно получить в технической службе компании SKF.
9) Допуск в скобках относится к коническим роликоподшипникам. Для конических роликоподшипников, работающих с лёгкой нагрузкой, которые регулируются за счёт перемещения внутреннего кольца, следует использовать допуск js5 или js6
10) Для высокой точности вращения требуются подшипники с более высокой точностью, чем точность нормального класса. Допуски на размеры отверстий и наружного диаметра подшипников являются более жёсткими, что влияет на предполагаемую величину посадки. Соответствующие значения можно узнать в технической службе SKF.
11) В целях облегчения осевого перемещения для крупногабаритных подшипников, можно применять допуск на изготовление вала f6.

Приложение A-2

Посадки для сплошных стальных валов (для упорных подшипников)

Условия	Диаметр вала, мм	Допуск
Только осевые нагрузки		
Упорные шарикоподшипники	–	h6
Упорные цилиндрические роликоподшипники	–	h6 (h8)
Комплекты цилиндрических роликов с сепаратором	–	h8
Комбинированные радиальные и осевые нагрузки на упорные сферические роликоподшипники		
Неподвижная нагрузка на тугое кольцо	≤ 250	j6
	> 250	js6
Вращающаяся нагрузка на тугое кольцо или нагрузка в произвольном направлении	≤ 200	k6
	(200)–400	m6
	> 400	n6

Приложение A-3

Посадки для неразъёмных чугунных и стальных корпусов (для радиальных подшипников)

Условия	Примеры	Допуск[1]	Смещение наружного кольца
Вращающаяся нагрузка на наружное кольцо			
Тяжёлые нагрузки на подшипники в тонкостенных корпусах, тяжёлые ударные нагрузки (P > 0,1 C)	Ступичные роликоподшипниковые узлы автомобильных колёс, подшипники нижней головки шатуна	P7	Не допускается
Средние и тяжёлые нагрузки (P > 0,05 C)	Ступичные роликоподшипниковые узлы автомобильных колёс, подшипники нижней головки шатуна, колёс самоходных кранов	N7	Не допускается
Лёгкие и переменные нагрузки (P ≤ 0,05 C)	Конвейерные ролики, канатные шкивы, натяжители ремней	M7	Не допускается
Произвольное направление нагрузки			
Тяжёлые ударные нагрузки	Тяговые электродвигатели	M7	Не допускается
Средние и тяжёлые нагрузки (P > 0,05 C), осевое смещение наружного кольца необязательно	Электродвигатели, насосы, подшипники коленчатых валов	K7	В большинстве случаев смещение не допускается
Точное или малошумное вращение[2]			
Шарикоподшипники	Малогабаритные электродвигатели	J6[3]	Не допускается
Конические роликоподшипники	При регулировке за счёт перемещения наружного кольца	JS5	–
	Осевая фиксация наружного кольца	K5	–
	Вращающаяся нагрузка на наружное кольцо	M5	–

[1] Для шарикоподшипников с D ≤ 100 мм квалитет допусков IT6 часто является предпочтительным и рекомендуется для подшипников с тонкостенными кольцами, напр., серий диаметров 7, 8 или 9. Для этих серий также рекомендуется квалитет допусков цилиндричности IT4.
[2] Для прецизионных подшипников с классом точности P5 или выше также применимы другие рекомендации. Дополнительная информация представлена на сайте www.skf.ru.
[3] Если требуется лёгкое осевое смещение, используйте допуск H6.

Приложение A-4

Посадки для разъёмных и неразъёмных чугунных и стальных корпусов (для радиальных подшипников)

Условия	Примеры	Допуск[1]	Смещение наружного кольца
Произвольное направление нагрузки			
Лёгкие и средние нагрузки (P ≤ 0,1 C), желательно осевое смещение наружного кольца	Среднегабаритные электродвигатели и генераторы, насосы, подшипники коленчатых валов	J7	В большинстве случаев смещение допускается, но возможно возникновение осевых нагрузок
Неподвижная нагрузка на наружное кольцо			
Все виды нагрузки	Общее машиностроение, железнодорожные буксы	H7[2]	В большинстве случаев смещение допускается
Лёгкие и средние нагрузки (P ≤ 0,1 C) при нормальных рабочих условиях	Общее машиностроение	H8	Допускается
Тепловое расширение вала	Сушильные цилиндры, крупногабаритные электрические машины со сферическими роликоподшипниками	G7[3]	Допускается

[1] Для шарикоподшипников с D ≤ 100 мм зачастую предпочтителен квалитет допусков IT6, который обычно рекомендуется для подшипников с тонкостенными кольцами, например, с сериями диаметров 7, 8 или 9. Для этих серий также рекомендуется квалитет допусков цилиндричности IT4.
[2] Для крупногабаритных подшипников (D > 250 мм) или при разнице температур между наружным кольцом и корпусом > 10 °C следует использовать допуск G7 вместо допуска H7.
[3] Для крупногабаритных подшипников (D > 250 мм) или при разнице температур между наружным кольцом и корпусом > 10 °C следует использовать допуск F7 вместо допуска G7.

Приложение A-5

Посадки для чугунных и стальных корпусов (для упорных подшипников)

Условия	Допуск	Примечания
Только осевые нагрузки		
Упорные шарикоподшипники	H8	Для менее точных конструкций подшипниковых узлов допускается радиальный зазор до 0,001 D
Упорные цилиндрические роликоподшипники	H7 (H9)	
Комплекты цилиндрических роликов с сепаратором	H10	
Упорные сферические роликоподшипники, где радиальная фиксация осуществляется отдельными подшипниками	–	Свободное кольцо должно устанавливаться с достаточным радиальным зазором, чтобы исключить воздействие радиальной нагрузки на упорные подшипники
Комбинированные радиальные и осевые нагрузки на упорные сферические роликоподшипники		
Неподвижная нагрузка на свободное кольцо	H7	Дополнительная информация представлена на сайте www.skf.ru
Вращающаяся нагрузка на свободное кольцо	M7	

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр		Допуск диаметра отверстия		Допуски									
d		Δ_{dmp}		f5		f6		g5		g6		h5	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
–	3	–8	0	–6	–10	–6	–12	–2	–6	–2	–8	0	–4
				–2	+10	–2	+12	–6	+6	–6	+8	–8	+4
				–1	+9	0	+10	–5	+5	–4	+6	–7	+3
3	6	–8	0	–10	–15	–10	–18	–4	–9	–4	–12	0	–5
				+2	+15	+2	+18	–4	+9	–4	+12	–8	+5
				+3	+14	+4	+16	–3	+8	–2	+10	–7	+4
6	10	–8	0	–13	–19	–13	–22	–5	–11	–5	–14	0	–6
				+5	+19	+5	+22	–3	+11	–3	+14	–8	+6
				+7	+17	+7	+20	–1	+9	–1	+12	–6	+4
10	18	–8	0	–16	–24	–16	–27	–6	–14	–6	–17	0	–8
				+8	+24	+8	+27	–2	+14	–2	+17	–8	+8
				+10	+22	+10	+25	0	+12	0	+15	–6	+6
18	30	–10	0	–20	–29	–20	–33	–7	–16	–7	–20	0	–9
				+10	+29	+10	+33	–3	+16	–3	+20	–10	+9
				+12	+27	+13	+30	–1	+14	0	+17	–8	+7
30	50	–12	0	–25	–36	–25	–41	–9	–20	–9	–25	0	–11
				+13	+36	+13	+41	–3	+20	–3	+25	–12	+11
				+16	+33	+17	+37	0	+17	+1	+21	–9	+8
50	80	–15	0	–30	–43	–30	–49	–10	–23	–10	–29	0	–13
				+15	+43	+15	+49	–5	+23	–5	+29	–15	+13
				+19	+39	+19	+45	–1	+19	–1	+25	–11	+9
80	120	–20	0	–36	–51	–36	–58	–12	–27	–12	–34	0	–15
				+16	+51	+16	+58	–8	+27	–8	+34	–20	+15
				+21	+46	+22	+52	–3	+22	–2	+28	–15	+10
120	180	–25	0	–43	–61	–43	–68	–14	–32	–14	–39	0	–18
				+18	+61	+18	+68	–11	+32	–11	+39	–25	+18
				+24	+55	+25	+61	–5	+26	–4	+32	–19	+12
180	250	–30	0	–50	–70	–50	–79	–15	–35	–15	–44	0	–20
				+20	+70	+20	+79	–15	+35	–15	+44	–30	+20
				+26	+64	+28	+71	–9	+29	–7	+36	–24	+14
250	315	–35	0	–56	–79	–56	–88	–17	–40	–17	–49	0	–23
				+21	+79	+21	+88	–18	+40	–18	+49	–35	+23
				+29	+71	+30	+79	–10	+32	–9	+40	–27	+15
315	400	–40	0	–62	–87	–62	–98	–18	–43	–18	–54	0	–25
				+22	+87	+22	+98	–22	+43	–22	+54	–40	+25
				+30	+79	+33	+87	–14	+35	–11	+43	–32	+17
400	500	–45	0	–68	–95	–68	–108	–20	–47	–20	–60	0	–27
				+23	+95	+23	+108	–25	+47	–25	+60	–45	+27
				+32	+86	+35	+96	–16	+38	–13	+48	–36	+18

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал Номинальный диаметр d		Подшипник Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки Допуски									
				f5		f6		g5		g6		h5	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
500	**630**	–50	0	–76	–104	–76	–120	–22	–50	–22	–66	0	–28
				+26	+104	+26	+120	–28	+50	–28	+66	–50	+28
				+36	+94	+39	+107	–18	+40	–15	+53	–40	+18
630	**800**	–75	0	–80	–112	–80	–130	–24	–56	–24	–74	0	–32
				+5	+112	+5	+130	–51	+56	–51	+74	–75	+32
				+17	+100	+22	+113	–39	+44	–34	+57	–63	+20
800	**1 000**	–100	0	–86	–122	–86	–142	–26	–62	–26	–82	0	–36
				–14	+122	–14	+142	–74	+62	–74	+82	–100	+36
				0	+108	+6	+122	–60	+48	–54	+62	–86	+22
1 000	**1 250**	–125	0	–98	–140	–98	–164	–28	–70	–28	–94	0	–42
				–27	+140	–27	+164	–97	+70	–97	+94	–125	+42
				–10	+123	–3	+140	–80	+53	–73	+70	–108	+25
1 250	**1 600**	–160	0	–110	–160	–110	–188	–30	–80	–30	–108	0	–50
				–50	+160	–50	+188	–130	+80	–130	+108	–160	+50
				–29	+139	–20	+158	–109	+59	–100	+78	–139	+29
1 600	**2 000**	–200	0	–120	–180	–120	–212	–32	–92	–32	–124	0	–60
				–80	+180	–80	+212	–168	+92	–168	+124	–200	+60
				–55	+155	–45	+177	–143	+67	–133	+89	–175	+35

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
				Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	нижн.	верх.										
мм		мкм		мкм									
–	3	–8	0	0	–6	0	–14	0	–25	+2	–2	+4	–2
				–8	+6	–8	+14	–8	+25	–10	+2	–12	+2
				–6	+4	–6	+12	–5	+22	–9	+1	–10	0
3	6	–8	0	0	–8	0	–18	0	–30	+3	–2	+6	–2
				–8	+8	–8	+18	–8	+30	–11	+2	–14	+2
				–6	+6	–5	+15	–5	+27	–10	+1	–12	0
6	10	–8	0	0	–9	0	–22	0	–36	+4	–2	+7	–2
				–8	+9	–8	+22	–8	+36	–12	+2	–15	+2
				–6	+7	–5	+19	–5	+33	–10	0	–13	0
10	18	–8	0	0	–11	0	–27	0	–43	+5	–3	+8	–3
				–8	+11	–8	+27	–8	+43	–13	+3	–16	+3
				–6	+9	–5	+24	–5	+40	–11	+1	–14	+1
18	30	–10	0	0	–13	0	–33	0	–52	+5	–4	+9	–4
				–10	+13	–10	+33	–10	+52	–15	+4	–19	+4
				–7	+10	–6	+29	–6	+48	–13	+2	–16	+1
30	50	–12	0	0	–16	0	–39	0	–62	+6	–5	+11	–5
				–12	+16	–12	+39	–12	+62	–18	+5	–23	+5
				–8	+12	–7	+34	–7	+57	–15	+2	–19	+1
50	80	–15	0	0	–19	0	–46	0	–74	+6	–7	+12	–7
				–15	+19	–15	+46	–15	+74	–21	+7	–27	+7
				–11	+15	–9	+40	–9	+68	–17	+3	–23	+3
80	120	–20	0	0	–22	0	–54	0	–87	+6	–9	+13	–9
				–20	+22	–20	+54	–20	+87	–26	+9	–33	+9
				–14	+16	–12	+46	–12	+79	–21	+4	–27	+3
120	180	–25	0	0	–25	0	–63	0	–100	+7	–11	+14	–11
				–25	+25	–25	+63	–25	+100	–32	+11	–39	+11
				–18	+18	–15	+53	–15	+90	–26	+5	–32	+4
180	250	–30	0	0	–29	0	–72	0	–115	+7	–13	+16	–13
				–30	+29	–30	+72	–30	+115	–37	+13	–46	+13
				–22	+21	–18	+60	–17	+102	–31	+7	–38	+5
250	315	–35	0	0	–32	0	–81	0	–130	+7	–16	+16	–16
				–35	+32	–35	+81	–35	+130	–42	+16	–51	+16
				–26	+23	–22	+68	–20	+115	–34	+8	–42	+7
315	400	–40	0	0	–36	0	–89	0	–140	+7	–18	+18	–18
				–40	+36	–40	+89	–40	+140	–47	+18	–58	+18
				–29	+25	–25	+74	–23	+123	–39	+10	–47	+7
400	500	–45	0	0	–40	0	–97	0	–155	+7	–20	+20	–20
				–45	+40	–45	+97	–45	+155	–52	+20	–65	+20
				–33	+28	–28	+80	–26	+136	–43	+11	–53	+8

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
500	**630**	–50	0	0	–44	0	–110	0	–175	–	–	+22	–22
				–50	+44	–50	+110	–50	+175	–	–	–72	+22
				–37	+31	–31	+91	–29	+154	–	–	–59	+9
630	**800**	–75	0	0	–50	0	–125	0	–200	–	–	+25	–25
				–75	+50	–75	+125	–75	+200	–	–	–100	+25
				–58	+33	–48	+98	–45	+170	–	–	–83	+8
800	**1 000**	–100	0	0	–56	0	–140	0	–230	–	–	+28	–28
				–100	+56	–100	+140	–100	+230	–	–	–128	+28
				–80	+36	–67	+107	–61	+191	–	–	–108	+8
1 000	**1 250**	–125	0	0	–66	0	–165	0	–260	–	–	+33	–33
				–125	+66	–125	+165	–125	+260	–	–	–158	+33
				–101	+42	–84	+124	–77	+212	–	–	–134	+9
1 250	**1 600**	–160	0	0	–78	0	–195	0	–310	–	–	+39	–39
				–160	+78	–160	+195	–160	+310	–	–	–199	+39
				–130	+48	–109	+144	–100	+250	–	–	–169	+9
1 600	**2 000**	–200	0	0	–92	0	–230	0	–370	–	–	+46	–46
				–200	+92	–200	+230	–200	+370	–	–	–246	+46
				–165	+57	–138	+168	–126	+296	–	–	–211	+11

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски									
				js4		js5		js6		js7		k4	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
–	3	–8	0	+1,5	–1,5	+2	–2	+3	–3	+5	–5	+3	0
				–9,5	+1,5	–10	+2	–11	+3	–13	+5	–11	0
				–8,5	+0,5	–9	+1	–9	+1	–11	+3	–10	–1
3	6	–8	0	+2	–2	+2,5	–2,5	+4	–4	+6	–6	+5	+1
				–10	+2	–10,5	+2,5	–12	+4	–14	+6	–13	–1
				–9	+1	–9	+1	–10	+2	–12	+4	–12	–2
6	10	–8	0	+2	–2	+3	–3	+4,5	–4,5	+7,5	–7,5	+5	+1
				–10	+2	–11	+3	–12,5	+4,5	–15,5	+7,5	–13	–1
				–9	+1	–9	+1	–11	+3	–13	+5	–12	–2
10	18	–8	0	+2,5	–2,5	+4	–4	+5,5	–5,5	+9	–9	+6	+1
				–10,5	+2,5	–12	+4	–13,5	+5,5	–17	+9	–14	–1
				–9,5	+1,5	–10	+2	–11	+3	–14	+6	–13	–2
18	30	–10	0	+3	–3	+4,5	–4,5	+6,5	–6,5	+10,5	–10,5	+8	+2
				–13	+3	–14,5	+4,5	–16,5	+6,5	–20,5	+10,5	–18	–2
				–10,5	+1,5	–12	+2	–14	+4	–17	+7	–16	–4
30	50	–12	0	+3,5	–3,5	+5,5	–5,5	+8	–8	+12,5	–12,5	+9	+2
				–15,5	+3,5	–17,5	+5,5	–20	+8	–24,5	+12,5	–21	–2
				–13,5	+1,5	–15	+3	–16	+4	–20	+8	–19	–4
50	80	–15	0	+4	–4	+6,5	–6,5	+9,5	–9,5	+15	–15	+10	+2
				–19	+4	–21,5	+6,5	–24,5	+9,5	–30	+15	–25	–2
				–15,5	+1,5	–18	+3	–20	+5	–25	+10	–22	–5
80	120	–20	0	+5	–5	+7,5	–7,5	+11	–11	+17,5	–17,5	+13	+3
				–25	+5	–27,5	+7,5	–31	+11	–37,5	+17,5	–33	–3
				–22	+2	–23	+3	–25	+5	–31	+11	–30	–6
120	180	–25	0	+6	–6	+9	–9	+12,5	–12,5	+20	–20	+15	+3
				–31	+6	–34	+9	–37,5	+12,5	–45	+20	–40	–3
				–27	+2	–28	+3	–31	+6	–37	+12	–36	–7
180	250	–30	0	+7	–7	+10	–10	+14,5	–14,5	+23	–23	+18	+4
				–37	+7	–40	+10	–44,5	+14,5	–53	+23	–48	–4
				–32	+2	–34	+4	–36	+6	–43	+13	–43	–9
250	315	–35	0	+8	–8	+11,5	–11,5	+16	–16	+26	–26	+20	+4
				–4	+8	–46,5	+11,5	–51	+16	–61	+26	–55	–4
				–37	+2	–39	+4	–42	+7	–49	+14	–49	–10
315	400	–40	0	+9	–9	+12,5	–12,5	+18	–18	+28,5	–28,5	+22	+4
				–49	+9	–52,5	+12,5	–58	+18	–68,5	+28,5	–62	–4
				–42	+2	–44	+4	–47	+7	–55	+15	–55	–11
400	500	–45	0	+10	–10	+13,5	–13,5	+20	–20	+31,5	–31,5	+25	+5
				–55	+10	–58,5	+13,5	–65	+20	–76,5	+31,5	–70	–5
				–48	+3	–49	+4	–53	+8	–62	+17	–63	–12

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал Номинальный диаметр d		**Подшипник** Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		**Отклонения диаметра вала, результирующие посадки** Допуски									
				js4		js5		js6		js7		k4	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
500	**630**	–50	0	–	–	+14	–14	+22	–22	+35	–35	–	–
				–	–	–64	+14	–72	+22	–85	+35	–	–
				–	–	–54	+4	–59	+9	–69	+19	–	–
630	**800**	–75	0	–	–	+16	–16	+25	–25	+40	–40	–	–
				–	–	–91	+16	–100	+25	–115	+40	–	–
				–	–	–79	+4	–83	+8	–93	+18	–	–
800	**1 000**	–100	0	–	–	+18	–18	+28	–28	+45	–45	–	–
				–	–	–118	+18	–128	+28	–145	+45	–	–
				–	–	–104	+4	–108	+8	–118	+18	–	–
1 000	**1 250**	–125	0	–	–	+21	–21	+33	–33	+52	–52	–	–
				–	–	–146	+21	–158	+33	–177	+52	–	–
				–	–	–129	+4	–134	+9	–145	+20	–	–
1 250	**1 600**	–160	0	–	–	+25	–25	+39	–39	+62	–62	–	–
				–	–	–185	+25	–199	+39	–222	+62	–	–
				–	–	–164	+4	–169	+9	–182	+22	–	–
1 600	**2 000**	–200	0	–	–	+30	–30	+46	–46	+75	–75	–	–
				–	–	–230	+30	–246	+46	–275	+75	–	–
				–	–	–205	+5	–211	+11	–225	+25	–	–

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски									
				k5		k6		m5		m6		n5	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)									
мм		мкм		мкм									
–	3	–8	0	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4
				–12	0	–14	0	–14	–2	–16	–2	–16	–4
				–11	–1	–12	–2	–13	–3	–14	–4	–15	–5
3	6	–8	0	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8
				–14	–1	–17	–1	–17	–4	–20	–4	–21	–8
				–13	–2	–15	–3	–16	–5	–18	–6	–20	–9
6	10	–8	0	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10
				–15	–1	–18	–1	–20	–6	–23	–6	–24	–10
				–13	–3	–16	–3	–18	–8	–21	–8	–22	–12
10	18	–8	0	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12
				–17	–1	–20	–1	–23	–7	–26	–7	–28	–12
				–15	–3	–18	–3	–21	–9	–24	–9	–26	–14
18	30	–10	0	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15
				–21	–2	–25	–2	–27	–8	–31	–8	–34	–15
				–19	–4	–22	–5	–25	–10	–28	–11	–32	–17
30	50	–12	0	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17
				–25	–2	–30	–2	–32	–9	–37	–9	–40	–17
				–22	–5	–26	–6	–29	–12	–33	–13	–37	–20
50	80	–15	0	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20
				–30	–2	–36	–2	–39	–11	–45	–11	–48	–20
				–26	–6	–32	–6	–35	–15	–41	–15	–44	–24
80	120	–20	0	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23
				–38	–3	–45	–3	–48	–13	–55	–13	–58	–23
				–33	–8	–39	–9	–43	–18	–49	–19	–53	–28
120	180	–25	0	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27
				–46	–3	–53	–3	–58	–15	–65	–15	–70	–27
				–40	–9	–46	–10	–52	–21	–58	–22	–64	–33
180	250	–30	0	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31
				–54	–4	–63	–4	–67	–17	–76	–17	–81	–31
				–48	–10	–55	–12	–61	–23	–68	–25	–75	–37
250	315	–35	0	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34
				–62	–4	–71	–4	–78	–20	–87	–20	–92	–34
				–54	–12	–62	–13	–70	–28	–78	–29	–84	–42
315	400	–40	0	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37
				–69	–4	–80	–4	–86	–21	–97	–21	–102	–37
				–61	–12	–69	–15	–78	–29	–86	–32	–94	–45
400	500	–45	0	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40
				–77	–5	–90	–5	–95	–23	–108	–23	–112	–40
				–68	–14	–78	–17	–86	–32	–96	–35	–103	–49

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски									
				k5		k6		m5		m6		n5	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)									
мм		мкм		мкм									
500	**630**	–50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44
				–78	0	–94	0	–105	–26	–120	–26	–122	–44
				–68	–10	–81	–13	–94	–36	–107	–39	–112	–54
630	**800**	–75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50
				–107	0	–125	0	–137	–30	–155	–30	–157	–50
				–95	–12	–108	–17	–125	–42	–138	–47	–145	–62
800	**1 000**	–100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56
				–136	0	–156	0	–170	–34	–190	–34	–192	–56
				–122	–14	–136	–20	–156	–48	–170	–54	–178	–70
1 000	**1 250**	–125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66
				–167	0	–191	0	–207	–40	–231	–40	–233	–66
				–150	–17	–167	–24	–190	–57	–207	–64	–216	–83
1 250	**1 600**	–160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78
				–210	0	–238	0	–258	–48	–286	–48	–288	–78
				–189	–21	–208	–30	–237	–69	–256	–78	–267	–99
1 600	**2 000**	–200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92
				–260	0	–292	0	–318	–58	–350	–58	–352	–92
				–235	–25	–257	–35	–293	–83	–315	–93	–327	–117

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки									
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски									
				n6		p6		p7		r6		r7	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)									
мм		мкм		мкм									
50	**80**	–15	0	+39	+20	+51	+32	+62	+32	–	–	–	–
				–54	–20	–66	–32	–77	–32	–	–	–	–
				–50	–24	–62	–36	–72	–38	–	–	–	–
80	**100**	–20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51
				–65	–23	–79	–37	–92	–37	–93	–51	–106	–51
				–59	–29	–73	–43	–85	–44	–87	–57	–99	–58
100	**120**	–20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54
				–65	–23	–79	–37	–92	–37	–96	–54	–109	–54
				–59	–29	–73	–43	–85	–44	–90	–60	–102	–61
120	**140**	–25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63
				–77	–27	–93	–43	–108	–43	–113	–63	–128	–63
				–70	–34	–86	–50	–100	–51	–106	–70	–120	–71
140	**160**	–25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65
				–77	–27	–93	–43	–108	–43	–115	–65	–130	–65
				–70	–34	–86	–50	–100	–51	–108	–72	–122	–73
160	**180**	–25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68
				–77	–27	–93	–43	–108	–43	–118	–68	–133	–68
				–70	–34	–86	–50	–100	–51	–111	–75	–125	–76
180	**200**	–30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77
				–90	–31	–109	–50	–126	–50	–136	–77	–153	–77
				–82	–39	–101	–58	–116	–60	–128	–85	–143	–87
200	**225**	–30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80
				–90	–31	–109	–50	–126	–50	–139	–80	–156	–80
				–82	–39	–101	–58	–116	–60	–131	–88	–146	–90
225	**250**	–30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84
				–90	–31	–109	–50	–126	–50	–143	–84	–160	–84
				–82	–39	–101	–58	–116	–60	–135	–92	–150	–94
250	**280**	–35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94
				–101	–34	–123	–56	–143	–56	–161	–94	–181	–94
				–92	–43	–114	–65	–131	–68	–152	–103	–169	–106
280	**315**	–35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98
				–101	–34	–123	–56	–143	–56	–165	–98	–185	–98
				–92	–43	–114	–65	–131	–68	–156	–107	–173	–110
315	**355**	–40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108
				–113	–37	–138	–62	–159	–62	–184	–108	–205	–108
				–102	–48	–127	–73	–146	–75	–173	–119	–192	–121
355	**400**	–40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114
				–113	–37	–138	–62	–159	–62	–190	–114	–211	–114
				–102	–48	–127	–73	–146	–75	–179	–125	–198	–127
400	**450**	–45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126
				–125	–40	–153	–68	–176	–68	–211	–126	–234	–126
				–113	–52	–141	–80	–161	–83	–199	–138	–219	–141

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал Номинальный диаметр d		Подшипник Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки Допуски									
				n6		p6		p7		r6		r7	
				Отклонение (диаметр вала)									
				Теоретическая величина натяга (-)									
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)									
мм		мкм		мкм									
450	**500**	–45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
				–125	–40	–153	–68	–176	–68	–217	–132	–240	–132
				–113	–52	–141	–80	–161	–83	–205	–144	–225	–147
500	**560**	–50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
				–138	–44	–172	–78	–198	–78	–244	–150	–270	–150
				–125	–57	–159	–91	–182	–94	–231	–163	–254	–166
560	**630**	–50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
				–138	–44	–172	–78	–198	–78	–249	–155	–275	–155
				–125	–57	–159	–91	–182	–94	–236	–168	–259	–171
630	**710**	–75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
				–175	–50	–213	–88	–243	–88	–300	–175	–330	–175
				–158	–67	–196	–105	–221	–110	–283	–192	–308	–197
710	**800**	–75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
				–175	–50	–213	–88	–243	–88	–310	–185	–340	–185
				–158	–67	–196	–105	–221	–110	–293	–202	–318	–207
800	**900**	–100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				–212	–56	–256	–100	–290	–100	–366	–210	–400	–210
				–192	–76	–236	–120	–263	–127	–346	–230	–373	–237
900	**1 000**	–100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				–212	–56	–256	–100	–290	–100	–376	–220	–410	–220
				–192	–76	–236	–120	–263	–127	–356	–240	–383	–247
1 000	**1 120**	–125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				–257	–66	–311	–120	–350	–120	–441	–250	–480	–250
				–233	–90	–287	–144	–317	–153	–417	–274	–447	–283
1 120	**1 250**	–125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				–257	–66	–311	–120	–350	–120	–451	–260	–490	–260
				–233	–90	–287	–144	–317	–153	–427	–284	–457	–293
1 250	**1 400**	–160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				–316	–78	–378	–140	–425	–140	–538	–300	–585	–300
				–286	–108	–348	–170	–385	–180	–508	–330	–545	–340
1 400	**1 600**	–160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				–316	–78	–378	–140	–425	–140	–568	–330	–615	–330
				–286	–108	–348	–170	–385	–180	–538	–360	–575	–370
1 600	**1 800**	–200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				–384	–92	–462	–170	–520	–170	–662	–370	–720	–370
				–349	–127	–427	–205	–470	–220	–627	–405	–670	–420
1 800	**2 000**	–200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				–384	–92	–462	–170	–520	–170	–692	–400	–750	–400
				–349	–127	–427	–205	–470	–220	–657	–435	–700	–450

Приложение B-1

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал		Подшипник		Отклонения диаметра вала, результирующие посадки			
Номинальный диаметр d		Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		Допуски			
				$s6_{мин.}$ ± IT6/2		$s7_{мин.}$ ± IT7/2	
				Отклонение (диаметр вала)			
				Теоретическая величина натяга (-)			
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)			
мм		мкм		мкм			
200	**225**	–30	0	+144	+115	+153	+107
				–174	–115	–183	–107
				–166	–123	–173	–117
225	**250**	–30	0	+154	+125	+163	+117
				–184	–125	–193	–117
				–176	–133	–183	–127
250	**280**	–35	0	+174	+142	+184	+132
				–209	–142	–219	–132
				–200	–151	–207	–144
280	**315**	–35	0	+186	+154	+196	+144
				–221	–154	–231	–144
				–212	–163	–219	–156
315	**355**	–40	0	+208	+172	+218	+161
				–248	–172	–258	–161
				–237	–183	–245	–174
355	**400**	–40	0	+226	+190	+236	+179
				–266	–190	–276	–179
				–255	–201	–263	–192
400	**450**	–45	0	+252	+212	+263	+200
				–297	–212	–308	–200
				–285	–224	–293	–215
450	**500**	–45	0	+272	+232	+283	+220
				–317	–232	–328	–220
				–305	–244	–313	–235
500	**560**	–50	0	+302	+258	+315	+245
				–352	–258	–365	–245
				–339	–271	–349	–261
560	**630**	–50	0	+332	+288	+345	+275
				–382	–288	–395	–275
				–369	–301	–379	–291
630	**710**	–75	0	+365	+315	+380	+300
				–440	–315	–455	–300
				–423	–332	–433	–322
710	**800**	–75	0	+405	+355	+420	+340
				–480	–355	–495	–340
				–463	–372	–473	–362
800	**900**	–100	0	+458	+402	+475	+385
				–558	–402	–575	–385
				–538	–422	–548	–412
900	**1 000**	–100	0	+498	+442	+515	+425
				–598	–442	–615	–425
				–578	–462	–588	–452

Допуски валов и результирующие посадки (метрические)

Вал Номинальный диаметр d		**Подшипник** Допуск диаметра отверстия Δ_{dmp}		**Отклонения диаметра вала, результирующие посадки** Допуски $s6_{мин.}$ ± IT6/2		$s7_{мин.}$ ± IT7/2	
				Отклонение (диаметр вала)			
				Теоретическая величина натяга (-)			
свыше	до	нижн.	верх.	Вероятная величина натяга (-)			
мм		мкм		мкм			
1 000	**1 120**	–125	0	+553	+487	+572	+467
				–678	–487	–697	–467
				–654	–511	–664	–500
1 120	**1 250**	–125	0	+613	+547	+632	+527
				–738	–547	–757	–527
				–714	–571	–724	–560
1 250	**1 400**	–160	0	+679	+601	+702	+577
				–839	–601	–862	–577
				–809	–631	–822	–617
1 400	**1 600**	–160	0	+759	+681	+782	+657
				–919	–681	–942	–657
				–889	–711	–902	–697
1 600	**1 800**	–200	0	+866	+774	+895	+745
				–1 066	–774	–1 095	–745
				–1 031	–809	–1 045	–795
1 800	**2 000**	–200	0	+966	+874	+995	+845
				–1 166	–874	–1 195	–845
				–1 131	–909	–1 145	–895

Приложение B-2

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

Корпус Номинальный диаметр отверстия D		Подшипник Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки Допуски									
				F7		G6		G7		H5		H6	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
6	**10**	0	–8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9
				+13	+36	+5	+22	+5	+28	0	+14	0	+17
				+16	+33	+7	+20	+8	+25	+2	+12	+2	+15
10	**18**	0	–8	+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11
				+16	+42	+6	+25	+6	+32	0	+16	0	+19
				+19	+39	+8	+23	+9	+29	+2	+14	+2	+17
18	**30**	0	–9	+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	+0	+13
				+20	+50	+7	+29	+7	+37	0	+18	0	+22
				+23	+47	+10	+26	+10	+34	+2	+16	+3	+19
30	**50**	0	–11	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16
				+25	+61	+9	+36	+9	+45	0	+22	0	+27
				+29	+57	+12	+33	+13	+41	+3	+19	+3	+24
50	**80**	0	–13	+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19
				+30	+73	+10	+42	+10	+53	0	+26	0	+32
				+35	+68	+14	+38	+15	+48	+3	+23	+4	+28
80	**120**	0	–15	+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22
				+36	+86	+12	+49	+12	+62	0	+30	0	+37
				+41	+81	+17	+44	+17	+57	+4	+26	+5	+32
120	**150**	0	–18	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+101	+14	+57	+14	+72	0	+36	0	+43
				+50	+94	+20	+51	+21	+65	+5	+31	+6	+37
150	**180**	0	–25	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+108	+14	+64	+14	+79	0	+43	0	+50
				+51	+100	+21	+57	+22	+71	+6	+37	+7	+43
180	**250**	0	–30	+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29
				+50	+126	+15	+74	+15	+91	0	+50	0	+59
				+60	+116	+23	+66	+25	+81	+6	+44	+8	+51
250	**315**	0	–35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32
				+56	+143	+17	+84	+17	+104	0	+58	0	+67
				+68	+131	+26	+75	+29	+92	+8	+50	+9	+58
315	**400**	0	–40	+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36
				+62	+159	+18	+94	+18	+115	0	+65	0	+76
				+75	+146	+29	+83	+31	+102	+8	+57	+11	+65
400	**500**	0	–45	+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40
				+68	+176	+20	+105	+20	+128	0	+72	0	+85
				+83	+161	+32	+93	+35	+113	+9	+63	+12	+73
500	**630**	0	–50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44
				+76	+196	+22	+116	+22	+142	0	+78	0	+94
				+92	+180	+35	+103	+38	+126	+10	+68	+13	+81
630	**800**	0	–75	+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50
				+80	+235	+24	+149	+24	+179	0	+107	0	+125
				+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108

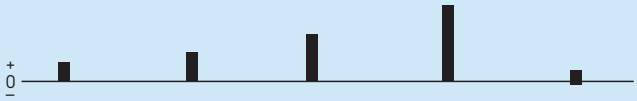
Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

Корпус Номинальный диаметр отверстия D		**Подшипник** Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		**Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки** Допуски									
				F7			G6		G7		H5		H6
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
800	**1 000**	0	–100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56
				+86	+276	+26	+182	+26	+216	0	+136	0	+156
				+113	+249	+46	+162	+53	+189	+14	+122	+20	+136
1 000	**1 250**	0	–125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66
				+98	+328	+28	+219	+28	+258	0	+167	0	+191
				+131	+295	+52	+195	+61	+225	+17	+150	+24	+167
1 250	**1 600**	0	–160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78
				+110	+395	+30	+268	+30	+315	0	+210	0	+238
				+150	+355	+60	+238	+70	+275	+21	+189	+30	+208
1 600	**2 000**	0	–200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92
				+120	+470	+32	+324	+32	+382	0	+260	0	+292
				+170	+420	+67	+289	+82	+332	+25	+235	+35	+257
2 000	**2 500**	0	–250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110
				+130	+555	+34	+394	+34	+459	0	+320	0	+360
				+189	+496	+77	+351	+93	+400	+30	+290	+43	+317

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

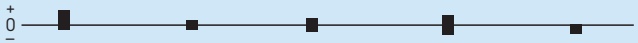
Корпус Номинальный диаметр отверстия D		Подшипник Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки Допуски									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
6	**10**	0	–8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	–4	+5
				0	+23	0	+30	0	+44	0	+66	–4	+13
				+3	+20	+3	+27	+3	+41	+3	+63	–2	+11
10	**18**	0	–8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	–5	+6
				0	+26	0	+35	0	+51	0	+78	–5	+14
				+3	+23	+3	+32	+3	+48	+3	+75	–3	+12
18	**30**	0	–9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	–5	+8
				0	+30	0	+42	0	+61	0	+93	–5	+17
				+3	+27	+3	+39	+4	+57	+4	+89	–2	+14
30	**50**	0	–11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	–6	+10
				0	+36	0	+50	0	+73	0	+111	–6	+21
				+4	+32	+4	+46	+5	+68	+5	+106	–3	+18
50	**80**	0	–13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	–6	+13
				0	+43	0	+59	0	+87	0	+133	–6	+26
				+5	+38	+5	+54	+5	+82	+6	+127	–2	+22
80	**120**	0	–15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	–6	+16
				0	+50	0	+69	0	+102	0	+155	–6	+31
				+5	+45	+6	+63	+6	+96	+7	+148	–1	+26
120	**150**	0	–18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	–7	+18
				0	+58	0	+81	0	+118	0	+178	–7	+36
				+7	+51	+7	+74	+8	+110	+8	+170	–1	+30
150	**180**	0	–25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	–7	+18
				0	+65	0	+88	0	+125	0	+185	–7	+43
				+8	+57	+10	+78	+10	+115	+11	+174	0	+36
180	**250**	0	–30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	–7	+22
				0	+76	0	+102	0	+145	0	+215	–7	+52
				+10	+66	+12	+90	+13	+132	+13	+202	+1	+44
250	**315**	0	–35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	–7	+25
				0	+87	0	+116	0	+165	0	+245	–7	+60
				+12	+75	+13	+103	+15	+150	+16	+229	+2	+51
315	**400**	0	–40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	–7	+29
				0	+97	0	+129	0	+180	0	+270	–7	+69
				+13	+84	+15	+114	+17	+163	+18	+252	+4	+58
400	**500**	0	–45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	–7	+33
				0	+108	0	+142	0	+200	0	+295	–7	+78
				+15	+93	+17	+125	+19	+181	+20	+275	+5	+66
500	**630**	0	–50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	–	–
				0	+120	0	+160	0	+225	0	+330	–	–
				+16	+104	+19	+141	+21	+204	+22	+308	–	–
630	**800**	0	–75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	–	–
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	–	–
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	–	–

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)



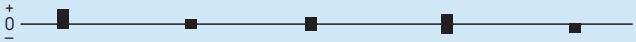
Корпус Номинальный диаметр отверстия D		**Подшипник** Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		**Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки** Допуски									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
				Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.										
мм		мкм		мкм									
800	**1 000**	0	–100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	–	–
				0	+190	0	+240	0	+330	0	+460	–	–
				+27	+163	+33	+207	+39	+291	+43	+417	–	–
1 000	**1 250**	0	–125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	–	–
				0	+230	0	+290	0	+385	0	+545	–	–
				+33	+197	+41	+249	+48	+337	+53	+492	–	–
1 250	**1 600**	0	–160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	–	–
				0	+285	0	+355	0	+470	0	+660	–	–
				+40	+245	+51	+304	+60	+410	+67	+593	–	–
1 600	**2 000**	0	–200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	–	–
				0	+350	0	+430	0	+570	0	+800	–	–
				+50	+300	+62	+368	+74	+496	+83	+717	–	–
2 000	**2 500**	0	–250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	–	–
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	–	–
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	–	–

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)



Корпус		Подшипник		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки									
Номинальный диаметр отверстия D		Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Допуски									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
6	**10**	0	–8	–7	+8	–3	+3	–4,5	+4,5	–7,5	+7,5	–5	+1
				–7	+16	–3	+11	–4,5	+12,5	–7,5	+15,5	–5	+9
				–4	+13	–1	+9	–3	+11	–5	+13	–3	+7
10	**18**	0	–8	–8	+10	–4	+4	–5,5	+5,5	–9	+9	–6	+2
				–8	+18	–4	+12	–5,5	+13,5	–9	+17	–6	+10
				–5	+15	–2	+10	–3	+11	–6	+14	–4	+8
18	**30**	0	–9	–9	+12	–4,5	+4,5	–6,5	+6,5	–10,5	+10,5	–8	+1
				–9	+21	–4,5	+13,5	–6,5	+15,5	–10,5	+19,5	–8	+10
				–6	+18	–2	+11	–4	+13	–7	+16	–6	+8
30	**50**	0	–11	–11	+14	–5,5	+5,5	–8	+8	–12,5	+12,5	–9	+2
				–11	+25	–5,5	+16,5	–8	+19	–12,5	+23,5	–9	+13
				–7	+21	–3	+14	–5	+16	–9	+20	–6	+10
50	**80**	0	–13	–12	+18	–6,5	+6,5	–9,5	+9,5	–15	+15	–10	+3
				–12	+31	–6,5	+19,5	–9,5	+22,5	–15	+28	–10	+16
				–7	+26	–3	+16	–6	+19	–10	+23	–7	+13
80	**120**	0	–15	–13	+22	–7,5	+7,5	–11	+11	–17,5	+17,5	–13	+2
				–13	+37	–7,5	+22,5	–11	+26	–17,5	+32,5	–13	+17
				–8	+32	–4	+19	–6	+21	–12	+27	–9	+13
120	**150**	0	–18	–14	+26	–9	+9	–12,5	+12,5	–20	+20	–15	+3
				–14	+44	–9	+27	–12,5	+30,5	–20	+38	–15	+21
				–7	+37	–4	+22	–7	+25	–13	+31	–10	+16
150	**180**	0	–25	–14	+26	–9	+9	–12,5	+12,5	–20	+20	–15	+3
				–14	+51	–9	+34	–12,5	+37,5	–20	+45	–15	+28
				–6	+43	–3	+28	–6	+31	–12	+37	–9	+22
180	**250**	0	–30	–16	+30	–10	+10	–14,5	+14,5	–23	+23	–18	+2
				–16	+60	–10	+40	–14,5	+44,5	–23	+53	–18	+32
				–6	+50	–4	+34	–6	+36	–13	+43	–12	+26
250	**315**	0	–35	–16	+36	–11,5	+11,5	–16	+16	–26	+26	–20	+3
				–16	+71	–11,5	+46,5	–16	–51	–26	+61	–20	+38
				–4	+59	–4	+39	–7	+42	–14	+49	–12	+30
315	**400**	0	–40	–18	+39	–12,5	+12,5	–18	+18	–28,5	+28,5	–22	+3
				–18	+79	–12,5	+52,5	–18	+58	–28,5	+68,5	–22	+43
				–5	+66	–4	+44	–7	+47	–15	+55	–14	+35
400	**500**	0	–45	–20	+43	–13,5	+13,5	–20	+20	–31,5	+31,5	–25	+2
				–20	+88	–13,5	+58,5	–20	+65	–31,5	+76,5	–25	+47
				–5	+73	–4	+49	–8	+53	–17	+62	–16	+38
500	**630**	0	–50	–	–	–14	+14	–22	+22	–35	+35	–	–
				–	–	–14	+64	–22	+72	–35	+85	–	–
				–	–	–4	+54	–9	+59	–19	+69	–	–
630	**800**	0	–75	–	–	–16	+16	–25	+25	–40	+40	–	–
				–	–	–16	+91	–25	+100	–40	+115	–	–
				–	–	–4	+79	–8	+83	–18	+93	–	–

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)



Корпус Номинальный диаметр отверстия D		Подшипник Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки Допуски									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
				Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.										
мм		мкм		мкм									
800	**1 000**	0	–100	–	–	–18	+18	–28	+28	–45	+45	–	–
				–	–	–18	+118	–28	+128	–45	+145	–	–
				–	–	–4	+104	–8	+108	–18	+118	–	–
1 000	**1 250**	0	–125	–	–	–21	+21	–33	+33	–52	+52	–	–
				–	–	–21	+146	–33	+158	–52	+177	–	–
				–	–	–4	+129	–9	+134	–20	+145	–	–
1 250	**1 600**	0	–160	–	–	–25	+25	–39	+39	–62	+62	–	–
				–	–	–25	+185	–39	+199	–62	+222	–	–
				–	–	–4	+164	–9	+169	–22	+182	–	–
1 600	**2 000**	0	–200	–	–	–30	+30	–46	+46	–75	+75	–	–
				–	–	–30	+230	–46	+246	–75	+275	–	–
				–	–	–5	+205	–11	+211	–25	+225	–	–
2 000	**2 500**	0	–250	–	–	–35	+35	–55	+55	–87	+87	–	–
				–	–	–35	+285	–55	+305	–87	+337	–	–
				–	–	–5	+255	–12	+262	–28	+278	–	–

Приложение B-2

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

Корпус		Подшипник		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки									
Номинальный диаметр отверстия D		Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Допуски									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
6	**10**	0	–8	–7	+2	–10	+5	–10	–4	–12	–3	–15	0
				–7	+10	–10	+13	–10	+4	–12	+5	–15	+8
				–5	+8	–7	+10	–8	+2	–10	+3	–12	+5
10	**18**	0	–8	–9	+2	–12	+6	–12	–4	–15	–4	–18	0
				–9	+10	–12	+14	–12	+4	–15	+4	–18	+8
				–7	+8	–9	+11	–10	+2	–13	+2	–15	+5
18	**30**	0	–9	–11	+2	–15	+6	–14	–4	–17	–4	–21	0
				–11	+11	–15	+15	–14	+4	–17	+5	–21	+9
				–8	+8	–12	+12	–12	+2	–14	+2	–18	+6
30	**50**	0	–11	–13	+3	–18	+7	–16	–5	–20	–4	–25	0
				–13	+14	–18	+18	–16	+6	–20	+7	–25	+11
				–10	+11	–14	+14	–13	+3	–17	+4	–21	+7
50	**80**	0	–13	–15	+4	–21	+9	–19	–6	–24	–5	–30	0
				–15	+17	–21	+22	–19	+7	–24	+8	–30	+13
				–11	+13	–16	+17	–16	+4	–20	+4	–25	+8
80	**120**	0	–15	–18	+4	–25	+10	–23	–8	–28	–6	–35	0
				–18	+19	–25	+25	–23	+7	–28	+9	–35	+15
				–13	+14	–20	+20	–19	+3	–23	+4	–30	+10
120	**150**	0	–18	–21	+4	–28	+12	–27	–9	–33	–8	–40	0
				–21	+22	–28	+30	–27	+9	–33	+10	–40	+18
				–15	+16	–21	+23	–22	+4	–27	+4	–33	+11
150	**180**	0	–25	–21	+4	–28	+12	–27	–9	–33	–8	–40	0
				–21	+29	–28	+37	–27	+16	–33	+17	–40	+25
				–14	+22	–20	+29	–21	+10	–26	+10	–32	+17
180	**250**	0	–30	–24	+5	–33	+13	–31	–11	–37	–8	–46	0
				–24	+35	–33	+43	–31	+19	–37	+22	–46	+30
				–16	+27	–23	+33	–25	+13	–29	+14	–36	+20
250	**315**	0	–35	–27	+5	–36	+16	–36	–13	–41	–9	–52	0
				–27	+40	–36	+51	–36	+22	–41	+26	–52	+35
				–18	+31	–24	+39	–28	+14	–32	+17	–40	+23
315	**400**	0	–40	–29	+7	–40	+17	–39	–14	–46	–10	–57	0
				–29	+47	–40	+57	–39	+26	–46	+30	–57	+40
				–18	+36	–27	+44	–31	+18	–35	+19	–44	+27
400	**500**	0	–45	–32	+8	–45	+18	–43	–16	–50	–10	–63	0
				–32	+53	–45	+63	–43	+29	–50	+35	–63	+45
				–20	+41	–30	+48	–34	+20	–38	+23	–48	+30
500	**630**	0	–50	–44	0	–70	0	–	–	–70	–26	–96	–26
				–44	+50	–70	+50	–	–	–70	+24	–96	+24
				–31	+37	–54	+34	–	–	–57	+11	–80	+8
630	**800**	0	–75	–50	0	–80	0	–	–	–80	–30	–110	–30
				–50	+75	–80	+75	–	–	–80	+45	–110	+45
				–33	+58	–58	+53	–	–	–63	+28	–88	+23

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

Корпус Номинальный диаметр отверстия D		**Подшипник** Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		**Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки** Допуски									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)									
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)									
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)									
мм		мкм		мкм									
800	**1 000**	0	–100	–56	0	–90	0	–	–	–90	–34	–124	–34
				–56	+100	–90	+100	–	–	–90	+66	–124	+66
				–36	+80	–63	+73	–	–	–70	+46	–97	+39
1 000	**1 250**	0	–125	–66	0	–105	0	–	–	–106	–40	–145	–40
				–66	+125	–105	+125	–	–	–106	+85	–145	+85
				–42	+101	–72	+92	–	–	–82	+61	–112	+52
1 250	**1 600**	0	–160	–78	0	–125	0	–	–	–126	–48	–173	–48
				–78	+160	–125	+160	–	–	–126	+112	–173	+112
				–48	+130	–85	+120	–	–	–96	+82	–133	+72
1 600	**2 000**	0	–200	–92	0	–150	0	–	–	–158	–58	–208	–58
				–92	+200	–150	+200	–	–	–150	+142	–208	+142
				–57	+165	–100	+150	–	–	–115	+107	–158	+92
2 000	**2 500**	0	–250	–110	0	–175	0	–	–	–178	–68	–243	–68
				–110	+250	–175	+250	–	–	–178	+182	–243	+182
				–67	+207	–116	+191	–	–	–135	+139	–184	+123

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

Корпус		Подшипник		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки							
Номинальный диаметр отверстия D		Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Допуски							
				N6		N7		P6		P7	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)							
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)							
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)							
мм		мкм		мкм							
6	**10**	0	–8	–16	–7	–19	–4	–21	–12	–24	–9
				–16	+1	–19	+4	–21	–4	–24	–1
				–14	–1	–16	+1	–19	–6	–21	–4
10	**18**	0	–8	–20	–9	–23	–5	–26	–15	–29	–11
				–20	–1	–23	+3	–26	–7	–29	–3
				–18	–3	–20	0	–24	–9	–26	–6
18	**30**	0	–9	–24	–11	–28	–7	–31	–18	–35	–14
				–24	–2	–28	+2	–31	–9	–35	–5
				–21	–5	–25	–1	–28	–12	–32	–8
30	**50**	0	–11	–28	–12	–33	–8	–37	–21	–42	–17
				–28	–1	–33	+3	–37	–10	–42	–6
				–25	–4	–29	–1	–34	–13	–38	–10
50	**80**	0	–13	–33	–14	–39	–9	–45	–26	–51	–21
				–33	–1	–39	+4	–45	–13	–51	–8
				–29	–5	–34	–1	–41	–17	–46	–13
80	**120**	0	–15	–38	–16	–45	–10	–52	–30	–59	–24
				–38	–1	–45	+5	–52	–15	–59	–9
				–33	–6	–40	0	–47	–20	–54	–14
120	**150**	0	–18	–45	–20	–52	–12	–61	–36	–68	–28
				–45	–2	–52	+6	–61	–18	–68	–10
				–39	–8	–45	–1	–55	–24	–61	–17
150	**180**	0	–25	–45	–20	–52	–12	–61	–36	–68	–28
				–45	+5	–52	+13	–61	–11	–68	–3
				–38	–2	–44	+5	–54	–18	–60	–11
180	**250**	0	–30	–51	–22	–60	–14	–70	–41	–79	–33
				–51	+8	–60	+16	–70	–11	–79	–3
				–43	0	–50	+6	–62	–19	–69	–13
250	**315**	0	–35	–57	–25	–66	–14	–79	–47	–88	–36
				–57	+10	–66	+21	–79	–12	–88	–1
				–48	+1	–54	+9	–70	–21	–76	–13
315	**400**	0	–40	–62	–26	–73	–16	–87	–51	–98	–41
				–62	+14	–73	+24	–87	–11	–98	–1
				–51	+3	–60	+11	–76	–22	–85	–14
400	**500**	0	–45	–67	–27	–80	–17	–95	–55	–108	–45
				–67	+18	–80	+28	–95	–10	–108	0
				–55	+6	–65	+13	–83	–22	–93	–15
500	**630**	0	–50	–88	–44	–114	–44	–122	–78	–148	–78
				–88	+6	–114	+6	–122	–28	–148	–28
				–75	–7	–98	–10	–109	–41	–132	–44
630	**800**	0	–75	–100	–50	–130	–50	–138	–88	–168	–88
				–100	+25	–130	+25	–138	–13	–168	–13
				–83	+8	–108	+3	–121	–30	–146	–35

Допуски корпусов и результирующие посадки (метрические)

Корпус Номинальный диаметр отверстия D		Подшипник Допуск наружного диаметра Δ_{Dmp}		Отклонения диаметра посадочного отверстия в корпусе, результирующие посадки Допуски							
				N6		N7		P6		P7	
				Отклонение (диаметр посадочного отверстия в корпусе)							
				Теоретическая величина натяга (-)/зазора (+)							
свыше	до	верх.	нижн.	Вероятная величина натяга (-)/зазора (+)							
мм		мкм		мкм							
800	**1 000**	0	–100	–112	–56	–146	–56	–156	–100	–190	–100
				–112	+44	–146	+44	–156	0	–190	0
				–92	+24	–119	+17	–136	–20	–163	–27
1 000	**1 250**	0	–125	–132	–66	–171	–66	–186	–120	–225	–120
				–132	+59	–171	+59	–186	+5	–225	+5
				–108	+35	–138	+26	–162	–19	–192	–28
1 250	**1 600**	0	–160	–156	–78	–203	–78	–218	–140	–265	–140
				–156	+82	–203	+82	–218	+20	–265	+20
				–126	+52	–163	+42	–188	–10	–225	–20
1 600	**2 000**	0	–200	–184	–92	–242	–92	–262	–170	–320	–170
				–184	+108	–242	+108	–262	+30	–320	+30
				–149	+73	–192	+58	–227	–5	–270	–20
2 000	**2 500**	0	–250	–220	–110	–285	–110	–305	–195	–370	–195
				–220	+140	–285	+140	–305	+55	–370	+55
				–177	+97	–226	+81	–262	+12	–311	–4

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки Допуски												
d			f5			f6			g5			g6			
	макс.	мин.	Диаметр вала макс.	мин.	Посадка[1]	Диаметр вала макс.	мин.	Посадка[1]	Диаметр вала макс.	мин.	Посадка[1]	Диаметр вала макс.	мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
4	0,1575	0,1572	0,1571	0,1569	1 L	0,1571	0,1568	1 L	0,1573	0,1571	4 L	0,1573	0,1570	5 L
5	0,1969	0,1966	0,1965	0,1963	6 L	0,1965	0,1962	7 L	0,1967	0,1965	1 T	0,1967	0,1964	1 T
6	0,2362	0,2359	0,2358	0,2356		0,2358	0,2355		0,2360	0,2358		0,2360	0,2357	
7	0,2756	0,2753	0,2751	0,2749		0,2751	0,2747		0,2754	0,2752		0,2754	0,2750	
8	0,3150	0,3147	0,3145	0,3143	2 L	0,3145	0,3141	2 L	0,3148	0,3146	4 L	0,3148	0,3144	6 L
9	0,3543	0,3540	0,3538	0,3536	7 L	0,3538	0,3534	9 L	0,3541	0,3539	1 T	0,3541	0,3537	1 T
10	0,3937	0,3934	0,3932	0,3930		0,3932	0,3928		0,3935	0,3933		0,3935	0,3931	
12	0,4724	0,4721	0,4718	0,4714	3 L	0,4718	0,4713	3 L	0,4722	0,4720	4 L	0,4722	0,4717	7 L
15	0,5906	0,5903	0,5900	0,5896	10 L	0,5900	0,5895	11 L	0,5904	0,5902	1 T	0,5904	0,5899	1 T
17	0,6693	0,6690	0,6687	0,6683		0,6687	0,6682		0,6691	0,6689		0,6691	0,6686	
20	0,7874	0,7870	0,7866	0,7863	4 L	0,7866	0,7861	4 L	0,7871	0,7868	6 L	0,7871	0,7866	8 L
25	0,9843	0,9839	0,9835	0,9832	11 L	0,9835	0,9830	13 L	0,9840	0,9837	1 T	0,9840	0,9835	1 T
30	1,1811	1,1807	1,1803	1,1800		1,1803	1,1798		1,1808	1,1805		1,1808	1,1803	
35	1,3780	1,3775	1,3770	1,3766		1,3770	1,3763		1,3776	1,3772		1,3776	1,3770	
40	1,5748	1,5743	1,5738	1,5734	5 L	1,5738	1,5731	5 L	1,5744	1,5740	8 L	1,5744	1,5738	10 L
45	1,7717	1,7712	1,7707	1,7703	14 L	1,7707	1,7700	17 L	1,7713	1,7709	1 T	1,7713	1,7707	1 T
50	1,9685	1,9680	1,9675	1,9671		1,9675	1,9668		1,9681	1,9677		1,9681	1,9675	
55	2,1654	2,1648	2,1642	2,1637		2,1642	2,1634		2,1650	2,1645		2,1650	2,1643	
60	2,3622	2,3616	2,3610	2,3605		2,3610	2,3602		2,3618	2,3613		2,3618	2,3611	
65	2,5591	2,5585	2,5579	2,5574	6 L	2,5579	2,5571	6 L	2,5587	2,5582	9 L	2,5587	2,5580	11 L
70	2,7559	2,7553	2,7547	2,7542	17 L	2,7547	2,7539	20 L	2,7555	2,7550	2 T	2,7555	2,7548	2 T
75	2,9528	2,9522	2,9516	2,9511		2,9516	2,9508		2,9524	2,9519		2,9524	2,9517	
80	3,1496	3,1490	3,1484	3,1479		3,1484	3,1476		3,1492	3,1487		3,1492	3,1485	
85	3,3465	3,3457	3,3451	3,3445		3,3450	3,3442		3,3460	3,3454		3,3460	3,3452	
90	3,5433	3,5425	3,5419	3,5413		3,5418	3,5410		3,5428	3,5422		3,5428	3,5420	
95	3,7402	3,7394	3,7388	3,7382		3,7387	3,7379		3,7397	3,7391		3,7397	3,7389	
100	3,9370	3,9362	3,9356	3,9350	6 L	3,9355	3,9347	7 L	3,9365	3,9359	11 L	3,9365	3,9357	13 L
105	4,1339	4,1331	4,1325	4,1319	20 L	4,1324	4,1316	23 L	4,1334	4,1328	3 T	4,1334	4,1326	3 T
110	4,3307	4,3299	4,3293	4,3287		4,3292	4,3284		4,3302	4,3296		4,3302	4,3294	
120	4,7244	4,7236	4,7230	4,7224		4,7229	4,7221		4,7239	4,7233		4,7239	4,7231	
130	5,1181	5,1171	5,1164	5,1157		5,1164	5,1154		5,1176	5,1169		5,1175	5,1166	
140	5,5118	5,5108	5,5101	5,5094		5,5101	5,5091		5,5113	5,5106		5,5112	5,5103	
150	5,9055	5,9045	5,9038	5,9031	7 L	5,9038	5,9028	7 L	5,9050	5,9043	12 L	5,9049	5,9040	15 L
160	6,2992	6,2982	6,2975	6,2968	24 L	6,2975	6,2965	27 L	6,2987	6,2980	5 T	6,2986	6,2977	4 T
170	6,6929	6,6919	6,6912	6,6905		6,6912	6,6902		6,6924	6,6917		6,6923	6,6914	
180	7,0866	7,0856	7,0849	7,0842		7,0849	7,0839		7,0861	7,0854		7,0860	7,0851	
190	7,4803	7,4791	7,4783	7,4776		7,4783	7,4772		7,4797	7,4789		7,4797	7,4786	
200	7,8740	7,8728	7,8720	7,8713	8 L	7,8720	7,8709	8 L	7,8734	7,8726	14 L	7,8734	7,8723	17 L
220	8,6614	8,6602	8,6594	8,6587	27 L	8,6594	8,6583	31 L	8,6608	8,6600	6 T	8,6608	8,6597	6 T
240	9,4488	9,4476	9,4468	9,4461		9,4468	9,4457		9,4482	9,4474		9,4482	9,4471	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки													
			Допуски													
d			f5			f6			g5			g6				
	Диаметр		Диаметр вала		По-	Диаметр		По-	Диаметр вала		По-	Диаметр		По-		
	макс.	мин.	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]		
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–		
260	10,2362	10,2348	10,2340	10,2331	8 L	10,2340	10,2328	8 L	10,2356	10,2346	16 L	10,2355	10,2343	19 L		
280	11,0236	11,0222	11,0214	11,0205	31 L	11,0214	11,0202	34 L	11,0230	11,0220	8 T	11,0229	11,0217	7 T		
300	11,8110	11,8096	11,8088	11,8079		11,8088	11,8076		11,8104	11,8094		11,8103	11,8091			
320	12,5984	12,5968	12,5960	12,5950		12,5960	12,5946		12,5977	12,5967		12,5977	12,5963			
340	13,3858	13,3842	13,3834	13,3824	8 L	13,3834	13,3820	8 L	13,3851	13,3841	17 L	13,3851	13,3837	21 L		
360	14,1732	14,1716	14,1708	14,1698	34 L	14,1708	14,1694	38 L	14,1725	14,1715	9 T	14,1725	14,1711	9 T		
380	14,9606	14,9590	14,9582	14,9572		14,9582	14,9568		14,9599	14,9589		14,9599	14,9585			
400	15,7480	15,7464	15,7456	15,7446		15,7456	15,7442		15,7473	15,7463		15,7473	15,7459			
420	16,5354	16,5336	16,5328	16,5317		16,5328	16,5312		16,5346	16,5336		16,5346	16,5330			
440	17,3228	17,3210	17,3202	17,3191	8 L	17,3202	17,3186	8 L	17,3220	17,3210	18 L	17,3220	17,3204	24 L		
460	18,1102	18,1084	18,1076	18,1065	37 L	18,1076	18,1060	42 L	18,1094	18,1084	10 T	18,1094	18,1078	10 T		
480	18,8976	18,8958	18,8950	18,8939		18,8950	18,8934		18,8968	18,8958		18,8968	18,8952			
500	19,6850	19,6832	19,6824	19,6813		19,6824	19,6808		19,6842	19,6832		19,6842	19,6826			
530	20,8661	20,8641	20,8632	20,8621		20,8632	20,8614		20,8653	20,8642		20,8652	20,8635			
560	22,0472	22,0452	22,0443	22,0432	9 L	22,0443	22,0425	9 L	22,0464	22,0453	19 L	22,0463	22,0446	26 L		
600	23,6220	23,6200	23,6191	23,6180	40 L	23,6191	23,6173	47 L	23,6212	23,6201	12 T	23,6211	23,6194	11 T		
630	24,8031	24,8011	24,8002	24,7991		24,8002	24,7984		24,8023	24,8012		24,8022	24,8005			
670	26,3780	26,3750	26,3748	26,3735		26,3748	26,3728		26,3770	26,3758		26,3771	26,3751			
710	27,9528	27,9498	27,9496	27,9483	2 L	27,9496	27,9476	2 L	27,9518	27,9506	22 L	27,9519	27,9499	29 L		
750	29,5276	29,5246	29,5244	29,5231	45 L	29,5244	29,5224	52 L	29,5266	29,5254	20 T	29,5267	29,5247	21 T		
800	31,4961	31,4931	31,4929	31,4916		31,4929	31,4909		31,4951	31,4939		31,4952	31,4932			
850	33,4646	33,4607	33,4612	33,4598		33,4612	33,4590		33,4635	33,4621		33,4636	33,4614			
900	35,4331	35,4292	35,4297	35,4283	48 L	35,4297	35,4275	56 L	35,4320	35,4306	25 L	35,4321	35,4299	32 L		
950	37,4016	37,3977	37,3982	37,3968	5 T	37,3982	37,3960	5 T	37,4005	37,3991	28 T	37,4006	37,3984	29 T		
1 000	39,3701	39,3662	39,3667	39,3653		39,3667	39,3645		39,3690	39,3676		39,3691	39,3669			
1 060	41,7323	41,7274	41,7284	41,7268		41,7284	41,7258		41,7312	41,7295		41,7312	41,7286			
1 120	44,0945	44,0896	44,0906	44,0890	55 L	44,0906	44,0880	65 L	44,0934	44,0917	28 L	44,0934	44,0908	37 L		
1 180	46,4567	46,4518	46,4528	46,4512	10 T	46,4528	46,4502	10 T	46,4556	46,4539	38 T	46,4556	46,4530	38 T		
1 250	49,2126	49,2077	49,2087	49,2071		49,2087	49,2061		49,2115	49,2098		49,2115	49,2089			

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника d			Результирующие посадки Допуски h5			h6			h8			h9		
			Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-
	макс.	мин.	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
4	0,1575	0,1572	0,1575	0,1573	2 L	0,1575	0,1572	3 L	0,1575	0,1568	7 L	0,1575	0,1563	12 L
5	0,1969	0,1966	0,1969	0,1967	3 T	0,1969	0,1966	3 T	0,1969	0,1962	3 T	0,1969	0,1957	3 T
6	0,2362	0,2359	0,2362	0,2360		0,2362	0,2359		0,2362	0,2355		0,2362	0,2350	
7	0,2756	0,2753	0,2756	0,2754		0,2756	0,2752		0,2756	0,2747		0,2756	0,2742	
8	0,3150	0,3147	0,3150	0,3148	2 L	0,3150	0,3146	4 L	0,3150	0,3141	9 L	0,3150	0,3136	14 L
9	0,3543	0,3540	0,3543	0,3541	3 T	0,3543	0,3539	3 T	0,3543	0,3534	3 T	0,3543	0,3529	3 T
10	0,3937	0,3934	0,3937	0,3935		0,3937	0,3933		0,3937	0,3928		0,3937	0,3923	
12	0,4724	0,4721	0,4724	0,4721		0,4724	0,4720		0,4724	0,4713		0,4724	0,4707	
15	0,5906	0,5903	0,5906	0,5903	3 L	0,5906	0,5902	4 L	0,5906	0,5895	11 L	0,5906	0,5889	17 L
17	0,6693	0,6690	0,6693	0,6690	3 T	0,6693	0,6689	3 T	0,6693	0,6682	3 T	0,6693	0,6676	3 T
20	0,7874	0,7870	0,7874	0,7870		0,7874	0,7869		0,7874	0,7861		0,7874	0,7854	
25	0,9843	0,9839	0,9843	0,9839	4 L	0,9843	0,9838	5 L	0,9843	0,9830	13 L	0,9843	0,9823	20 L
30	1,1811	1,1807	1,1811	1,1807	4 T	1,1811	1,1806	4 T	1,1811	1,1798	4 T	1,1811	1,1791	4 T
35	1,3780	1,3775	1,3780	1,3776		1,3780	1,3774		1,3780	1,3765		1,3780	1,3756	
40	1,5748	1,5743	1,5748	1,5744	4 L	1,5748	1,5742	6 L	1,5748	1,5733	15 L	1,5748	1,5724	24 L
45	1,7717	1,7712	1,7717	1,7713	5 T	1,7717	1,7711	5 T	1,7717	1,7702	5 T	1,7717	1,7693	5 T
50	1,9685	1,9680	1,9685	1,9681		1,9685	1,9679		1,9685	1,9670		1,9685	1,9661	
55	2,1654	2,1648	2,1654	2,1649		2,1654	2,1647		2,1654	2,1636		2,1654	2,1624	
60	2,3622	2,3616	2,3622	2,3617		2,3622	2,3615		2,3622	2,3604		2,3622	2,3592	
65	2,5591	2,5585	2,5591	2,5586	5 L	2,5591	2,5584	7 L	2,5591	2,5573	18 L	2,5591	2,5561	30 L
70	2,7559	2,7553	2,7559	2,7554	6 T	2,7559	2,7552	6 T	2,7559	2,7541	6 T	2,7559	2,7529	6 T
75	2,9528	2,9522	2,9528	2,9523		2,9528	2,9521		2,9528	2,9510		2,9528	2,9498	
80	3,1496	3,1490	3,1496	3,1491		3,1496	3,1489		3,1496	3,1478		3,1496	3,1466	
85	3,3465	3,3457	3,3465	3,3459		3,3465	3,3456		3,3465	3,3444		3,3465	3,3431	
90	3,5433	3,5425	3,5433	3,5427		3,5433	3,5424		3,5433	3,5412		3,5433	3,5399	
95	3,7402	3,7394	3,7402	3,7396		3,7402	3,7393		3,7402	3,7381		3,7402	3,7368	
100	3,9370	3,9362	3,9370	3,9364	6 L	3,9370	3,9361	9 L	3,9370	3,9349	21 L	3,9370	3,9336	34 L
105	4,1339	4,1331	4,1339	4,1333	8 T	4,1339	4,1330	8 T	4,1339	4,1318	8 T	4,1339	4,1305	8 T
110	4,3307	4,3299	4,3307	4,3301		4,3307	4,3298		4,3307	4,3286		4,3307	4,3273	
120	4,7244	4,7236	4,7244	4,7238		4,7244	4,7235		4,7244	4,7223		4,7244	4,7210	
130	5,1181	5,1171	5,1181	5,1174		5,1181	5,1171		5,1181	5,1156		5,1181	5,1142	
140	5,5118	5,5108	5,5118	5,5111		5,5118	5,5108		5,5118	5,5093		5,5118	5,5079	
150	5,9055	5,9045	5,9055	5,9048	7 L	5,9055	5,9045	10 L	5,9055	5,9030	25 L	5,9055	5,9016	39 L
160	6,2992	6,2982	6,2992	6,2985	10 T	6,2992	6,2982	10 T	6,2992	6,2967	10 T	6,2992	6,2953	10 T
170	6,6929	6,6919	6,6929	6,6922		6,6929	6,6919		6,6929	6,6904		6,6929	6,6890	
180	7,0866	7,0856	7,0866	7,0859		7,0866	7,0856		7,0866	7,0841		7,0866	7,0827	
190	7,4803	7,4791	7,4803	7,4795		7,4803	7,4792		7,4803	7,4775		7,4803	7,4758	
200	7,8740	7,8728	7,8740	7,8732	8 L	7,8740	7,8729	11 L	7,8740	7,8712	28 L	7,8740	7,8695	45 L
220	8,6614	8,6602	8,6614	8,6606	12 T	8,6614	8,6603	12 T	8,6614	8,6586	12 T	8,6614	8,6569	12 T
240	9,4488	9,4476	9,4488	9,4480		9,4488	9,4477		9,4488	9,4460		9,4488	9,4443	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки Допуски												
d			h5			h6			h8			h9			
	Диаметр макс.	Диаметр мин.	Диаметр вала макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]	Диаметр макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]	Диаметр макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]	Диаметр макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2362	10,2353	9 L	10,2362	10,2349	13 L	10,2362	10,2330	32 L	10,2362	10,2311	51 L
280	11,0236	11,0222	11,0236	11,0227	14 T	11,0236	11,0223	14 T	11,0236	11,0204	14 T	11,0236	11,0185	14 T
300	11,8110	11,8096	11,8110	11,8101		11,8110	11,8097		11,8110	11,8078		11,8110	11,8059	
320	12,5984	12,5968	12,5984	12,5974		12,5984	12,5970		12,5984	12,5949		12,5984	12,5929	
340	13,3858	13,3842	13,3858	13,3848	10 L	13,3858	13,3844	14 L	13,3858	13,3823	35 L	13,3858	13,3803	55 L
360	14,1732	14,1716	14,1732	14,1722	16 T	14,1732	14,1718	16 T	14,1732	14,1697	16 T	14,1732	14,1677	16 T
380	14,9606	14,9590	14,9606	14,9596		14,9606	14,9592		14,9606	14,9571		14,9606	14,9551	
400	15,7480	15,7464	15,7480	15,7470		15,7480	15,7466		15,7480	15,7445		15,7480	15,7425	
420	16,5354	16,5336	16,5354	16,5343		16,5354	16,5338		16,5354	16,5316		16,5354	16,5293	
440	17,3228	17,3210	17,3228	17,3217	11 L	17,3228	17,3212	16 L	17,3228	17,3190	38 L	17,3228	17,3167	61 L
460	18,1102	18,1084	18,1102	18,1091	18 T	18,1102	18,1086	18 T	18,1102	18,1064	18 T	18,1102	18,1041	18 T
480	18,8976	18,8958	18,8976	18,8965		18,8976	18,8960		18,8976	18,8938		18,8976	18,8915	
500	19,6850	19,6832	19,6850	19,6839		19,6850	19,6834		19,6850	19,6812		19,6850	19,6789	
530	20,8661	20,8641	–	–		20,8661	20,8644		20,8661	20,8618		20,8661	20,8593	
560	22,0472	22,0452	–	–	–	22,0472	22,0455	17 L	22,0472	22,0429	43 L	22,0472	22,0404	68 L
600	23,6220	23,6200	–	–	–	23,6220	23,6203	20 T	23,6220	23,6177	20 T	23,6220	23,6152	20 T
630	24,8031	24,8011	–	–		24,8031	24,8014		24,8031	24,7988		24,8031	24,7963	
670	26,3780	26,3750	–	–		26,3780	26,3760		26,3780	26,3731		26,3780	26,3701	
710	27,9528	27,9498	–	–	–	27,9528	27,9508	20 L	27,9528	27,9479	49 L	27,9528	27,9449	79 L
750	29,5276	29,5246	–	–	–	29,5276	29,5256	30 T	29,5276	29,5227	30 T	29,5276	29,5197	30 T
800	31,4961	31,4931	–	–		31,4961	31,4941		31,4961	31,4912		31,4961	31,4882	
850	33,4646	33,4607	–	–		33,4646	33,4624		33,4646	33,4591		33,4646	33,4555	
900	35,4331	35,4292	–	–	–	35,4331	35,4309	22 L	35,4331	35,4276	55 L	35,4331	35,4240	91 L
950	37,4016	37,3977	–	–	–	37,4016	37,3994	39 T	37,4016	37,3961	39 T	37,4016	37,3925	39 T
1 000	39,3701	39,3662	–	–		39,3701	39,3679		39,3701	39,3646		39,3701	39,3610	
1 060	41,7323	41,7274	–	–		41,7323	41,7297		41,7323	41,7258		41,7323	41,7221	
1 120	44,0945	44,0896	–	–	–	44,0945	44,0919	26 L	44,0945	44,0880	65 L	44,0945	44,0843	102 L
1 180	46,4567	46,4518	–	–	–	46,4567	46,4541	49 T	46,4567	46,4502	49 T	46,4567	46,4465	49 T
1 250	49,2126	49,2077	–	–		49,2126	49,2100		49,2126	49,2061		49,2126	49,2024	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки												
			Допуски												
d			j5			j6			js4			js5			
	Диаметр		Диаметр вала		По-	Диаметр	вала	По-	Диаметр	вала	По-	Диаметр	вала	По-
	макс.	мин.	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
4	0,1575	0,1572	0,1576	0,1574	1 L	0,1577	0,1574	1 L	–	–	–	0,1576	0,1574	1 L
5	0,1969	0,1966	0,1970	0,1968	4 T	0,1971	0,1968	5 T	–	–	–	0,1970	0,1968	4 T
6	0,2362	0,2359	0,2363	0,2361		0,2364	0,2361		–	–	–	0,2363	0,2361	
7	0,2756	0,2753	0,2758	0,2755		0,2759	0,2755		0,2757	0,2755		0,2757	0,2755	
8	0,3150	0,3147	0,3152	0,3149	1 L	0,3153	0,3149	1 L	0,3151	0,3149	1 L	0,3151	0,3149	1 L
9	0,3543	0,3540	0,3545	0,3542	5 T	0,3546	0,3542	6 T	0,3544	0,3542	4 T	0,3544	0,3542	4 T
10	0,3937	0,3934	0,3939	0,3936		0,3940	0,3936		0,3938	0,3936		0,3938	0,3936	
12	0,4724	0,4721	0,4726	0,4723	1 L	0,4727	0,4723	1 L	0,4725	0,4723	1 L	0,4726	0,4722	2 L
15	0,5906	0,5903	0,5908	0,5905	5 T	0,5909	0,5905	6 T	0,5907	0,5905	4 T	0,5908	0,5904	5 T
17	0,6693	0,6690	0,6695	0,6692		0,6696	0,6692		0,6694	0,6692		0,6695	0,6691	
20	0,7874	0,7870	0,7876	0,7872	2 L	0,7878	0,7872	2 L	0,7875	0,7872	2 L	0,7876	0,7872	2 L
25	0,9843	0,9839	0,9845	0,9841	6 T	0,9847	0,9841	8 T	0,9844	0,9841	5 T	0,9845	0,9841	6 T
30	1,1811	1,1807	1,1813	1,1809		1,1815	1,1809		1,1812	1,1809		1,1813	1,1809	
35	1,3780	1,3775	1,3782	1,3778		1,3784	1,3778		1,3781	1,3778		1,3782	1,3778	
40	1,5748	1,5743	1,5750	1,5746	2 L	1,5752	1,5746	2 L	1,5749	1,5746	2 L	1,5750	1,5746	2 L
45	1,7717	1,7712	1,7719	1,7715	7 T	1,7721	1,7715	9 T	1,7718	1,7715	6 T	1,7719	1,7715	7 T
50	1,9685	1,9680	1,9687	1,9683		1,9689	1,9683		1,9686	1,9683		1,9687	1,9683	
55	2,1654	2,1648	2,1656	2,1651		2,1659	2,1651		2,1655	2,1652		2,1656	2,1651	
60	2,3622	2,3616	2,3624	2,3619		2,3627	2,3619		2,3623	2,3620		2,3624	2,3619	
65	2,5591	2,5585	2,5593	2,5588	3 L	2,5596	2,5588	3 L	2,5592	2,5589	2 L	2,5593	2,5588	3 L
70	2,7559	2,7553	2,7561	2,7556	8 T	2,7564	2,7556	11 T	2,7560	2,7557	7 T	2,7561	2,7556	8 T
75	2,9528	2,9522	2,9530	2,9525		2,9533	2,9525		2,9529	2,9526		2,9530	2,9525	
80	3,1496	3,1490	3,1498	3,1493		3,1501	3,1493		3,1497	3,1494		3,1498	3,1493	
85	3,3465	3,3457	3,3467	3,3461		3,3470	3,3461		3,3467	3,3463		3,3468	3,3462	
90	3,5433	3,5425	3,5435	3,5429		3,5438	3,5429		3,5435	3,5431		3,5436	3,5430	
95	3,7402	3,7394	3,7404	3,7398		3,7407	3,7398		3,7404	3,7400		3,7405	3,7399	
100	3,9370	3,9362	3,9372	3,9366	4 L	3,9375	3,9366	4 L	3,9372	3,9368	2 L	3,9373	3,9367	3 L
105	4,1339	4,1331	4,1341	4,1335	10 T	4,1344	4,1335	13 T	4,1341	4,1337	10 T	4,1342	4,1336	11 T
110	4,3307	4,3299	4,3309	4,3303		4,3312	4,3303		4,3309	4,3305		4,3310	4,3304	
120	4,7244	4,7236	4,7246	4,7240		4,7249	4,7240		4,7246	4,7242		4,7247	4,7241	
130	5,1181	5,1171	5,1184	5,1177		5,1187	5,1177		5,1183	5,1178		5,1184	5,1177	
140	5,5118	5,5108	5,5121	5,5114		5,5124	5,5114		5,5120	5,5115		5,5121	5,5114	
150	5,9055	5,9045	5,9058	5,9051	4 L	5,9061	5,9051	4 L	5,9057	5,9052	3 L	5,9058	5,9051	4 L
160	6,2992	6,2982	6,2995	6,2988	13 T	6,2998	6,2988	16 T	6,2994	6,2989	12 T	6,2995	6,2988	13 T
170	6,6929	6,6919	6,6932	6,6925		6,6935	6,6925		6,6931	6,6926		6,6932	6,6925	
180	7,0866	7,0856	7,0869	7,0862		7,0872	7,0862		7,0868	7,0863		7,0869	7,0862	
190	7,4803	7,4791	7,4806	7,4798		7,4809	7,4798		7,4806	7,4800		7,4807	7,4799	
200	7,8740	7,8728	7,8743	7,8735	5 L	7,8746	7,8735	5 L	7,8743	7,8737	3 L	7,8744	7,8736	4 L
220	8,6614	8,6602	8,6617	8,6609	15 T	8,6620	8,6609	18 T	8,6617	8,6611	15 T	8,6618	8,6610	16 T
240	9,4488	9,4476	9,4491	9,4483		9,4494	9,4483		9,4491	9,4485		9,4492	9,4484	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника d			**Результирующие посадки** Допуски												
			j5			j6			js4			js5			
	Диаметр вала				По-	Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-	
	макс.	мин.	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	
260	10,2362	10,2348	10,2365	10,2356	6 L	10,2368	10,2356	6 L	10,2365	10,2359	3 L	10,2366	10,2357	5 L	
280	11,0236	11,0222	11,0239	11,0230	17 T	11,0242	11,0230	20 T	11,0239	11,0233	17 T	11,0240	11,0231	18 T	
300	11,8110	11,8096	11,8113	11,8104		11,8116	11,8104		11,8113	11,8107		11,8114	11,8105		
320	12,5984	12,5968	12,5987	12,5977		12,5991	12,5977		–	–		12,5989	12,5979		
340	13,3858	13,3842	13,3861	13,3851	7 L	13,3865	13,3851	7 L	–	–		13,3863	13,3853	5 L	
360	14,1732	14,1716	14,1735	14,1725	19 T	14,1739	14,1725	23 T	–	–	–	14,1737	14,1727	21 T	
380	14,9606	14,9590	14,9609	14,9599		14,9613	14,9599		–	–		14,9611	14,9601		
400	15,7480	15,7464	15,7483	15,7473		15,7487	15,7473		–	–		15,7485	15,7475		
420	16,5354	16,5336	16,5357	16,5346		16,5362	16,5346		–	–		16,5359	16,5349		
440	17,3228	17,3210	17,3231	17,3220	8 L	17,3236	17,3220	8 L	–	–	–	17,3233	17,3223	5 L	
460	18,1102	18,1084	18,1105	18,1094	21 T	18,1110	18,1094	26 T	–	–	–	18,1107	18,1097	23 T	
480	18,8976	18,8958	18,8979	18,8968		18,8984	18,8968		–	–		18,8981	18,8971		
500	19,6850	19,6832	19,6853	19,6842		19,6858	19,6842		–	–		19,6855	19,6845		
530	20,8661	20,8641	–	–		20,8670	20,8652		–	–		20,8666	20,8655		
560	22,0472	22,0452	–	–	–	22,0481	22,0463	9 L	–	–	–	22,0477	22,0466	6 L	
600	23,6220	23,6200	–	–	–	23,6229	23,6211	29 T	–	–	–	23,6225	23,6214	25 T	
630	24,8031	24,8011	–	–		24,8040	24,8022		–	–		24,8036	24,8025		
670	26,3780	26,3750	–	–		26,3790	26,3770		–	–		26,3786	26,3774		
710	27,9528	27,9498	–	–	–	27,9538	27,9518	10 L	–	–	–	27,9534	27,9522	6 L	
750	29,5276	29,5246	–	–	–	29,5286	29,5266	40 T	–	–	–	29,5282	29,5270	36 T	
800	31,4961	31,4931	–	–		31,4971	31,4951		–	–		31,4967	31,4955		
850	33,4646	33,4607	–	–		33,4657	33,4635		–	–		33,4653	33,4639		
900	35,4331	35,4292	–	–	–	35,4342	35,4320	11 L	–	–	–	35,4338	35,4324	7 L	
950	37,4016	37,3977	–	–	–	37,4027	37,4005	50 T	–	–	–	37,4023	37,4009	46 T	
1 000	39,3701	39,3662	–	–		39,3712	39,3690		–	–		39,3708	39,3694		
1 060	41,7323	41,7274	–	–		41,7336	41,7310		–	–		41,7331	41,7315		
1 120	44,0945	44,0896	–	–	–	44,0958	44,0932	13 L	–	–	–	44,0953	44,0937	8 L	
1 180	46,4567	46,4518	–	–	–	46,4580	46,4554	62 T	–	–	–	46,4575	46,4559	57 T	
1 250	49,2126	49,2077	–	–		49,2139	49,2113		–	–		49,2134	49,2118		

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника d			Результирующие посадки Допуски js6			js7			k4			k5		
	Диаметр вала макс.	мин.	Диаметр вала макс.	мин.	По-садка[1]	Диаметр вала макс.	мин.	По-садка[1]	Диаметр вала макс.	мин.	По-садка[1]	Диаметр вала макс.	мин.	По-садка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
4	0,1575	0,1572	0,1577	0,1573	2 L	0,1577	0,1572	3 T	0,1577	0,1575	0 T	0,1577	0,1575	0 T
5	0,1969	0,1966	0,1971	0,1967	5 T	0,1971	0,1966	5 T	0,1971	0,1969	5 T	0,1971	0,1969	5 T
6	0,2362	0,2359	0,2364	0,2360		0,2364	0,2359		0,2364	0,2362		0,2364	0,2362	
7	0,2756	0,2753	0,2758	0,2754		0,2759	0,2753		0,2758	0,2756		0,2759	0,2756	
8	0,3150	0,3147	0,3152	0,3148	2 L	0,3153	0,3147	3 T	0,3152	0,3150	0 T	0,3153	0,3150	0 T
9	0,3543	0,3540	0,3545	0,3541	5 T	0,3546	0,3540	6 T	0,3545	0,3543	5 T	0,3546	0,3543	6 T
10	0,3937	0,3934	0,3939	0,3935		0,3940	0,3934		0,3939	0,3937		0,3940	0,3937	
12	0,4724	0,4721	0,4726	0,4722	2 L	0,4727	0,4720	4 T	0,4727	0,4724	0 T	0,4728	0,4724	0 T
15	0,5906	0,5903	0,5908	0,5904	5 T	0,5909	0,5902	6 T	0,5909	0,5906	6 T	0,5910	0,5906	7 T
17	0,6693	0,6690	0,6695	0,6691		0,6696	0,6689		0,6696	0,6693		0,6697	0,6693	
20	0,7874	0,7870	0,7876	0,7871	3 L	0,7878	0,7870	4 T	0,7877	0,7874	0 T	0,7878	0,7875	1 T
25	0,9843	0,9839	0,9845	0,9840	6 T	0,9847	0,9839	8 T	0,9846	0,9843	7 T	0,9847	0,9844	8 T
30	1,1811	1,1807	1,1813	1,1808		1,1815	1,1807		1,1814	1,1811		1,1815	1,1812	
35	1,3780	1,3775	1,3783	1,3777		1,3784	1,3775		1,3783	1,3781		1,3785	1,3781	
40	1,5748	1,5743	1,5751	1,5745	3 L	1,5752	1,5743	5 T	1,5751	1,5749	1 T	1,5753	1,5749	1 T
45	1,7717	1,7712	1,7720	1,7714	8 T	1,7721	1,7712	9 T	1,7720	1,7718	8 T	1,7722	1,7718	10 T
50	1,9685	1,9680	1,9688	1,9682		1,9689	1,9680		1,9688	1,9686		1,9690	1,9686	
55	2,1654	2,1648	2,1658	2,1650		2,1659	2,1648		2,1658	2,1655		2,1660	2,1655	
60	2,3622	2,3616	2,3626	2,3618		2,3627	2,3616		2,3626	2,3623		2,3628	2,3623	
65	2,5591	2,5585	2,5595	2,5587	4 L	2,5596	2,5585	6 T	2,5595	2,5592	1 T	2,5597	2,5592	1 T
70	2,7559	2,7553	2,7563	2,7555	10 T	2,7564	2,7553	11 T	2,7563	2,7560	10 T	2,7565	2,7560	12 T
75	2,9528	2,9522	2,9532	2,9524		2,9533	2,9522		2,9532	2,9529		2,9534	2,9529	
80	3,1496	3,1490	3,1500	3,1492		3,1501	3,1490		3,1500	3,1497		3,1502	3,1497	
85	3,3465	3,3457	3,3469	3,3461		3,3472	3,3458		3,3470	3,3466		3,3472	3,3466	
90	3,5433	3,5425	3,5437	3,5429		3,5440	3,5426		3,5438	3,5434		3,5440	3,5434	
95	3,7402	3,7394	3,7406	3,7398	4 L	3,7409	3,7395	7 T	3,7407	3,7403	1 T	3,7409	3,7403	1 T
100	3,9370	3,9362	3,9374	3,9366	12 T	3,9377	3,9363	15 T	3,9375	3,9371	13 T	3,9377	3,9371	15 T
105	4,1339	4,1331	4,1343	4,1335		4,1346	4,1332		4,1344	4,1340		4,1346	4,1340	
110	4,3307	4,3299	4,3311	4,3303		4,3314	4,3300		4,3312	4,3308		4,3314	4,3308	
120	4,7244	4,7236	4,7248	4,7240		4,7251	4,7237		4,7249	4,7245		4,7251	4,7245	
130	5,1181	5,1171	5,1186	5,1176		5,1189	5,1173		5,1187	5,1182		5,1189	5,1182	
140	5,5118	5,5108	5,5123	5,5113		5,5126	5,5110		5,5124	5,5119		5,5126	5,5119	
150	5,9055	5,9045	5,9060	5,9050	5 L	5,9063	5,9047	8 T	5,9061	5,9056	1 T	5,9063	5,9056	1 T
160	6,2992	6,2982	6,2997	6,2987	15 T	6,3000	6,2984	18 T	6,2998	6,2993	16 T	6,3000	6,2993	18 T
170	6,6929	6,6919	6,6934	6,6924		6,6937	6,6921		6,6935	6,6930		6,6937	6,6930	
180	7,0866	7,0856	7,0871	7,0861		7,0874	7,0858		7,0872	7,0867		7,0874	7,0867	
190	7,4803	7,4791	7,4809	7,4797		7,4812	7,4794		7,4810	7,4805		7,4812	7,4805	
200	7,8740	7,8728	7,8746	7,8734	6 L	7,8749	7,8731	9 T	7,8747	7,8742	2 T	7,8749	7,8742	2 T
220	8,6614	8,6602	8,6620	8,6608	18 T	8,6623	8,6605	21 T	8,6621	8,6616	19 T	8,6623	8,6616	21 T
240	9,4488	9,4476	9,4494	9,4482		9,4497	9,4479		9,4495	9,4490		9,4497	9,4490	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки Допуски												
d			js6			js7			k4			k5			
	Диаметр вала				По-	Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-	Диаметр вала		По-	
	макс.	мин.	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	
260	10,2362	10,2348	10,2368	10,2356	6 L	10,2372	10,2352	10 T	10,2370	10,2364	2 T	10,2373	10,2364	2 T	
280	11,0236	11,0222	11,0242	11,0230	20 T	11,0246	11,0226	24 T	11,0244	11,0238	22 T	11,0247	11,0238	25 T	
300	11,8110	11,8096	11,8116	11,8104		11,8120	11,8100		11,8118	11,8112		11,8121	11,8112		
320	12,5984	12,5968	12,5991	12,5977		12,5996	12,5973		12,5992	12,5986		12,5995	12,5986		
340	13,3858	13,3842	13,3865	13,3851	7 L	13,3870	13,3847	11 T	13,3866	13,3860	2 T	13,3869	13,3860	2 T	
360	14,1732	14,1716	14,1739	14,1725	23 T	14,1744	14,1721	28 T	14,1740	14,1734	24 T	14,1743	14,1734	27 T	
380	14,9606	14,9590	14,9613	14,9599		14,9618	14,9595		14,9614	14,9608		14,9617	14,9608		
400	15,7480	15,7464	15,7487	15,7473		15,7492	15,7469		15,7488	15,7482		15,7491	15,7482		
420	16,5354	16,5336	16,5362	16,5346		16,5367	16,5342		16,5364	16,5356		16,5367	16,5356		
440	17,3228	17,3210	17,3236	17,3220	8 L	17,3241	17,3216	12 T	17,3238	17,3230	2 T	17,3241	17,3230	2 T	
460	18,1102	18,1084	18,1110	18,1094	26 T	18,1115	18,1090	31 T	18,1112	18,1104	28 T	18,1115	18,1104	31 T	
480	18,8976	18,8958	18,8984	18,8968		18,8989	18,8964		18,8986	18,8978		18,8989	18,8978		
500	19,6850	19,6832	19,6858	19,6842		19,6863	19,6838		19,6860	19,6852		19,6863	19,6852		
530	20,8661	20,8641	20,8669	20,8652		20,8675	20,8648		–	–		20,8673	20,8661		
560	22,0472	22,0452	22,0480	22,0463	9 L	22,0486	22,0459	13 T	–	–	–	22,0484	22,0472	0 T	
600	23,6220	23,6200	23,6228	23,6211	28 T	23,6234	23,6207	34 T	–	–	–	23,6232	23,6220	32 T	
630	24,8031	24,8011	24,8039	24,8022		24,8045	24,8018		–	–		24,8043	24,8031		
670	26,3780	26,3750	26,3789	26,3770		26,3795	26,3764		–	–		26,3794	26,3780		
710	27,9528	27,9498	27,9537	27,9518	10 L	27,9543	27,9512	16 T	–	–	–	27,9542	27,9528	0 T	
750	29,5276	29,5246	29,5285	29,5266	39 T	29,5291	29,5260	45 T	–	–	–	29,5290	29,5276	44 T	
800	31,4961	31,4931	31,4970	31,4951		31,4976	31,4945		–	–		31,4975	31,4961		
850	33,4646	33,4607	33,4657	33,4635		33,4663	33,4628		–	–		33,4662	33,4646		
900	35,4331	35,4292	35,4342	35,4320	11 L	35,4348	35,4313	18 T	–	–	–	35,4347	35,4331	0 T	
950	37,4016	37,3977	37,4027	37,4005	50 T	37,4033	37,3998	56 T	–	–	–	37,4032	37,4016	55 T	
1 000	39,3701	39,3662	39,3712	39,3690		39,3718	39,3683		–	–		39,3717	39,3701		
1 060	41,7323	41,7274	41,7336	41,7310		41,7343	41,7302		–	–		41,7341	41,7323		
1 120	44,0945	44,0896	44,0958	44,0932	13 L	44,0965	44,0924	21 T	–	–	–	44,0963	44,0945	0 T	
1 180	46,4567	46,4518	46,4580	46,4554	62 T	46,4587	46,4546	69 T	–	–	–	46,4585	46,4567	67 T	
1 250	49,2126	49,2077	49,2139	49,2113		49,2146	49,2105		–	–		49,2144	49,2126		

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки											
			Допуски											
d			k6			m5			m6			n5		
	Диаметр		Диаметр вала		По-	Диаметр		По-	Диаметр		Посадка[1]	Диаметр		Посад-
	макс.	мин.	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.	садка[1]	макс.	мин.		макс.	мин.	ка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
4	0,1575	0,1572	0,1579	0,1575	0 T	0,1579	0,1577	2 T	0,1580	0,1577	2 T	0,1580	0,1578	3 T
5	0,1969	0,1966	0,1973	0,1969	7 T	0,1973	0,1971	7 T	0,1974	0,1971	8 T	0,1974	0,1972	8 T
6	0,2362	0,2359	0,2366	0,2362		0,2366	0,2364		0,2367	0,2364		0,2367	0,2365	
7	0,2756	0,2753	0,2760	0,2756		0,2761	0,2758		0,2762	0,2758		0,2762	0,2760	
8	0,3150	0,3147	0,3154	0,3150	0 T	0,3155	0,3152	2 T	0,3156	0,3152	2 T	0,3156	0,3154	4 T
9	0,3543	0,3540	0,3547	0,3543	7 T	0,3548	0,3545	8 T	0,3549	0,3545	9 T	0,3549	0,3547	9 T
10	0,3937	0,3934	0,3941	0,3937		0,3942	0,3939		0,3943	0,3939		0,3943	0,3941	
12	0,4724	0,4721	0,4729	0,4724	0 T	0,4730	0,4727	3 T	0,4731	0,4727	3 T	0,4732	0,4729	5 T
15	0,5906	0,5903	0,5911	0,5906	8 T	0,5912	0,5909	9 T	0,5913	0,5909	10 T	0,5914	0,5911	11 T
17	0,6693	0,6690	0,6698	0,6693		0,6699	0,6696		0,6700	0,6696		0,6701	0,6698	
20	0,7874	0,7870	0,7880	0,7875	1 T	0,7881	0,7877	3 T	0,7882	0,7877	3 T	0,7883	0,7880	6 T
25	0,9843	0,9839	0,9849	0,9844	10 T	0,9850	0,9846	11 T	0,9851	0,9846	12 T	0,9852	0,9849	13 T
30	1,1811	1,1807	1,1817	1,1812		1,1818	1,1814		1,1819	1,1814		1,1820	1,1817	
35	1,3780	1,3775	1,3787	1,3781		1,3788	1,3784		1,3790	1,3784		1,3791	1,3787	
40	1,5748	1,5743	1,5755	1,5749	1 T	1,5756	1,5752	4 T	1,5758	1,5752	4 T	1,5759	1,5755	7 T
45	1,7717	1,7712	1,7724	1,7718	12 T	1,7725	1,7721	13 T	1,7727	1,7721	15 T	1,7728	1,7724	16 T
50	1,9685	1,9680	1,9692	1,9686		1,9693	1,9689		1,9695	1,9689		1,9696	1,9692	
55	2,1654	2,1648	2,1662	2,1655		2,1663	2,1658		2,1666	2,1658		2,1667	2,1662	
60	2,3622	2,3616	2,3630	2,3623		2,3631	2,3626		2,3634	2,3626		2,3635	2,3630	
65	2,5591	2,5585	2,5599	2,5592	1 T	2,5600	2,5595	4 T	2,5603	2,5595	4 T	2,5604	2,5599	8 T
70	2,7559	2,7553	2,7567	2,7560	14 T	2,7568	2,7563	15 T	2,7571	2,7563	18 T	2,7572	2,7567	19 T
75	2,9528	2,9522	2,9536	2,9529		2,9537	2,9532		2,9540	2,9532		2,9541	2,9536	
80	3,1496	3,1490	3,1504	3,1497		3,1505	3,1500		3,1508	3,1500		3,1509	3,1504	
85	3,3465	3,3457	3,3475	3,3466		3,3476	3,3470		3,3479	3,3470		3,3480	3,3474	
90	3,5433	3,5425	3,5443	3,5434		3,5444	3,5438		3,5447	3,5438		3,5448	3,5442	
95	3,7402	3,7394	3,7412	3,7403		3,7413	3,7407		3,7416	3,7407		3,7417	3,7411	
100	3,9370	3,9362	3,9380	3,9371	1 T	3,9381	3,9375	5 T	3,9384	3,9375	5 T	3,9385	3,9379	9 T
105	4,1339	4,1331	4,1349	4,1340	18 T	4,1350	4,1344	19 T	4,1353	4,1344	22 T	4,1354	4,1348	23 T
110	4,3307	4,3299	4,3317	4,3308		4,3318	4,3312		4,3321	4,3312		4,3322	4,3316	
120	4,7244	4,7236	4,7254	4,7245		4,7255	4,7249		4,7258	4,7249		4,7259	4,7253	
130	5,1181	5,1171	5,1192	5,1182		5,1194	5,1187		5,1197	5,1187		5,1199	5,1192	
140	5,5118	5,5108	5,5129	5,5119		5,5131	5,5124		5,5134	5,5124		5,5136	5,5129	
150	5,9055	5,9045	5,9066	5,9056	1 T	5,9068	5,9061	6 T	5,9071	5,9061	6 T	5,9073	5,9066	11 T
160	6,2992	6,2982	6,3003	6,2993	21 T	6,3005	6,2998	23 T	6,3008	6,2998	26 T	6,3010	6,3003	28 T
170	6,6929	6,6919	6,6940	6,6930		6,6942	6,6935		6,6945	6,6935		6,6947	6,6940	
180	7,0866	7,0856	7,0877	7,0867		7,0879	7,0872		7,0882	7,0872		7,0884	7,0877	
190	7,4803	7,4791	7,4815	7,4805		7,4818	7,4810		7,4821	7,4810		7,4823	7,4815	
200	7,8740	7,8728	7,8753	7,8742	2 T	7,8755	7,8747	7 T	7,8758	7,8747	7 T	7,8760	7,8752	12 T
220	8,6614	8,6602	8,6627	8,6616	25 T	8,6629	8,6621	27 T	8,6632	8,6621	30 T	8,6634	8,6626	32 T
240	9,4488	9,4476	9,4501	9,4490		9,4503	9,4495		9,4506	9,4495		9,4508	9,4500	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Приложение B-3

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника d			**Результирующие посадки** Допуски k6 Диаметр вала			m5 Диаметр вала			m6 Диаметр вала			n5 Диаметр вала		
	макс.	мин.	макс.	мин.	По-садка[1]	макс.	мин.	По-садка[1]	макс.	мин.	По-садка[1]	макс.	мин.	По-садка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2376	10,2364	2 T	10,2379	10,2370	8 T	10,2382	10,2370	8 T	10,2384	10,2375	13 T
280	11,0236	11,0222	11,0250	11,0238	28 T	11,0253	11,0244	31 T	11,0256	11,0244	34 T	11,0258	11,0249	36 T
300	11,8110	11,8096	11,8124	11,8112		11,8127	11,8118		11,8130	11,8118		11,8132	11,8123	
320	12,5984	12,5968	12,6000	12,5986	2 T	12,6002	12,5992	8 T	12,6006	12,5992	8 T	12,6008	12,5999	15 T
340	13,3858	13,3842	13,3874	13,3860	32 T	13,3876	13,3866	34 T	13,3880	13,3866	38 T	13,3882	13,3873	40 T
360	14,1732	14,1716	14,1748	14,1734		14,1750	14,1740		14,1754	14,1740		14,1756	14,1747	
380	14,9606	14,9590	14,9622	14,9608		14,9624	14,9614		14,9628	14,9614		14,9630	14,9621	
400	15,7480	15,7464	15,7496	15,7482		15,7498	15,7488		15,7502	15,7488		15,7504	15,7495	
420	16,5354	16,5336	16,5372	16,5356	2 T	16,5374	16,5363	9 T	16,5379	16,5363	9 T	16,5380	16,5370	16 T
440	17,3228	17,3210	17,3246	17,3230	36 T	17,3248	17,3237	38 T	17,3253	17,3237	43 T	17,3254	17,3244	44 T
460	18,1102	18,1084	18,1120	18,1104		18,1122	18,1111		18,1127	18,1111		18,1128	18,1118	
480	18,8976	18,8958	18,8994	18,8978		18,8996	18,8985		18,9001	18,8985		18,9002	18,8992	
500	19,6850	19,6832	19,6868	19,6852		19,6870	19,6859		19,6875	19,6859		19,6876	19,6866	
530	20,8661	20,8641	20,8678	20,8661	0 T	20,8683	20,8671	10 T	–	–	–	20,8689	20,8678	17 T
560	22,0472	22,0452	22,0489	22,0472	37 T	22,0494	22,0482	42 T	–	–	–	22,0500	22,0489	48 T
600	23,6220	23,6200	23,6237	23,6220		23,6242	23,6230		–	–		23,6248	23,6237	
630	24,8031	24,8011	24,8048	24,8031		24,8053	24,8041		–	–		24,8059	24,8048	
670	26,3780	26,3750	26,3799	26,3780	0 T	26,3806	26,3792	12 T	–	–	–	26,3812	26,3800	20 T
710	27,9528	27,9498	27,9547	27,9528	49 T	27,9554	27,9540	56 T	–	–	–	27,9560	27,9548	62 T
750	29,5276	29,5246	29,5295	29,5276		29,5302	29,5288		–	–		29,5308	29,5296	
800	31,4961	31,4931	31,4980	31,4961		31,4987	31,4973		–	–		31,4993	31,4981	
850	33,4646	33,4607	33,4668	33,4646	0 T	33,4675	33,4659	13 T	–	–	–	33,4683	33,4668	22 T
900	35,4331	35,4292	35,4353	35,4331	61 T	35,4360	35,4344	68 T	–	–	–	35,4368	35,4353	76 T
950	37,4016	37,3977	37,4038	37,4016		37,4045	37,4029		–	–		37,4053	37,4038	
1 000	39,3701	39,3662	39,3723	39,3701		39,3730	39,3714		–	–		39,3738	39,3723	
1 060	41,7323	41,7274	41,7349	41,7323	0 T	41,7357	41,7339	16 T	–	–	–	41,7366	41,7349	26 T
1 120	44,0945	44,0896	44,0971	44,0945	75 T	44,0979	44,0961	83 T	–	–	–	44,0988	44,0971	92 T
1 180	46,4567	46,4518	46,4593	46,4567		46,4601	46,4583		–	–		46,4610	46,4593	
1 250	49,2126	49,2077	49,2152	49,2126		49,2160	49,2142		–	–		49,2169	49,2152	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

13

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника			Результирующие посадки												
d			Допуски n6			p6			p7			r6			
	Диаметр макс.	Диаметр мин.	Диаметр вала макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]	Диаметр макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]	Диаметр макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]	Диаметр макс.	Диаметр вала мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
85	3,3465	3,3457	3,3483	3,3474		3,3488	3,3480		3,3493	3,3480		–	–	
90	3,5433	3,5425	3,5451	3,5442		3,5456	3,5448		3,5461	3,5448		–	–	
95	3,7402	3,7394	3,7420	3,7411	9 T	3,7425	3,7417	15 T	3,7430	3,7417	15 T	–	–	–
100	3,9370	3,9362	3,9388	3,9379	26 T	3,9393	3,9385	31 T	3,9398	3,9385	36 T	–	–	–
105	4,1339	4,1331	4,1357	4,1348		4,1362	4,1354		4,1367	4,1354		–	–	
110	4,3307	4,3299	4,3325	4,3316		4,3330	4,3322		4,3335	4,3322		–	–	
120	4,7244	4,7236	4,7262	4,7253		4,7267	4,7259		4,7272	4,7259		–	–	
130	5,1181	5,1171	5,1201	5,1192		5,1208	5,1198		5,1214	5,1198		5,1216	5,1207	
140	5,5118	5,5108	5,5138	5,5129		5,5145	5,5135		5,5151	5,5135		5,5153	5,5144	
150	5,9055	5,9045	5,9075	5,9066	11 T	5,9082	5,9072	17 T	5,9088	5,9072	17 T	5,9090	5,9081	26 T
160	6,2992	6,2982	6,3012	6,3003	30 T	6,3019	6,3009	37 T	6,3025	6,3009	43 T	6,3027	6,3018	45 T
170	6,6929	6,6919	6,6949	6,6940		6,6956	6,6946		6,6962	6,6946		6,6964	6,6955	
180	7,0866	7,0856	7,0886	7,0877		7,0893	7,0883		7,0899	7,0883		7,0901	7,0892	
190	7,4803	7,4791	7,4827	7,4815		7,4834	7,4823		7,4841	7,4823		7,4845	7,4833	30 T
200	7,8740	7,8728	7,8764	7,8752	12 T	7,8771	7,8760	20 T	7,8778	7,8760	20 T	7,8782	7,8770	54 T
220	8,6614	8,6602	8,6638	8,6626	36 T	8,6645	8,6634	43 T	8,6652	8,6634	50 T	8,6657	8,6645	31T/55T
240	9,4488	9,4476	9,4512	9,4500		9,4519	9,4508		9,4526	9,4508		9,4532	9,4521	33 T
260	10,2362	10,2348	10,2388	10,2375		10,2397	10,2384		10,2405	10,2384		10,2412	10,2399	37 T
280	11,0236	11,0222	11,0262	11,0249	13 T	11,0271	11,0258	22 T	11,0279	11,0258	22 T	11,0286	11,0273	64 T
300	11,8110	11,8096	11,8136	11,8123	40 T	11,8145	11,8132	49 T	11,8153	11,8132	57 T	11,8161	11,8149	39T/65T
320	12,5984	12,5968	12,6013	12,5999		12,6023	12,6008		12,6031	12,6009		12,6041	12,6027	43 T
340	13,3858	13,3842	13,3887	13,3873		13,3897	13,3882		13,3905	13,3883		13,3915	13,3901	73 T
360	14,1732	14,1716	14,1761	14,1747	15 T	14,1771	14,1756	24 T	14,1779	14,1757	25 T	14,1791	14,1777	
380	14,9606	14,9590	14,9635	14,9621	45 T	14,9645	14,9630	55 T	14,9653	14,9631	63 T	14,9665	14,9651	45 T
400	15,7480	15,7464	15,7509	15,7495		15,7519	15,7504		15,7527	15,7505		15,7539	15,7525	75 T
420	16,5354	16,5336	16,5385	16,5370		16,5397	16,5381		16,5406	16,5381		16,5419	16,5404	50 T
440	17,3228	17,3210	17,3259	17,3244		17,3271	17,3255		17,3280	17,3255		17,3293	17,3278	83 T
460	18,1102	18,1084	18,1133	18,1118	16 T	18,1145	18,1129	27 T	18,1154	18,1129	27 T	18,1170	18,1154	
480	18,8976	18,8958	18,9007	18,8992	49 T	18,9019	18,9003	61 T	18,9028	18,9003	70 T	18,9044	18,9028	52 T
500	19,6850	19,6832	19,6881	19,6866		19,6893	19,6877		19,6902	19,6877		19,6918	19,6902	86 T
530	20,8661	20,8641	20,8696	20,8678		20,8709	20,8692		20,8720	20,8692		20,8737	20,8720	59 T
560	22,0472	22,0452	22,0507	22,0489	17 T	22,0520	22,0503	31 T	22,0531	22,0503	31 T	22,0548	22,0531	96 T
600	23,6220	23,6200	23,6255	23,6237	55 T	23,6268	23,6251	68 T	23,6279	23,6251	79 T	23,6298	23,6281	61 T
630	24,8031	24,8011	24,8066	24,8048		24,8079	24,8062		24,8090	24,8062		24,8109	24,8092	98 T
670	26,3780	26,3750	26,3819	26,3800		26,3834	26,3815		26,3846	26,3814		26,3869	26,3849	69 T
710	27,9528	27,9498	27,9567	27,9548	20 T	27,9582	27,9563	35 T	27,9594	27,9562	34 T	27,9617	27,9597	119 T
750	29,5276	29,5246	29,5315	29,5296	69 T	29,5330	29,5311	84 T	29,5342	29,5310	96 T	29,5369	29,5349	73T
800	31,4961	31,4931	31,5000	31,4981		31,5015	31,4996		31,5027	31,4995		31,5054	31,5034	123 T
850	33,4646	33,4607	33,4690	33,4668		33,4707	33,4685		33,4721	33,4685		33,4751	33,4729	83 T
900	35,4331	35,4292	35,4375	35,4353	22 T	35,4392	35,4370	39 T	35,4406	35,4370	39 T	35,4436	35,4414	144 T
950	37,4016	37,3977	37,4060	37,4038	83 T	37,4077	37,4055	100 T	37,4091	37,4055	114 T	37,4125	37,4103	87 T
1 000	39,3701	39,3662	39,3745	39,3723		39,3762	39,3740		39,3776	39,3740		39,3810	39,3788	148 T
1 060	41,7323	41,7274	41,7375	41,7349		41,7396	41,7370		41,7412	41,7370		41,7447	41,7421	98 T
1 120	44,0945	44,0896	44,0997	44,0971	26 T	44,1018	44,0992	47 T	44,1034	44,0992	47 T	44,1069	44,1043	173 T
1 180	46,4567	46,4518	46,4619	46,4593	101 T	46,4640	46,4614	122 T	46,4656	46,4614	138 T	46,4695	46,4669	102 T
1 250	49,2126	49,2077	49,2178	49,2152		49,2199	49,2173		49,2215	49,2173		49,2254	49,2226	177T

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски валов и результирующие посадки (дюймовые)

Диаметр отверстия подшипника d			Результирующие посадки Допуски r7 Диаметр вала			$s6_{мин.}$ ± IT6/2 Диаметр вала			$s7_{мин.}$ ± IT7/2 Диаметр вала		
	макс.	мин.	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
200	7,8740	7,8728	–	–	–	7,8797	7,8785	45 T	7,8800	7,8782	42 T
220	8,6614	8,6602	8,6664	8,6645	31T/62T	8,6671	8,6659	69 T	8,6674	8,6656	72 T
240	9,4488	9,4476	9,4539	9,4521	33 T	9,4549	9,4537	49 T/73 T	9,4552	9,4534	46 T/76 T
260	10,2362	10,2348	10,2419	10,2399	37 T	10,2431	10,2418	56 T	10,2435	10,2414	52 T
280	11,0236	11,0222	11,0293	11,0273	71 T	11,0305	11,0292	83 T	11,0309	11,0288	87 T
300	11,8110	11,8096	11,8169	11,8149	39 T/73 T	11,8183	11,8171	61 T/87 T	11,8187	11,8167	57 T/91 T
320	12,5984	12,5968	12,6049	12,6027	43 T	12,6066	12,6052	68 T	12,6070	12,6048	64 T
340	13,3858	13,3842	13,3923	13,3901	81 T	13,3940	13,3926	98 T	13,3944	13,3922	102 T
360	14,1732	14,1716	14,1799	14,1777	45 T	14,1821	14,1807	75 T	14,1825	14,1803	71 T
380	14,9606	14,9590	14,9673	14,9651	83 T	14,9695	14,9681	105 T	14,9699	14,9677	109 T
400	15,7480	15,7464	15,7547	15,7525		15,7569	15,7555		15,7573	15,7551	
420	16,5354	16,5336	16,5428	16,5404	50 T	16,5454	16,5438	84 T	16,5458	16,5433	79 T
440	17,3228	17,3210	17,3302	17,3278	92 T	17,3328	17,3312	118 T	17,3332	17,3307	122 T
460	18,1102	18,1084	18,1179	18,1154	52 T	18,1209	18,1194	92 T	18,1214	18,1189	87 T
480	18,8976	18,8958	18,9053	18,9028	95 T	18,9083	18,9068	125 T	18,9088	18,9063	130 T
500	19,6850	19,6832	19,6927	19,6902		19,6957	19,6942		19,6962	19,6937	
530	20,8661	20,8641	20,8748	20,8720	59 T	20,8780	20,8763	102 T	20,8785	20,8758	97 T
560	22,0472	22,0452	22,0559	22,0531	107 T	22,0591	22,0574	139 T	22,0596	22,0569	144 T
600	23,6220	23,6200	23,6309	23,6281	61 T	23,6351	23,6334	114 T	23,6356	23,6329	109 T
630	24,8031	24,8011	24,8120	24,8092	109 T	24,8162	24,8145	151 T	24,8167	24,8140	156 T
670	26,3780	26,3750	26,3880	26,3848	68 T	26,3923	26,3904	124 T	26,3929	26,3898	118 T
710	27,9528	27,9498	27,9628	27,9596	130 T	27,9671	27,9652	173 T	27,9677	27,9646	179 T
750	29,5276	29,5246	29,5380	29,5349	73T	29,5435	29,5415	139 T	29,5441	29,5409	133 T
800	31,4961	31,4931	31,5065	31,5034	134 T	31,5120	31,5100	189 T	31,5126	31,5094	195 T
850	33,4646	33,4607	33,4764	33,4729	83 T	33,4826	33,4804	158 T	33,4833	33,4797	151 T
900	35,4331	35,4292	35,4449	35,4414	157 T	35,4511	35,4489	219 T	35,4518	35,4482	226 T
950	37,4016	37,3977	37,4138	37,4103	87 T	37,4212	37,4190	174 T	37,4219	37,4183	167 T
1 000	39,3701	39,3662	39,3823	39,3788	161 T	39,3897	39,3875	235 T	39,3904	39,3868	242 T
1 060	41,7323	41,7274	41,7463	41,7421	98 T	41,7541	41,7515	192 T	41,7548	41,7507	184 T
1 120	44,0945	44,0896	44,1085	44,1043	189 T	44,1163	44,1137	267 T	44,1170	44,1129	274 T
1 180	46,4567	46,4518	46,4711	46,4669	102 T	46,4808	46,4782	215 T	46,4816	46,4774	207 T
1 250	49,2126	49,2077	49,2270	49,2228	193 T	49,2367	49,2341	290 T	49,2375	49,2333	298 T

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски F7 Посадочное отверстие в корпусе			G7 Посадочное отверстие в корпусе			H6 Посадочное отверстие в корпусе			H7 Посадочное отверстие в корпусе		
	макс.	мин.	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
16	0,6299	0,6296	0,6305	0,6312	16 L 6 L	0,6301	0,6308	12 L 2 L	0,6299	0,6303	7 L 0 L	0,6299	0,6306	10 L 0 L
19	0,7480	0,7476	0,7488	0,7496		0,7483	0,7491		0,7480	0,7485		0,7480	0,7488	
22	0,8661	0,8657	0,8669	0,8677		0,8664	0,8672		0,8661	0,8666		0,8661	0,8669	
24	0,9449	0,9445	0,9457	0,9465	20 L	0,9452	0,9460	15 L	0,9449	0,9454	9 L	0,9449	0,9457	12 L
26	1,0236	1,0232	1,0244	1,0252	8 L	1,0239	1,0247	3 L	1,0236	1,0241	0 L	1,0236	1,0244	0 L
28	1,1024	1,1020	1,1032	1,1040		1,1027	1,1035		1,1024	1,1029		1,1024	1,1032	
30	1,1811	1,1807	1,1819	1,1827		1,1814	1,1822		1,1811	1,1816		1,1811	1,1819	
32	1,2598	1,2594	1,2608	1,2618		1,2602	1,2611		1,2598	1,2604		1,2598	1,2608	
35	1,3780	1,3776	1,3790	1,4000		1,3784	1,3793		1,3780	1,3786		1,3780	1,3790	
37	1,4567	1,4563	1,4577	1,4587	24 L	1,4571	1,4580	17 L	1,4567	1,4573	10 L	1,4567	1,4577	14 L
40	1,5748	1,5744	1,5758	1,5768	10 L	1,5752	1,5761	4 L	1,5748	1,5754	0 L	1,5748	1,5758	0 L
42	1,6535	1,6531	1,6545	1,6555		1,6539	1,6548		1,6535	1,6541		1,6535	1,6545	
47	1,8504	1,8500	1,8514	1,8524		1,8508	1,8517		1,8504	1,8510		1,8504	1,8514	
52	2,0472	2,0467	2,0484	2,0496		2,0476	2,0488		2,0472	2,0479		2,0472	2,0484	
55	2,1654	2,1649	2,1666	2,1678		2,1658	2,1670		2,1654	2,1661		2,1654	2,1666	
62	2,4409	2,4404	2,4421	2,4433		2,4413	2,4425		2,4409	2,4416		2,4409	2,4421	
68	2,6772	2,6767	2,6784	2,6796	29 L	2,6776	2,6788	21 L	2,6772	2,6779	12 L	2,6772	2,6784	17 L
72	2,8346	2,8341	2,8358	2,8370	12 L	2,8350	2,8362	4 L	2,8346	2,8353	0 L	2,8346	2,8358	0 L
75	2,9527	2,9522	2,9539	2,9551		2,9532	2,9543		2,9527	2,9534		2,9527	2,9539	
80	3,1496	3,1491	3,1508	3,1520		3,1500	3,1512		3,1496	3,1503		3,1496	3,1508	
85	3,3465	3,3459	3,3479	3,3493		3,3470	3,3484		3,3465	3,3474		3,3465	3,3479	
90	3,5433	3,5427	3,5447	3,5461		3,5438	3,5452		3,5433	3,5442		3,5433	3,5447	
95	3,7402	3,7396	3,7416	3,7430		3,7407	3,7421		3,7402	3,7411		3,7402	3,7416	
100	3,9370	3,9364	3,9384	3,9398	34 L	3,9375	3,9389	25 L	3,9370	3,9379	15 L	3,9370	3,9384	20 L
110	4,3307	4,3301	4,3321	4,3335	14 L	4,3312	4,3326	5 L	4,3307	4,3316	0 L	4,3307	4,3321	0 L
115	4,5276	4,5270	4,5290	4,5304		4,5281	4,5295		4,5276	4,5285		4,5276	4,5290	
120	4,7244	4,7238	4,7258	4,7272		4,7249	4,7263		4,7244	4,7253		4,7244	4,7258	
125	4,9213	4,9206	4,9230	4,9246		4,9219	4,9234		4,9213	4,9223		4,9213	4,9229	
130	5,1181	5,1174	5,1198	5,1214		5,1187	5,1202		5,1181	5,1191		5,1181	5,1197	
140	5,5118	5,5111	5,5135	5,5151	40 L	5,5124	5,5139	28 L	5,5118	5,5128	17 L	5,5118	5,5134	23 L
145	5,7087	5,7080	5,7104	5,7120	17 L	5,7093	5,7108	6 L	5,7087	5,7097	0 L	5,7087	5,7103	0 L
150	5,9055	5,9048	5,9072	5,9088		5,9061	5,9076		5,9055	5,9065		5,9055	5,9071	
160	6,2992	6,2982	6,3009	6,3025		6,2998	6,3013		6,2992	6,3002		6,2992	6,3008	
165	6,4961	6,4951	6,4978	6,4994	43 L	6,4967	6,4982	31 L	6,4961	6,4971	20 L	6,4961	6,4977	26 L
170	6,6929	6,6919	6,6946	6,6962	17 L	6,6935	6,6950	6 L	6,6929	6,6939	0 L	6,6929	6,6945	0 L
180	7,0866	7,0856	7,0883	7,0899		7,0872	7,0887		7,0866	7,0876		7,0866	7,0882	
190	7,4803	7,4791	7,4823	7,4841		7,4809	7,4827		7,4803	7,4814		7,4803	7,4821	
200	7,8740	7,8728	7,8760	7,8778		7,8746	7,8764		7,8740	7,8751		7,8740	7,8758	
210	8,2677	8,2665	8,2697	8,2715		8,2683	8,2701		8,2677	8,2688		8,2677	8,2695	
215	8,4646	8,4634	8,4666	8,4684		8,4652	8,4670		8,4646	8,4657		8,4646	8,4664	
220	8,6614	8,6602	8,6634	8,6652	50 L	8,6620	8,6638	36 L	8,6614	8,6625	23 L	8,6614	8,6632	30 L
225	8,8583	8,8571	8,8603	8,8621	20 L	8,8589	8,8607	6 L	8,8583	8,8594	0 L	8,8583	8,8601	0 L
230	9,0551	9,0539	9,0571	9,0589		9,0557	9,0575		9,0551	9,0562		9,0551	9,0569	
240	9,4488	9,4476	9,4508	9,4526		9,4494	9,4512		9,4488	9,4499		9,4488	9,4506	
250	9,8425	9,8413	9,8445	9,8463		9,8431	9,8449		9,8425	9,8436		9,8425	9,8443	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски F7			G7			H6			H7		
	Посадочное отверстие в корпусе				По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2384	10,2405		10,2369	10,2389		10,2362	10,2375		10,2362	10,2382	
270	10,6299	10,6285	10,6321	10,6342		10,6306	10,6326		10,6299	10,6312		10,6299	10,6319	
280	11,0236	11,0222	11,0258	11,0279	57 L	11,0243	11,0263	41 L	11,0236	11,0249	27 L	11,0236	11,0256	34 L
290	11,4173	11,4159	11,4195	11,4216	22 L	11,4180	11,4200	7 L	11,4173	11,4186	0 L	11,4173	11,4193	0 L
300	11,8110	11,8096	11,8132	11,8153		11,8117	11,8137		11,8110	11,8123		11,8110	11,8130	
310	12,2047	12,2033	12,2069	12,2090		12,2054	12,2074		12,2047	12,2060		12,2047	12,2067	
320	12,5984	12,5968	12,6008	12,6031		12,5991	12,6014		12,5984	12,5998		12,5984	12,6006	
340	13,3858	13,3842	13,3882	13,3905		13,3865	13,3888		13,3858	13,3872		13,3858	13,3880	
360	14,1732	14,1716	14,1756	14,1779	63 L	14,1739	14,1762	46 L	14,1732	14,1746	30 L	14,1732	14,1754	38 L
370	14,5669	14,5654	14,5694	14,5717	24 L	14,5677	14,5700	7 L	14,5669	14,5684	0 L	14,5670	14,5692	0 L
380	14,9606	14,9590	14,9630	14,9653		14,9613	14,9636		14,9606	14,9620		14,9606	14,9628	
400	15,7480	15,7464	15,7504	15,7527		15,7487	15,7510		15,7480	15,7494		15,7480	15,7502	
420	16,5354	16,5336	16,5381	16,5406		16,5362	16,5387		16,5354	16,5370		16,5354	16,5379	
440	17,3228	17,3210	17,3255	17,3280	70 L	17,3236	17,3261	51 L	17,3228	17,3244	34 L	17,3228	17,3253	43 L
460	18,1102	18,1084	18,1129	18,1154	27 L	18,1110	18,1135	8 L	18,1102	18,1118	0 L	18,1102	18,1127	0 L
480	18,8976	18,8958	18,9003	18,9028		18,8984	18,9009		18,8976	18,8992		18,8976	18,9001	
500	19,6850	19,6832	19,6877	19,6902		19,6858	19,6883		19,6850	19,6866		19,6850	19,6875	
520	20,4724	20,4704	20,4754	20,4781		20,4733	20,4760		20,4724	20,4741		20,4724	20,4752	
540	21,2598	21,2578	21,2628	21,2655		21,2607	21,2634		21,2598	21,2615		21,2598	21,2626	
560	22,0472	22,0452	22,0502	22,0529	77 L	22,0481	22,0508	56 L	22,0472	22,0489	37 L	22,0472	22,0500	48 L
580	22,8346	22,8326	22,8376	22,8403	30 L	22,8355	22,8382	9 L	22,8346	22,8363	0 L	22,8346	22,8374	0 L
600	23,6220	23,6200	23,6250	23,6277		23,6229	23,6256		23,6220	23,6237		23,6220	23,6248	
620	24,4094	24,4074	24,4124	24,4151		24,4103	24,4130		24,4094	24,4111		24,4094	24,4122	
650	25,5906	25,5876	25,5937	25,5969		25,5915	25,5947		25,5906	25,5926		25,5906	25,5937	
670	26,3780	26,3750	26,3811	26,3843		26,3789	26,3821		26,3780	26,3800		26,3780	26,3811	
680	26,7717	26,7687	26,7748	26,7780		26,7726	26,7758		26,7717	26,7737		26,7717	26,7748	
700	27,5591	27,5561	27,5622	27,5654		27,5600	27,5632		27,5591	27,5611		27,5591	27,5622	
720	28,3465	28,3435	28,3496	28,3528	93 L	28,3474	28,3506	71 L	28,3465	28,3485	50 L	28,3465	28,3496	61 L
750	29,5276	29,5246	29,5307	29,5339	31 L	29,5285	29,5317	9 L	29,5276	29,5296	0 L	29,5276	29,5307	0 L
760	29,9213	29,9183	29,9244	29,9276		29,9222	29,9254		29,9213	29,9233		29,9213	29,9244	
780	30,7087	30,7057	30,7118	30,7150		30,7096	30,7128		30,7087	30,7107		30,7087	30,7118	
790	31,1024	31,0994	31,1055	31,1087		31,1033	31,1065		31,1024	31,1044		31,1024	31,1055	
800	31,4961	31,4931	31,4992	31,5024		31,4970	31,5002		31,4961	31,4981		31,4961	31,4992	
820	32,2835	32,2796	32,2869	32,2904		32,2845	32,2881		32,2835	32,2857		32,2835	32,2870	
830	32,6772	32,6733	32,6806	32,6841		32,6782	32,6818		32,6772	32,6794		32,6772	32,6807	
850	33,4646	33,4607	33,4680	33,4715		33,4656	33,4692		33,4646	33,4668		33,4646	33,4681	
870	34,2520	34,2481	34,2554	34,2589	108 L	34,2530	34,2566	85 L	34,2520	34,2542	61 L	34,2520	34,2555	74 L
920	36,2205	36,2166	36,2239	36,2274	34 L	36,2215	36,2251	10 L	36,2205	36,2227	0 L	36,2205	36,2240	0 L
950	37,4016	37,3977	37,4050	37,4085		37,4026	37,4062		37,4016	37,4038		37,4016	37,4051	
980	38,5827	38,5788	38,5861	38,5896		38,5837	38,5873		38,5827	38,5849		38,5827	38,5862	
1 000	39,3701	39,3662	39,3735	39,3770		39,3711	39,3747		39,3701	39,3723		39,3701	39,3736	
1 150	45,2756	45,2707	45,2795	45,2836	129 L	45,2767	45,2808	101 L	45,2756	45,2782	75 L	45,2756	45,2797	90 L
1 250	49,2126	49,2077	49,2165	49,2206	39 L	49,2137	49,2178	11 L	49,2126	49,2152	0 L	49,2126	49,2167	0 L
1 400	55,1181	55,1118	55,1224	55,1274	156 L	55,1193	55,1242	124 L	55,1181	55,1212	94 L	55,1181	55,1230	112 L
1 600	62,9921	62,9858	62,9964	63,0014	43 L	62,9933	62,9982	12 L	62,9921	62,9952	0 L	62,9921	62,9970	0 L

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски												
			H8 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	H9 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	H10 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	J6 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
16	0,6299	0,6296	0,6299	0,6310	14 L 0 L	0,6299	0,6316	20 L 0 L	0,6299	0,6327	31 L 0 L	0,6297	0,6301	5 L 2 T
19	0,7480	0,7476	0,7480	0,7493		0,7480	0,7500		0,7480	0,7513		0,7478	0,7483	
22	0,8661	0,8657	0,8661	0,8674		0,8661	0,8681		0,8661	0,8694		0,8659	0,8664	
24	0,9449	0,9445	0,9449	0,9462	17 L	0,9449	0,9469	24 L	0,9449	0,9482	37 L	0,9447	0,9452	7 L
26	1,0236	1,0232	1,0236	1,0249	0 L	1,0236	1,0256	0 L	1,0236	1,0269	0 L	1,0234	1,0239	2 T
28	1,1024	1,1020	1,1024	1,1037		1,1024	1,1044		1,1024	1,1057		1,1022	1,1027	
30	1,1811	1,1807	1,1811	1,1824		1,1811	1,1831		1,1811	1,1844		1,1809	1,1814	
32	1,2598	1,2594	1,2598	1,2613		1,2598	1,2622		1,2598	1,2637		1,2596	1,2602	
35	1,3780	1,3776	1,3780	1,3795		1,3780	1,3804		1,3780	1,3819		1,3778	1,3784	
37	1,4567	1,4563	1,4567	1,4582	19 L	1,4567	1,4591	28 L	1,4567	1,4606	43 L	1,4565	1,4571	8 L
40	1,5748	1,5744	1,5748	1,5763	0 L	1,5748	1,5772	0 L	1,5748	1,5787	0 L	1,5746	1,5752	2 T
42	1,6535	1,6531	1,6535	1,6550		1,6535	1,6559		1,6535	1,6574		1,6533	1,6539	
47	1,8504	1,8500	1,8504	1,8519		1,8504	1,8528		1,8504	1,8543		1,8502	1,8508	
52	2,0472	2,0467	2,0472	2,0490		2,0472	2,0501		2,0472	2,0519		2,0470	2,0477	
55	2,1654	2,1649	2,1654	2,1672		2,1654	2,1683		2,1654	2,1701		2,1652	2,1659	
62	2,4409	2,4404	2,4409	2,4427		2,4409	2,4438		2,4409	2,4456		2,4407	2,4414	
68	2,6772	2,6767	2,6772	2,6790	23 L	2,6772	2,6801	34 L	2,6772	2,6819	52 L	2,6770	2,6777	10 L
72	2,8346	2,8341	2,8346	2,8364	0 L	2,8346	2,8375	0 L	2,8346	2,8393	0 L	2,8344	2,8351	2 T
75	2,9527	2,9522	2,9527	2,9545		2,9527	2,9556		2,9527	2,9574		2,9525	2,9532	
80	3,1496	3,1491	3,1496	3,1514		3,1496	3,1525		3,1496	3,1543		3,1494	3,1501	
85	3,3465	3,3459	3,3465	3,3486		3,3465	3,3499		3,3465	3,3520		3,3463	3,3471	
90	3,5433	3,5427	3,5433	3,5454		3,5433	3,5467		3,5433	3,5488		3,5431	3,5439	
95	3,7402	3,7396	3,7402	3,7423		3,7402	3,7436		3,7402	3,7457		3,7400	3,7408	
100	3,9370	3,9364	3,9370	3,9391	27 L	3,9370	3,9404	40 L	3,9370	3,9425	61 L	3,9368	3,9376	12 L
110	4,3307	4,3301	4,3307	4,3328	0 L	4,3307	4,3341	0 L	4,3307	4,3362	0 L	4,3305	4,3313	2 T
115	4,5276	4,5270	4,5276	4,5297		4,5276	4,5310		4,5276	4,5331		4,5274	4,5282	
120	4,7244	4,7238	4,7244	4,7265		4,7244	4,7278		4,7244	4,7299		4,7242	4,7250	
125	4,9213	4,9206	4,9213	4,9238		4,9213	4,9252		4,9213	4,9276		4,9210	4,9220	
130	5,1181	5,1174	5,1181	5,1206		5,1181	5,1220		5,1181	5,1244		5,1178	5,1188	
140	5,5118	5,5111	5,5118	5,5143	32 L	5,5118	5,5157	46 L	5,5118	5,5181	70 L	5,5115	5,5125	14 L
145	5,7087	5,7080	5,7087	5,7112	0 L	5,7087	5,7126	0 L	5,7087	5,7150	0 L	5,7084	5,7094	3 T
150	5,9055	5,9048	5,9055	5,9080		5,9055	5,9094		5,9055	5,9118		5,9052	5,9062	
160	6,2992	6,2982	6,2992	6,3017		6,2992	6,3031		6,2992	6,3055		6,2989	6,2999	
165	6,4961	6,4951	6,4961	6,4986	35 L	6,4961	6,5000	49 L	6,4961	6,5024	73 L	6,4958	6,4968	17 L
170	6,6929	6,6919	6,6929	6,6954	0 L	6,6929	6,6968	0 L	6,6929	6,6992	0 L	6,6926	6,6936	3 T
180	7,0866	7,0856	7,0866	7,0891		7,0866	7,0905		7,0866	7,0929		7,0863	7,0873	
190	7,4803	7,4791	7,4803	7,4831		7,4803	7,4848		7,4803	7,4876		7,4800	7,4812	
200	7,8740	7,8728	7,8740	7,8768		7,8740	7,8785		7,8740	7,8813		7,8737	7,8749	
210	8,2677	8,2665	8,2677	8,2705		8,2677	8,2722		8,2677	8,2750		8,2674	8,2686	
215	8,4646	8,4634	8,4646	8,4674		8,4646	8,4691		8,4646	8,4719		8,4643	8,4655	
220	8,6614	8,6602	8,6614	8,6642	40 L	8,6614	8,6659	57 L	8,6614	8,6687	85 L	8,6611	8,6623	21 L
225	8,8583	8,8571	8,8583	8,8611	0 L	8,8583	8,8628	0 L	8,8583	8,8656	0 L	8,8580	8,8592	3 T
230	9,0551	9,0539	9,0551	9,0579		9,0551	9,0596		9,0551	9,0624		9,0548	9,0560	
240	9,4488	9,4476	9,4488	9,4516		9,4488	9,4533		9,4488	9,4561		9,4485	9,4497	
250	9,8425	9,8413	9,8425	9,8453		9,8425	9,8470		9,8425	9,8498		9,8422	9,8434	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски H8			H9			H10			J6		
			Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2362	10,2394		10,2362	10,2413		10,2362	10,2445		10,2359	10,2372	
270	10,6299	10,6285	10,6299	10,6331		10,6299	10,6350		10,6299	10,6382		10,6296	10,6309	
280	11,0236	11,0222	11,0236	11,0268	46 L	11,0236	11,0287	65 L	11,0236	11,0319	97 L	11,0233	11,0246	24 L
290	11,4173	11,4159	11,4173	11,4205	0 L	11,4173	11,4224	0 L	11,4173	11,4256	0 L	11,4170	11,4183	3 T
300	11,8110	11,8096	11,8110	11,8142		11,8110	11,8161		11,8110	11,8193		11,8107	11,8120	
310	12,2047	12,2033	12,2047	12,2079		12,2047	12,2098		12,2047	12,2130		12,2044	12,2057	
320	12,5984	12,5968	12,5984	12,6019		12,5984	12,6039		12,5984	12,6075		12,5981	12,5995	
340	13,3858	13,3842	13,3858	13,3893		13,3858	13,3913		13,3858	13,3949		13,3855	13,3869	
360	14,1732	14,1716	14,1732	14,1767	51 L	14,1732	14,1787	71 L	14,1732	14,1823	107 L	14,1729	14,1743	27 L
370	14,5669	14,5654	14,5670	14,5705	0 L	14,5669	14,5724	0 L	14,5670	14,5761	0 L	14,5666	14,5681	3 T
380	14,9606	14,9590	14,9606	14,9641		14,9606	14,9661		14,9606	14,9697		14,9603	14,9617	
400	15,7480	15,7464	15,7480	15,7515		15,7480	15,7535		15,7480	15,7571		15,7477	15,7491	
420	16,5354	16,5336	16,5354	16,5392		16,5354	16,5415		16,5354	16,5452		16,5351	16,5367	
440	17,3228	17,3210	17,3228	17,3266	56 L	17,3228	17,3289	79 L	17,3228	17,3326	116 L	17,3225	17,3241	31 L
460	18,1102	18,1084	18,1102	18,1140	0 L	18,1102	18,1163	0 L	18,1102	18,1200	0 L	18,1099	18,1115	3 T
480	18,8976	18,8958	18,8976	18,9014		18,8976	18,9037		18,8976	18,9074		18,8973	18,8989	
500	19,6850	19,6832	19,6850	19,6888		19,6850	19,6911		19,6850	19,6948		19,6847	19,6863	
520	20,4724	20,4704	20,4724	20,4767		20,4724	20,4793		20,4724	20,4834		20,4721	20,4739	
540	21,2598	21,2578	21,2598	21,2641		21,2598	21,2667		21,2598	21,2708		21,2595	21,2613	
560	22,0472	22,0452	22,0472	22,0515	63 L	22,0472	22,0541	89 L	22,0472	22,0582	130 L	22,0469	22,0487	35 L
580	22,8346	22,8326	22,8346	22,8389	0 L	22,8346	22,8415	0 L	22,8346	22,8456	0 L	22,8343	22,8361	3 T
600	23,6220	23,6200	23,6220	23,6263		23,6220	23,6289		23,6220	23,6330		23,6217	23,6235	
620	24,4094	24,4074	24,4094	24,4137		24,4094	24,4163		24,4094	24,4204		24,4091	24,4109	
650	25,5906	25,5876	25,5906	25,5955		25,5906	25,5985		25,5906	25,6032		25,5902	25,5922	
670	26,3780	26,3750	26,3780	26,3829		26,3780	26,3859		26,3780	26,3906		26,3776	26,3796	
680	26,7717	26,7687	26,7717	26,7766		26,7717	26,7796		26,7717	26,7843		26,7713	26,7733	
700	27,5591	27,5561	27,5591	27,5640		27,5591	27,5670		27,5591	27,5717		27,5587	27,5607	
720	28,3465	28,3435	28,3465	28,3514	79 L	28,3465	28,3544	109 L	28,3465	28,3591	156 L	28,3461	28,3481	46 L
750	29,5276	29,5246	29,5276	29,5325	0 L	29,5276	29,5355	0 L	29,5276	29,5402	0 L	29,5272	29,5292	4 T
760	29,9213	29,9183	29,9213	29,9262		29,9213	29,9292		29,9213	29,9339		29,9209	29,9229	
780	30,7087	30,7057	30,7087	30,7136		30,7087	30,7166		30,7087	30,7213		30,7083	30,7103	
790	31,1024	31,0994	31,1024	31,1073		31,1024	31,1103		31,1024	31,1150		31,1020	31,1040	
800	31,4961	31,4931	31,4961	31,5010		31,4961	31,5040		31,4961	31,5087		31,4957	31,4968	
820	32,2835	32,2796	32,2835	32,3890		32,2835	32,2926		32,2835	32,2977		32,2831	32,2853	
830	32,6772	32,6733	32,6772	32,6827		32,6772	32,6863		32,6772	32,6914		32,6768	32,6790	
850	33,4646	33,4607	33,4646	33,4701		33,4646	33,4737		33,4646	33,4788		33,4642	33,4664	
870	34,2520	34,2481	34,2520	34,2575	94 L	34,2520	34,2611	130 L	34,2520	34,2662	181 L	34,2516	34,2538	57 L
920	36,2205	36,2166	36,2205	36,2260	0 L	36,2205	36,2296	0 L	36,2205	36,2347	0 L	36,2201	36,2223	4 T
950	37,4016	37,3977	37,4016	37,4071		37,4016	37,4107		37,4016	37,4158		37,4012	37,4034	
980	38,5827	38,5788	38,5827	38,5882		38,5827	38,5918		38,5827	38,5969		38,5823	38,5845	
1 000	39,3701	39,3662	39,3701	39,3756		39,3701	39,3792		39,3701	39,3843		–	–	
1 150	45,2756	45,2707	45,2756	45,2821	114 L	45,2756	45,2858	151 L	45,2756	45,2921	214 L	–	–	–
1 250	49,2126	49,2077	49,2126	49,2191	0 L	49,2126	49,2228	0 L	49,2126	49,2291	0 L	–	–	–
1 400	55,1181	55,1118	55,1181	55,1258	140 L	55,1181	55,1303	185 L	55,1181	55,1378	260 L	–	–	–
1 600	62,9921	62,9858	62,9921	62,9998	0 L	62,9921	63,0043	0 L	62,9921	63,0118	0 L	–	–	–

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски J7			JS5			K5			K6		
	Посадочное отверстие в корпусе				По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
16	0,6299	0,6296	0,6296	0,6303	7 L 3 T	0,6297	0,6301	2 T 5 L	0,6297	0,6300	4 L 2 T	0,6295	0,6300	4 L 4 T
19	0,7480	0,7476	0,7476	0,7485		0,7478	0,7481		0,7477	0,7480		0,7476	0,7481	
22	0,8661	0,8657	0,8657	0,8666		0,8659	0,8662		0,8658	0,8661		0,8657	0,8662	
24	0,9449	0,9445	0,9445	0,9454	9 L	0,9447	0,9450	2 T	0,9446	0,9449	4 L	0,9445	0,9450	5 L
26	1,0236	1,0232	1,0232	1,0241	4 T	1,0234	1,0237	5 L	1,0233	1,0236	3 T	1,0232	1,0237	4 T
28	1,1024	1,1020	1,1020	1,1029		1,1022	1,1025		1,1021	1,1024		1,1020	1,1025	
30	1,1811	1,1807	1,1807	1,1816		1,1809	1,1812		1,1808	1,1811		1,1807	1,1812	
32	1,2598	1,2594	1,2594	1,2604		1,2596	1,2600		1,2594	1,2599		1,2593	1,2599	
35	1,3780	1,3776	1,3776	1,3786		1,3778	1,3782		1,3776	1,3781		1,3775	1,3781	
37	1,4567	1,4563	1,4563	1,4573	10 L	1,4565	1,4569	2 T	1,4563	1,4568	5 L	1,4562	1,4568	5 L
40	1,5748	1,5744	1,5744	1,5754	4 T	1,5746	1,5750	6 L	1,5744	1,5749	4 T	1,5743	1,5749	5 T
42	1,6535	1,6531	1,6531	1,6541		1,6533	1,6537		1,6531	1,6536		1,6530	1,6536	
47	1,8504	1,8500	1,8500	1,8510		1,8502	1,8506		1,8500	1,8505		1,8499	1,8505	
52	2,0472	2,0467	2,0467	2,0479		2,0469	2,0475		2,0468	2,0473		2,0466	2,0474	
55	2,1654	2,1649	2,1649	2,1661		2,1651	2,1657		2,1650	2,1655		2,1648	2,1656	
62	2,4409	2,4404	2,4404	2,4416		2,4406	2,4412		2,4405	2,4410		2,4403	2,4411	
68	2,6772	2,6767	2,6767	2,6779	12 L	2,6769	2,6775	3 T	2,6768	2,6773	6 L	2,6766	2,6774	7 L
72	2,8346	2,8341	2,8341	2,8353	5 T	2,8343	2,8349	8 L	2,8342	2,8347	4 T	2,8340	2,8348	6 T
75	2,9527	2,9522	2,9522	2,9534		2,9524	2,9530		2,9523	2,9528		2,9521	2,9529	
80	3,1496	3,1491	3,1491	3,1503		3,1493	3,1499		3,1492	3,1497		3,1490	3,1498	
85	3,3465	3,3459	3,3460	3,3474		3,3462	3,3468		3,3460	3,3466		3,3458	3,3467	
90	3,5433	3,5427	3,5428	3,5442		3,5430	3,5436		3,5428	3,5434		3,5426	3,5435	
95	3,7402	3,7396	3,7397	3,7411		3,7399	3,7405		3,7397	3,7403		3,7395	3,7404	
100	3,9370	3,9364	3,9365	3,9379	15 L	3,9367	3,9373	3 T	3,9365	3,9371	7 L	3,9363	3,9372	8 L
110	4,3307	4,3301	4,3302	4,3316	5 T	4,3304	4,3310	9 L	4,3302	4,3308	5 T	4,3300	4,3309	7 T
115	4,5276	4,5270	4,5271	4,5285		4,5273	4,5279		4,5271	4,5277		4,5269	4,5278	
120	4,7244	4,7238	4,7239	4,7253		4,7241	4,7247		4,7239	4,7245		4,7237	4,7246	
125	4,9213	4,9206	4,9207	4,9223		4,9209	4,9217		4,9207	4,9214		4,9205	4,9215	
130	5,1181	5,1174	5,1175	5,1191		5,1177	5,1185	4 T	5,1175	5,1182	8 L	5,1173	5,1183	9 L
140	5,5118	5,5111	5,5112	5,5128	17 L	5,5114	5,5122	11 L	5,5112	5,5119	6 T	5,5110	5,5120	8 T
145	5,7087	5,7080	5,7081	5,7097	6 T	5,7083	5,7091		5,7081	5,7088		5,7079	5,7089	
150	5,9055	5,9048	5,9049	5,9065		5,9051	5,9059		5,9049	5,9056		5,9047	5,9057	
160	6,2992	6,2982	6,2986	6,3002		6,2988	6,2995		6,2986	6,2993		6,2984	6,2994	
165	6,4961	6,4951	6,4955	6,4971	20 L	6,4957	6,4964	4 T	6,4955	6,4962	11 L	6,4953	6,4963	12 L
170	6,6929	6,6919	6,6923	6,6939	6 T	6,6925	6,6932	13 L	6,6923	6,6930	6 T	6,6921	6,6931	8 T
180	7,0866	7,0856	7,0860	7,0876		7,0862	7,0869		7,0860	7,0867		7,0858	7,0868	
190	7,4803	7,4791	7,4797	7,4815		7,4799	7,4807		7,4796	7,4804		7,4794	7,4805	
200	7,8740	7,8728	7,8734	7,8752		7,8736	7,8744		7,8733	7,8741		7,8731	7,8742	
210	8,2677	8,2665	8,2671	8,2689		8,2673	8,2681		8,2670	8,2678		8,2668	8,2679	
215	8,4646	8,4634	8,4640	8,4658		8,4642	8,4650	4 T	8,4639	8,4647	13 L	8,4637	8,4648	14 L
220	8,6614	8,6602	8,6608	8,6626	24 L	8,6610	8,6618	16 L	8,6607	8,6615	7 T	8,6605	8,6616	9 T
225	8,8583	8,8571	8,8577	8,8595	6 T	8,8579	8,8587		8,8576	8,8584		8,8574	8,8585	
230	9,0551	9,0539	9,0545	9,0563		9,0547	9,0555		9,0544	9,0552		9,0542	9,0553	
240	9,4488	9,4476	9,4482	9,4500		9,4484	9,4492		9,4481	9,4489		9,4479	9,4490	
250	9,8425	9,8413	9,8419	9,8437		9,8421	9,8429		9,8418	9,8426		9,8416	9,8427	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски												
			J7 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	JS5 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	K5 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	K6 Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2356	10,2376		10,2357	10,2366		10,2354	10,2363		10,2351	10,2364	
270	10,6299	10,6285	10,6293	10,6313		10,6294	10,6303		10,6291	10,6300		10,6288	10,6301	
280	11,0236	11,0222	11,0230	11,0250	28 L	11,0231	11,0240	5 T	11,0228	11,0237	15 L	11,0225	11,0238	16 L
290	11,4173	11,4159	11,4167	11,4187	6 T	11,4168	11,4177	18 L	11,4165	11,4174	8 T	11,4162	11,4175	11 T
300	11,8110	11,8096	11,8104	11,8124		11,8105	11,8114		11,8102	11,8111		11,8099	11,8112	
310	12,2047	12,2033	12,2041	12,2061		12,2042	12,2051		12,2039	12,2048		12,2036	12,2049	
320	12,5984	12,5968	12,5977	12,5999		12,5979	12,5989		12,5975	12,5985		12,5973	12,5986	
340	13,3858	13,3842	13,3851	13,3873		13,3853	13,3863		13,3849	13,3859		13,3847	13,3860	
360	14,1732	14,1716	14,1725	14,1747	31 L	14,1727	14,1737	5 T	14,1723	14,1733	17 L	14,1721	14,1734	19 L
370	14,5669	14,5654	14,5662	14,5685	7 T	14,5664	14,5675	21 L	14,5660	14,5670	9 T	14,5658	14,5672	11 T
380	14,9606	14,9590	14,9599	14,9621		14,9601	14,9611		14,9597	14,9607		14,9595	14,9608	
400	15,7480	15,7464	15,7473	15,7495		15,7475	15,7485		15,7471	15,7481		15,7469	15,7482	
420	16,5354	16,5336	16,5346	16,5371		16,5349	16,5359		16,5344	16,5355		16,5341	16,5356	
440	17,3228	17,3210	17,3220	17,3245		17,3223	17,3233	5 T	17,3218	17,3229		17,3215	17,3230	
460	18,1102	18,1084	18,1094	18,1119	35 L	18,1097	18,1107	23 L	18,1092	18,1103	19 L	18,1089	18,1104	21 L
480	18,8976	18,8958	18,8968	18,8993	8 T	18,8971	18,8981		18,8966	18,8977	10 T	18,8963	18,8978	13 T
500	19,6850	19,6832	19,6842	19,6867		19,6845	19,6855		19,6840	19,6851		19,6837	19,6852	
520	20,4724	20,4704	20,4715	20,4743		–	–		–	–		20,4707	20,4724	
540	21,2598	21,2578	21,2589	21,2617		–	–		–	–		21,2581	21,2598	
560	22,0472	22,0452	22,0463	22,0491	39 L	–	–	–	–	–	–	22,0455	22,0472	20 L
580	22,8346	22,8326	22,8337	22,8365	9 T	–	–	–	–	–	–	22,8329	22,8346	17 T
600	23,6220	23,6200	23,6211	23,6239		–	–		–	–		23,6203	23,6220	
620	24,4094	24,4074	24,4085	24,4113		–	–		–	–		24,4077	24,4094	
650	25,5906	25,5876	25,5897	25,5928		–	–		–	–		25,5886	25,5906	
670	26,3780	26,3750	26,3771	26,3802		–	–		–	–		26,3760	26,3780	
680	26,7717	26,7687	26,7708	26,7739		–	–		–	–		26,7697	26,7717	
700	27,5591	27,5561	27,5582	27,5613		–	–		–	–		27,5571	27,5591	
720	28,3465	28,3435	28,3456	28,3487	52 L	–	–	–	–	–	–	28,3445	28,3465	30 L
750	29,5276	29,5246	29,5267	29,5298	9 T	–	–	–	–	–	–	29,5256	29,5276	20 T
760	29,9213	29,9183	29,9204	29,9235		–	–		–	–		29,9193	29,9213	
780	30,7087	30,7057	30,7078	30,7109		–	–		–	–		30,7067	30,7087	
790	31,1024	31,0994	31,1015	31,1046		–	–		–	–		31,1004	31,1024	
800	31,4961	31,4931	31,4952	31,4974		–	–		–	–		31,4941	31,4952	
820	32,2835	32,2796	32,2825	32,2860		–	–		–	–		32,2813	32,2835	
830	32,6772	32,6733	32,6762	32,6797		–	–		–	–		32,6750	32,6772	
850	33,4646	33,4607	33,4636	33,4671		–	–		–	–		33,4624	33,4646	
870	34,2520	34,2481	34,2510	34,2545	64 L	–	–	–	–	–	–	34,2498	34,2520	39 L
920	36,2205	36,2166	36,2195	36,2230	10 T	–	–	–	–	–	–	36,2183	36,2205	22 T
950	37,4016	37,3977	37,4006	37,4041		–	–		–	–		37,3994	37,4016	
980	38,5827	38,5788	38,5817	38,5852		–	–		–	–		38,5805	38,5827	
1 000	39,3701	39,3662	–	–		–	–		–	–		–	–	
1 150	45,2756	45,2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 250	49,2126	49,2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 400	55,1181	55,1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 600	62,9921	62,9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски K7 Посадочное отверстие в корпусе			M5 Посадочное отверстие в корпусе			M6 Посадочное отверстие в корпусе			M7 Посадочное отверстие в корпусе		
	макс.	мин.	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]	макс.	мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
16	0,6299	0,6296	0,6294	0,6301	5 L 5 T	0,6294	0,6298	2 L 5 T	0,6293	0,6297	1 L 6 T	0,6292	0,6299	3 L 7 T
19	0,7480	0,7476	0,7474	0,7482		0,7474	0,7478		0,7473	0,7478		0,7472	0,7480	
22	0,8661	0,8657	0,8655	0,8663		0,8655	0,8659		0,8654	0,8659		0,8653	0,8661	
24	0,9449	0,9445	0,9443	0,9451	6 L 6 T	0,9443	0,9447	2 L 6 T	0,9442	0,9447	2 L 7 T	0,9441	0,9449	4 L 8 T
26	1,0236	1,0232	1,0230	1,0238		1,0230	1,0234		1,0229	1,0234		1,0228	1,0236	
28	1,1024	1,1020	1,1018	1,1026		1,1018	1,1022		1,1017	1,1022		1,1016	1,1024	
30	1,1811	1,1807	1,1805	1,1813		1,1805	1,1809		1,1804	1,1809		1,1803	1,1811	
32	1,2598	1,2594	1,2591	1,2601		1,2592	1,2596		1,2590	1,2596		1,2588	1,2598	
35	1,3780	1,3776	1,3773	1,3783		1,3774	1,3778		1,3772	1,3778		1,3770	1,3780	
37	1,4567	1,4563	1,4560	1,4570	7 L 7 T	1,4561	1,4565	2 L 6 T	1,4559	1,4565	2 L 8 T	1,4557	1,4567	4 L 10 T
40	1,5748	1,5744	1,5741	1,5751		1,5742	1,5746		1,5740	1,5746		1,5738	1,5748	
42	1,6535	1,6531	1,6528	1,6538		1,6529	1,6533		1,6527	1,6533		1,6525	1,6535	
47	1,8504	1,8500	1,8498	1,8507		1,8498	1,8502		1,8496	1,8502		1,8494	1,8504	
52	2,0472	2,0467	2,0464	2,0476		2,0465	2,0470		2,0463	2,0470		2,0460	2,0472	
55	2,1654	2,1649	2,1646	2,1658		2,1647	2,1652		2,1645	2,1652		2,1642	2,1654	
62	2,4409	2,4404	2,4401	2,4413		2,4402	2,4407		2,4400	2,4407		2,4397	2,4409	
68	2,6772	2,6767	2,6764	2,6776	9 L 8 T	2,6765	2,6770	3 L 7 T	2,6763	2,6770	3 L 3 T	2,6760	2,6772	5 L 12 T
72	2,8346	2,8341	2,8338	2,8350		2,8339	2,8344		2,8337	2,8344		2,8334	2,8346	
75	2,9527	2,9522	2,9519	2,9531		2,9520	2,9525		2,9518	2,9525		2,9516	2,9528	
80	3,1496	3,1491	3,1488	3,1500		3,1489	3,1494		3,1487	3,1494		3,1484	3,1496	
85	3,3465	3,3459	3,3455	3,3469		3,3456	3,3462		3,3454	3,3463		3,3451	3,3465	
90	3,5433	3,5427	3,5423	3,5437		3,5424	3,5430		3,5422	3,5431		3,5419	3,5433	
95	3,7402	3,7396	3,7392	3,7406		3,7393	3,7399		3,7391	3,7400		3,7388	3,7402	
100	3,9370	3,9364	3,9360	3,9374	10 L 10 T	3,9361	3,9367	3 L 9 T	3,9359	3,9368	4 L 11 T	3,9356	3,9370	6 L 14 T
110	4,3307	4,3301	4,3297	4,3311		4,3298	4,3304		4,3296	4,3305		4,3293	4,3307	
115	4,5276	4,5270	4,5266	4,5280		4,5267	4,5273		4,5265	4,5274		4,5262	4,5276	
120	4,7244	4,7238	4,7234	4,7248		4,7235	4,7241		4,7233	4,7242		4,7230	4,7244	
125	4,9213	4,9206	4,9202	4,9218		4,9202	4,9210		4,9200	4,9210		4,9197	4,9213	
130	5,1181	5,1174	5,1170	5,1186		5,1170	5,1178		5,1168	5,1178		5,1165	5,1181	
140	5,5118	5,5111	5,5107	5,5123	12 L 11 T	5,5107	5,5115	4 L 11 T	5,5105	5,5115	4 L 13 T	5,5102	5,5118	7 L 16 T
145	5,7087	5,7080	5,7076	5,7092		5,7076	5,7084		5,7074	5,7084		5,7071	5,7087	
150	5,9055	5,9048	5,9044	5,9060		5,9044	5,9052		5,9042	5,9052		5,9039	5,9055	
160	6,2992	6,2982	6,2981	6,2997		6,2981	6,2988		6,2979	6,2989		6,2976	6,2992	
165	6,4961	6,4951	6,4950	6,4966	15 L 11 T	6,4950	6,4957	6 L 11 T	6,4948	6,4958	7 L 13 T	6,4945	6,4961	10 L 16 T
170	6,6929	6,6919	6,6918	6,6934		6,6918	6,6925		6,6916	6,6926		6,6913	6,6929	
180	7,0866	7,0856	7,0855	7,0871		7,0855	7,0862		7,0853	7,0863		7,0850	7,0866	
190	7,4803	7,4791	7,4790	7,4808		7,4791	7,4798		7,4788	7,4800		7,4785	7,4803	
200	7,8740	7,8728	7,8727	7,8745		7,8728	7,8735		7,8725	7,8737		7,8722	7,8740	
210	8,2677	8,2665	8,2664	8,2682		8,2665	8,2672		8,2662	8,2674		8,2659	8,2677	
215	8,4646	8,4634	8,4633	8,4651		8,4634	8,4641		8,4631	8,4643		8,4628	8,4646	
220	8,6614	8,6602	8,6601	8,6619	17 L 13 T	8,6602	8,6609	7 L 12 T	8,6599	8,6611	9 L 15 T	8,6596	8,6614	12 L 18 T
225	8,8583	8,8571	8,8570	8,8588		8,8571	8,8578		8,8568	8,8580		9,0571	8,8583	
230	9,0551	9,0539	9,0538	9,0556		9,0539	9,0546		9,0536	9,0548		9,0533	9,0551	
240	9,4488	9,4476	9,4475	9,4493		9,4476	9,4483		9,4473	9,4485		9,4470	9,4488	
250	9,8425	9,8413	9,8412	9,8430		9,8413	9,8420		9,8410	9,8422		9,8407	9,8425	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски K7			M5			M6			M7		
			Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2348	10,2368		10,2348	10,2357		10,2346	10,2364		10,2342	10,2362	
270	10,6299	10,6285	10,6285	10,6305		10,6285	10,6294		10,6283	10,6301		10,6279	10,6299	
280	11,0236	11,0222	11,0222	11,0242	20 L	11,0222	11,0231	9 L	11,0220	11,0238	10 L	11,0216	11,0236	14 L
290	11,4173	11,4159	11,4159	11,4179	14 T	11,4159	11,4168	14 T	11,4157	11,4175	16 T	11,4153	11,4173	20 T
300	11,8110	11,8096	11,8096	11,8116		11,8096	11,8105		11,8094	11,8112		11,8090	11,8110	
310	12,2047	12,2033	12,2033	12,2053		12,2033	12,2042		12,2031	12,2049		12,2027	12,2047	
320	12,5984	12,5968	12,5968	12,5991		12,5969	12,5978		12,5966	12,5986		12,5962	12,5984	
340	13,3858	13,3842	13,3842	13,3865		13,3843	13,3852		13,3840	13,3860		12,3836	12,3858	
360	14,1732	14,1716	14,1716	14,1739	23 L	14,1717	14,1726	10 L	14,1714	14,1734	12 L	14,1710	14,1732	16 L
370	14,5669	14,5654	14,5653	14,5677	16 T	14,5654	14,5664	15 T	14,5651	14,5672	18 T	14,5647	14,5669	22 T
380	14,9606	14,9590	14,9590	14,9613		14,9591	14,9600		14,9588	14,9608		14,9584	14,9606	
400	15,7480	15,7464	15,7464	15,7487		15,7465	15,7474		15,7462	15,7482		15,7458	15,7480	
420	16,5354	16,5336	16,5336	16,5361		16,5337	16,5347		16,5334	16,5356		16,5329	16,5354	
440	17,3228	17,3210	17,3210	17,3235		17,3211	17,3221		17,3208	17,3230		17,3203	17,3228	
460	18,1102	18,1084	18,1084	18,1109	25 L 18 T	18,1085	18,1095	11 L 17 T	18,1082	18,1104	14 L 20 T	18,1077	18,1102	18 L 25 T
480	18,8976	18,8958	18,8958	18,8983		18,8959	18,8969		18,8956	18,8978		18,8951	18,8976	
500	19,6850	19,6832	19,6832	19,6857		19,6833	19,6843		19,6830	19,6852		19,6825	19,6850	
520	20,4724	20,4704	20,4696	20,4724		–	–		20,4696	20,4714		20,4686	20,4714	
540	21,2598	21,2578	21,2570	21,2598		–	–		21,2570	21,2588		21,2560	21,2588	
560	22,0472	22,0452	22,0444	22,0472	20 L	–	–	–	22,0444	22,0462	10 L	22,0435	22,0462	10 L
580	22,8346	22,8326	22,8318	22,8346	28 T	–	–	–	22,8318	22,8336	28 T	22,8308	22,8336	38 T
600	23,6220	23,6200	23,6192	23,6220		–	–		23,6192	23,6210		23,6182	23,6210	
620	24,4094	24,4074	24,4066	24,4094		–	–		24,4066	24,4084		24,4056	24,4084	
650	25,5906	25,5876	25,5875	25,5906		–	–		25,5875	25,5894		25,5863	25,5894	
670	26,3780	26,3750	26,3749	26,3780		–	–		26,3749	26,3768		26,3737	26,3768	
680	26,7717	26,7687	26,7686	26,7717		–	–		26,7686	26,7705		26,7674	26,7705	
700	27,5591	27,5561	27,5560	27,5591		–	–		27,5560	27,5579		27,5548	27,5579	
720	28,3465	28,3435	28,3434	28,3465	30 L	–	–	–	28,3434	28,3453	18 L	28,3422	28,3453	18 L
750	29,5276	29,5246	29,5245	29,5276	31 T	–	–	–	29,5245	29,5264	31 T	29,5233	29,5264	43 T
760	29,9213	29,9183	29,9182	29,9213		–	–		29,9182	29,9201		29,9169	29,9201	
780	30,7087	30,7057	30,7056	30,7087		–	–		30,7056	30,7075		30,7044	30,7075	
790	31,1024	31,0994	31,0993	31,1024		–	–		31,0993	31,1012		31,0981	31,1012	
800	31,4961	31,4931	31,4930	31,4952		–	–		31,4930	31,4940		31,4917	31,4949	
820	32,2835	32,2796	32,2800	32,2835		–	–		32,2800	32,2822		32,2786	32,2822	
830	32,6772	32,6733	32,6737	32,6772		–	–		32,6737	32,6759		32,6723	32,6758	
850	33,4646	33,4607	33,4611	33,4646		–	–		33,4611	33,4633		33,4597	33,4633	
870	34,2520	34,2481	34,2485	34,2520	39 L	–	–	–	34,2485	34,2507	26 L	34,2471	34,2507	26 L
920	36,2205	36,2166	36,2170	36,2205	35 T	–	–	–	36,2170	36,2192	35 T	36,2156	36,2192	49 T
950	37,4016	37,3977	37,3981	37,4016		–	–		37,3981	37,4003		37,3967	37,4003	
980	38,5827	38,5788	38,5792	38,5827		–	–		38,5792	38,5814		38,5778	38,5814	
1 000	39,3701	39,3662	–	–		–	–		–	–		39,3652	39,3688	
1 150	45,2756	45,2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45,2699	45,2740	33 L
1 250	49,2126	49,2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49,2069	49,2110	57 T
1 400	55,1181	55,1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55,1113	55,1162	44 L
1 600	62,9921	62,9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–	62,9853	62,9902	68 T

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски N6			N7			P6			P7		
	макс.	мин.	Посадочное отверстие в корпусе макс.	мин.	Посадка[1]	Посадочное отверстие в корпусе макс.	мин.	Посадка[1]	Посадочное отверстие в корпусе макс.	мин.	Посадка[1]	Посадочное отверстие в корпусе макс.	мин.	Посадка[1]
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
16	0,6299	0,6296	0,6291	0,6295	1 T 8 T	0,6290	0,6297	1 L 9 T	0,6289	0,6293	3 T 10 T	0,6288	0,6295	1 T 11 T
19	0,7480	0,7476	0,7471	0,7476		0,7469	0,7477		0,7468	0,7473		0,7466	0,7474	
22	0,8661	0,8657	0,8652	0,8657		0,8650	0,8658		0,8649	0,8654		0,8647	0,8655	
24	0,9449	0,9445	0,9440	0,9445	0 T	0,9438	0,9446	1 L	0,9437	0,9442	3 T	0,9435	0,9443	2 T
26	1,0236	1,0232	1,0227	1,0232	9 T	1,0225	1,0233	11 T	1,0224	1,0229	12 T	1,0222	1,0230	14 T
28	1,1024	1,1020	1,1015	1,1020		1,1013	1,1021		1,1012	1,1017		1,1010	1,1018	
30	1,1811	1,1807	1,1802	1,1807		1,1800	1,1808		1,1799	1,1804		1,1797	1,1805	
32	1,2598	1,2594	1,2587	1,2593		1,2585	1,2595		1,2583	1,2590		1,2581	1,2591	
35	1,3780	1,3776	1,3769	1,3775		1,3767	1,3777		1,3765	1,3772		1,3763	1,3773	
37	1,4567	1,4563	1,4556	1,4562	1 T	1,4554	1,4564	1 L	1,4552	1,4559	4 T	1,4550	1,4560	3 T
40	1,5748	1,5744	1,5737	1,5743	11 T	1,5735	1,5745	13 T	1,5733	1,5740	15 T	1,5731	1,5741	17 T
42	1,6535	1,6531	1,6524	1,6530		1,6522	1,6532		1,6520	1,6527		1,6518	1,6528	
47	1,8504	1,8500	1,8493	1,8499		1,8491	1,8501		1,8489	1,8496		1,8487	1,8497	
52	2,0472	2,0467	2,0459	2,0466		2,0457	2,0468		2,0454	2,0462		2,0452	2,0464	
55	2,1654	2,1649	2,1641	2,1648		2,1639	2,1650		2,1636	2,1644		2,1634	2,1646	
62	2,4409	2,4404	2,4396	2,4403		2,4394	2,4405		2,4391	2,4399		2,4389	2,4401	
68	2,6772	2,6767	2,6759	2,6766	1 T	2,6760	2,6770	1 L	2,6750	2,6760	5 T	2,6752	2,6763	3 T
72	2,8346	2,8341	2,8333	2,8340	13 T	2,8331	2,8342	15 T	2,8328	2,8336	18 T	2,8326	2,8338	20 T
75	2,9527	2,9522	2,9515	2,9522		2,9510	2,9520		2,9510	2,9520		2,9507	2,9519	
80	3,1496	3,1491	3,1483	3,1490		3,1481	3,1492		3,1478	3,1486		3,1476	3,1488	
85	3,3465	3,3459	3,3450	3,3459		3,3447	3,3461		3,3445	3,3453		3,3442	3,3456	
90	3,5433	3,5427	3,5418	3,5427		3,5415	3,5429		3,5413	3,5421		3,5410	3,5424	
95	3,7402	3,7396	3,7387	3,7396		3,7380	3,7400		3,7380	3,7390		3,7378	3,7392	
100	3,9370	3,9364	3,9355	3,9364	0 T	3,9352	3,9366	2 L	3,9350	3,9358	6 T	3,9347	3,9361	3 T
110	4,3307	4,3301	4,3292	4,3301	15 T	4,3289	4,3303	18 T	4,3287	4,3295	20 T	4,3284	4,3298	23 T
115	4,5276	4,5270	4,5261	4,5270		4,5258	4,5272		4,5256	4,5264		4,5253	4,5267	
120	4,7244	4,7238	4,7229	4,7238		4,7226	4,7240		4,7224	4,7232		4,7221	4,7235	
125	4,9213	4,9206	4,9195	4,9205		4,9193	4,9208		4,9189	4,9199		4,9186	4,9202	
130	5,1181	5,1174	5,1163	5,1173		5,1161	5,1176		5,1157	5,1167		5,1154	5,1170	
140	5,5118	5,5111	5,5100	5,5110	1 T	5,5098	5,5113	2 L	5,5094	5,5104	7 T	5,5091	5,5107	4 T
145	5,7087	5,7080	5,7069	5,7079	18 T	5,7067	5,7082	20 T	5,7063	5,7073	24 T	5,7060	5,7076	27 T
150	5,9055	5,9048	5,9037	5,9047		5,9035	5,9050		5,9031	5,9041		5,9028	5,9044	
160	6,2992	6,2982	6,2974	6,2984		6,2972	6,2987		6,2968	6,2978		6,2965	6,2981	
165	6,4961	6,4951	6,4943	6,4953	2 L	6,4940	6,4960	5 L	6,4940	6,4950	4 T	6,4934	6,4950	1 T
170	6,6929	6,6919	6,6911	6,6921	18 T	6,6909	6,6924	20 T	6,6905	6,6915	24 T	6,6902	6,6918	27 T
180	7,0866	7,0856	7,0848	7,0858		7,0846	7,0861		7,0842	7,0852		7,0839	7,0855	
190	7,4803	7,4791	7,4783	7,4794		7,4779	7,4797		7,4775	7,4787		7,4772	7,4790	
200	7,8740	7,8728	7,8720	7,8731		7,8716	7,8734		7,8712	7,8724		7,8709	7,8727	
210	8,2677	8,2665	8,2657	8,2668		8,2653	8,2671		8,2649	8,2661		8,2646	8,2664	
215	8,4646	8,4634	8,4626	8,4637		8,4622	8,4640		8,4618	8,4630		8,4615	8,4633	
220	8,6614	8,6602	8,6594	8,6606	3 L	8,6590	8,6610	6 L	8,6590	8,6600	4 T	8,6583	8,6601	1 T
225	8,8583	8,8571	8,8563	8,8574	20 T	8,8559	8,8577	24 T	8,8555	8,8567	28 T	8,8552	8,8570	31 T
230	9,0551	9,0539	9,0531	9,0543		9,0530	9,0550		9,0520	9,0540		9,0520	9,0538	
240	9,4488	9,4476	9,4468	9,4479		9,4464	9,4482		9,4460	9,4472		9,4457	9,4475	
250	9,8425	9,8413	9,8405	9,8416		9,8401	9,8419		9,8397	9,8409		9,8394	9,8412	

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Допуски корпусов и результирующие посадки (дюймовые)

Наружный диаметр подшипника D			Результирующие посадки Допуски N6			N7			P6			P7		
	Посадочное отверстие в корпусе				По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]	Посадочное отверстие в корпусе		По-садка[1]
	макс.	мин.	макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.		макс.	мин.	
мм	дюймы		дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–	дюймы		–
260	10,2362	10,2348	10,2340	10,2352		10,2336	10,2356		10,2331	10,2343		10,2327	10,2348	
270	10,6299	10,6285	10,6277	10,6289		10,6270	10,6290		10,6270	10,6280		10,6265	10,6285	
280	11,0236	11,0222	11,0214	11,0226	4 L	11,0210	11,0230	8 L	11,0205	11,0217	5 T	11,0201	11,0222	0 T
290	11,4173	11,4159	11,4151	11,4163	22 T	11,4150	11,4170	26 T	11,4140	11,4150	31 T	11,4139	11,4159	35 T
300	11,8110	11,8096	11,8088	11,8100		11,8084	11,8104		11,8079	11,8091		11,8075	11,8096	
310	12,2047	12,2033	12,2025	12,2037		12,2021	12,2041		12,2016	12,2028		12,2012	12,2033	
320	12,5984	12,5968	12,5960	12,5974		12,5955	12,5978		12,5950	12,5964		12,5945	12,5968	
340	13,3858	13,3842	13,3834	13,3848		13,3829	13,3852		13,3824	13,3838		13,3819	13,3842	
360	14,1732	14,1716	14,1708	14,1722	6 L	14,1703	14,1726	10 L	14,1698	14,1712	4 T	14,1693	14,1716	0 T
370	14,5669	14,5654	14,5645	14,5659	24 T	14,5640	14,5660	29 T	14,5640	14,5650	34 T	14,5631	14,5653	39 T
380	14,9606	14,9590	14,9582	14,9596		14,9577	14,9600		14,9572	14,9586		14,9567	14,9590	
400	15,7480	15,7464	15,7456	15,7470		15,7451	15,7474		15,7446	15,7460		15,7441	15,7464	
420	16,5354	16,5336	16,5328	16,5343		16,5323	16,5347		16,5317	16,5332		16,5311	16,5336	
440	17,3228	17,3210	17,3202	17,3217	7 L	17,3197	17,3221	11 L	17,3191	17,3206	4 T	17,3185	17,3210	0 T
460	18,1102	18,1084	18,1076	18,1091	26 T	18,1071	18,1095	31 T	18,1065	18,1080	37 T	18,1059	18,1084	43 T
480	18,8976	18,8958	18,8950	18,8965		18,8945	18,8969		18,8939	18,8954		18,8933	18,8958	
500	19,6850	19,6832	19,6824	19,6839		19,6819	19,6843		19,6813	19,6828		19,6807	19,6832	
520	20,4724	20,4704	20,4689	20,4707		20,4679	20,4707		20,4676	20,4693		20,4666	20,4693	
540	21,2598	21,2578	21,2563	21,2581		21,2553	21,2581		21,2550	21,2567		21,2540	21,2567	
560	22,0472	22,0452	22,0438	22,0455	3 L	22,0430	22,0460	3 L	22,0420	22,0440	11 T	22,0414	22,0442	11 T
580	22,8346	22,8326	22,8311	22,8329	35 T	22,8301	22,8329	45 T	22,8298	22,8315	48 T	22,8288	22,8315	58 T
600	23,6220	23,6200	23,6185	23,6203		23,6175	23,6203		23,6172	23,6189		23,6162	23,6189	
620	24,4094	24,4074	24,4059	24,4077		24,4049	24,4077		24,4046	24,4063		24,4036	24,4063	
650	25,5906	25,5876	25,5867	25,5886		25,5855	25,5886		25,5852	25,5871		25,5840	25,5871	
670	26,3780	26,3750	26,3741	26,3760		26,3729	26,3760		26,3726	26,3745		26,3714	26,3745	
680	26,7717	26,7687	26,7678	26,7697		26,7666	26,7697		26,7663	26,7682		26,7651	26,7682	
700	27,5591	27,5561	27,5552	27,5571		27,5540	27,5571		27,5537	27,5556		27,5525	27,5556	
720	28,3465	28,3435	28,3426	28,3445	10 L	28,3414	28,3445	10 L	28,3411	28,3430	5 T	28,3399	28,3430	5 T
750	29,5276	29,5246	29,5237	29,5256	39 T	29,5225	29,5256	51 T	29,5222	29,5241	54 T	29,5210	29,5241	66 T
760	29,9213	29,9183	29,9173	29,9193		29,9160	29,9190		29,9160	29,9180		29,9146	29,9178	
780	30,7087	30,7057	30,7048	30,7067		30,7036	30,7077		30,7033	30,7052		30,7021	30,7052	
790	31,1024	31,0994	31,0985	31,1004		31,0973	31,1004		31,0970	31,0989		31,0958	31,0989	
800	31,4961	31,4931	31,4921	31,4941		31,4910	31,4940		31,4910	31,4930		31,4894	31,4926	
820	32,2835	32,2796	32,2791	32,2813		31,2778	32,2813		32,2774	32,2796		32,2760	32,2796	
830	32,6772	32,6733	32,6728	32,6750		32,6710	32,6750		32,6710	32,6730		32,6697	32,6732	
850	33,4646	33,4607	33,4602	33,4624		33,4589	33,4624		33,4585	33,4607		33,4571	33,4607	
870	34,2520	34,2481	34,2476	34,2498	17 L	34,2463	34,2498	17 L	34,2459	34,2481	0 T	34,2445	34,2481	0 T
920	36,2205	36,2166	36,2161	36,2183	44 T	36,2148	36,2183	57 T	36,2144	36,2166	61 T	36,2130	36,2166	75 T
950	37,4016	37,3977	37,3972	37,3994		37,3959	37,3994		37,3955	37,3977		37,3941	37,3977	
980	38,5827	38,5788	38,5783	38,5805		38,5770	38,5805		38,5766	38,5788		38,5752	38,5788	
1 000	39,3701	39,3662	39,3657	39,3679		39,3644	39,3679		39,3640	39,3662		39,3626	39,3662	
1 150	45,2756	45,2707	45,2704	45,2730	23 L	45,2689	45,2730	23 L	45,2683	45,2709	2 L	45,2667	45,2709	2 L
1 250	49,2126	49,2077	49,2074	49,2100	52 T	49,2059	49,2100	67 T	49,2053	49,2079	73 T	40,2037	49,2079	89 T
1 400	55,1181	55,1118	55,1120	55,1150	32 L	55,1101	55,1150	32 L	55,1095	55,1126	8 L	55,1077	55,1126	8 L
1 600	62,9921	62,9858	62,9860	62,9890	61 T	62,9841	62,9890	80 T	62,9835	62,9866	86 T	62,9817	62,9866	104 T

[1] Результирующая посадка 0,0001 дюйма. L указывает на зазор (свободную посадку), T указывает на натяг (тугую посадку).

Приложение B-5

Отклонения изменённого диаметра валов для использования с дюймовыми подшипниками

Номинальный диаметр		Отклонения изменённых диаметров для посадок с зазором/натягом в соответствии с допусками:											
Посадочное место на валу		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
Посадочное отверстие подшипника													
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм		мкм											
10	**18**	+2	–4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+14	+7	+17	+14
18	**30**	+3	–7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+17	+6	+21	+15
30	**50**	+3	–12	+12	–3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	**76,2**	+5	–16	+15	–6	+21	+6	+27	+6	+25	+3	+30	+15
76,2	**80**	+5	–4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+25	+15	+30	+27
80	**120**	+8	–9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	**180**	+11	–14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+38	+12	+46	+28
180	**250**	+15	–19	+30	–4	+37	+12	+46	+12	+45	+10	+54	+29
250	**304,8**	+18	–24	+35	–7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	**315**	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	**400**	+22	–3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	**500**	+25	–9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	**609,6**	+28	–15	+50	+7	–	–	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	**630**	+28	+10	+50	+32	–	–	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	**800**	+51	+2	+75	+26	–	–	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	**914,4**	+74	–6	+100	+20	–	–	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	**1 000**	+74	+20	+100	+46	–	–	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	**1 219,2**	+97	+8	+125	+36	–	–	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Номинальный диаметр		Отклонения изменённых диаметров для посадок с зазором/натягом в соответствии с допусками:									
Посадочное место на валу		k6		m5		m6		n6		p6	
Посадочное отверстие подшипника											
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм		мкм									
10	**18**	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
18	**30**	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
30	**50**	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
50	**76,2**	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
76,2	**80**	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
80	**120**	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
120	**180**	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
180	**250**	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
250	**304,8**	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
304,8	**315**	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
315	**400**	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
400	**500**	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
500	**609,6**	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
609,6	**630**	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
630	**800**	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
800	**914,4**	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
914,4	**1 000**	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1 000	**1 219,2**	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

Приложение B-6

Отклонения изменённого диаметра посадочного отверстия в корпусах для использования с дюймовыми подшипниками

Номинальный диаметр		Отклонения изменённых диаметров для посадок с зазором/натягом в соответствии с допусками:									
Посадочное место в отверстии корпуса		H7		J7		J6		K6		K7	
Наружный диаметр подшипника											
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм		мкм									
30	**50**	+36	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	**80**	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	**120**	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	**150**	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	–3
150	**180**	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	–3
180	**250**	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	–8
250	**304,8**	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	–2	+51	–11
304,8	**315**	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	**400**	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	**500**	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	**609,6**	+120	+51	–	–	–	–	+50	+7	+50	–19
609,6	**630**	+120	+76	–	–	–	–	+50	+32	+50	+6
630	**800**	+155	+76	–	–	–	–	+75	+26	+75	–4
800	**914,4**	+190	+76	–	–	–	–	+100	+20	+100	–14
914,4	**1 000**	+190	+102	–	–	–	–	+100	+46	+100	+12
1 000	**1 219,2**	+230	+102	–	–	–	–	+125	+36	+125	–3
1 219,2	**1 250**	+230	+127	–	–	–	–	+125	+61	+125	+22
1 250	**1 600**	+285	+127	–	–	–	–	+160	+49	+160	+2

Номинальный диаметр		Отклонения изменённых диаметров для посадок с зазором/натягом в соответствии с допусками:							
Посадочное место в посадочном отверстии корпуса		M6		M7		N7		P7	
Наружный диаметр подшипника									
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм		мкм							
30	**50**	+7	+5	+11	0	+3	–8	–6	–17
50	**80**	+8	+1	+13	–5	+4	–14	–8	–26
80	**120**	+9	–3	+15	–10	+5	–20	–9	–34
120	**150**	+10	–8	+18	–15	+6	–27	–10	–43
150	**180**	+17	–8	+25	–15	+13	–27	–3	–43
180	**250**	+22	–12	+30	–21	+16	–35	–3	–54
250	**304,8**	+26	–16	+35	–27	+21	–41	–1	–63
304,8	**315**	+26	+10	+35	–1	+21	–15	–1	–37
315	**400**	+30	+5	+40	–6	+24	–22	–1	–47
400	**500**	+35	+1	+45	–12	+28	–29	0	–57
500	**609,6**	+24	–19	+24	–45	+6	–63	–28	–97
609,6	**630**	+24	+6	+24	–20	+6	–38	–28	–72
630	**800**	+45	–4	+45	–34	+25	–54	–13	–92
800	**914,4**	+66	–14	+66	–48	+44	–70	0	–114
914,4	**1 000**	+66	+12	+66	–22	+44	–44	0	–88
1 000	**1 219,2**	+85	–4	+85	–43	+59	–69	+5	–123
1 219,2	**1 250**	+85	+21	+85	–18	+59	–44	+5	–98
1 250	**1 600**	+112	+1	+112	–46	+82	–76	+20	–138

Приложение B-7

Допуски диаметра и формы валов для монтажа на втулке

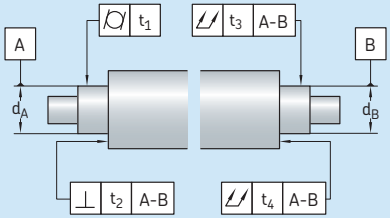
Диаметр вала		**Допуски диаметра и формы**		
		Допуск		**Квалитет точности**
d		h9		IT5[1]
Номинальный		Отклонения		
свыше	до	верх.	нижн.	макс.
мм		мкм		
10	**18**	0	–43	8
18	**30**	0	–52	9
30	**50**	0	–62	11
50	**80**	0	–74	13
80	**120**	0	–87	15
120	**180**	0	–100	18
180	**250**	0	–115	20
250	**315**	0	–130	23
315	**400**	0	–140	25
400	**500**	0	–155	27
500	**630**	0	–175	32
630	**800**	0	–200	36
800	**1 000**	0	–230	40
1 000	**1 250**	0	–260	47

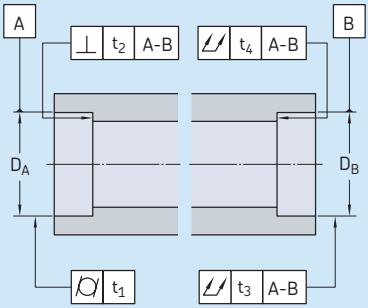
[1] Рекомендация для квалитета точности IT5/2, поскольку зона допуска t является радиусом. Тем не менее, в вышеприведённой таблице значения относятся к номинальному диаметру вала и, следовательно, не делятся пополам.

Квалитеты точности по ISO

Номинальный размер		Квалитеты точности											
свыше	до	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
		макс.											
мм		мкм											
1	**3**	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	**6**	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	**10**	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	**18**	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	**30**	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	**50**	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	**80**	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	**120**	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	**180**	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	**250**	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
250	**315**	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
315	**400**	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
400	**500**	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
500	**630**	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
630	**800**	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
800	**1 000**	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
1 000	**1 250**	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
1 250	**1 600**	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
1 600	**2 000**	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1 500
2 000	**2 500**	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

Точность формы и положения посадочных мест подшипников





Поверхность Характеристика	Символ для характеристики	зона допуска	Допустимые отклонения Класс точности подшипника[1] Нормальный, CLN	P6	P5	
Цилиндрическое посадочное место						
Цилиндричность		t_1	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Общее радиальное биение		t_3	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Плоская опора						
Перпендикулярность	⊥	t_2	IT5	IT4	IT3	IT2
Общее осевое биение		t_4	IT5	IT4	IT3	IT2

Пояснение

Для обычных требований

Для специальных требований относительно точности вращения или равномерности опоры

[1] Информация о подшипниках более высокой точности (класс точности P4 и т. д.) представлена на сайте www.skf.ru.

Приложение D-2

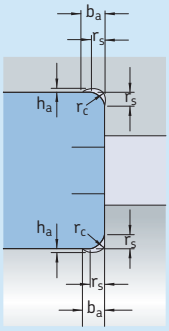
Шероховатость поверхности посадочных мест подшипников

Диаметр посадочных мест		**Рекомендуемое значение R_a для шлифованных посадочных мест**		
d (D)[1] свыше	до	Допуски диаметра IT7	IT6	IT5
мм		мкм		
–	**80**	1,6	0,8	0,4
80	**500**	1,6	1,6	0,8
500	**1 250**	3,2[2]	1,6	1,6

[1] Относительно диаметров > 1250 мм обращайтесь в техническую службу компании SKF.
[2] Если при монтаже используется метод гидрораспора, значение R_a не должно превышать 1,6 мм.

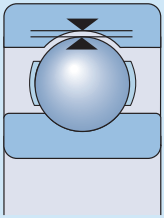
Приложение D-3

Размеры галтелей с проточками



Размер фасок подшипников	**Размеры проточек**		
r_s	b_a	h_a	r_c
мм	мм		
1	2	0,2	1,3
1,1	2,4	0,3	1,5
1,5	3,2	0,4	2
2	4	0,5	2,5
2,1	4	0,5	2,5
3	4,7	0,5	3
4	5,9	0,5	4
5	7,4	0,6	5
6	8,6	0,6	6
7,5	10	0,6	7
9,5	12	0,6	9

Радиальный внутренний зазор радиальных шарикоподшипников

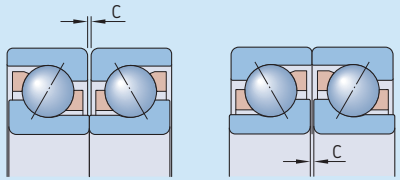


Диаметр отверстия d		Радиальный внутренний зазор									
		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
2,5	**6**[1]	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	**10**[1]	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	**18**	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	**24**	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	**30**	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	**40**	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	**50**	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	**65**	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	**80**	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	**100**	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	**120**	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	**140**	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	**160**	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	**180**	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	**200**	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	**225**	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	**250**	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	**280**	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	**315**	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	**355**	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	**400**	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	**450**	3	80	60	170	150	270	250	380	350	520
450	**500**	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	**560**	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	**630**	10	110	90	230	210	360	340	520	490	700
630	**710**	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	**800**	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	**900**	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	**1 000**	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	**1 120**	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	**1 250**	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260
1 250	**1 400**	30	200	190	440	420	700	680	1 000	–	–
1 400	**1 600**	30	210	210	470	450	750	730	1 060	–	–

[1] Значения зазора не действительны для радиальных шарикоподшипников из нержавеющей стали с диаметром отверстия d < 10 мм.

Приложение E-2

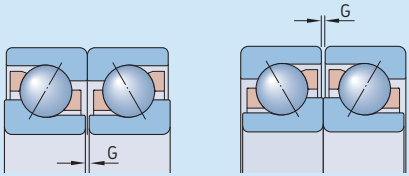
Осевой внутренний зазор однорядных радиально-упорных шарикоподшипников для универсального монтажа по O-образной или X-образной схеме



Диаметр отверстия d		Осевой внутренний зазор Класс CA		CB		CC	
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм					
10	**18**	5	13	15	23	24	32
18	**30**	7	15	18	26	32	40
30	**50**	9	17	22	30	40	48
50	**80**	11	23	26	38	48	60
80	**120**	14	26	32	44	55	67
120	**180**	17	29	35	47	62	74
180	**250**	21	37	45	61	74	90

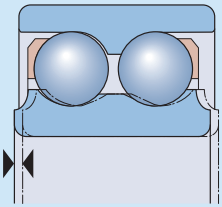
Приложение E-3

Осевой преднатяг однорядных радиально-упорных шарикоподшипников для универсального монтажа по O-образной или X-образной схеме



Диаметр отверстия d		Преднатяг Класс GA			GB				GC			
свыше	до	мин.	макс.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм		H	мкм		H		мкм		H	
10	**18**	+4	–4	80	–2	–10	30	330	–8	–16	230	660
18	**30**	+4	–4	120	–2	–10	40	480	–8	–16	340	970
30	**50**	+4	–4	160	–2	–10	60	630	–8	–16	450	1 280
50	**80**	+6	–6	380	–3	–15	140	1 500	–12	–24	1 080	3 050
80	**120**	+6	–6	410	–3	–15	150	1 600	–12	–24	1 150	3 250
120	**180**	+6	–6	540	–3	–15	200	2 150	–12	–24	1 500	4 300
180	**250**	+8	–8	940	–4	–20	330	3 700	–16	–32	2 650	7 500

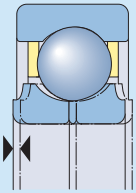
Осевой внутренний зазор двухрядных радиально-упорных шарикоподшипников



Диаметр отверстия		Осевой внутренний зазор подшипников серий									
		32 A и 33 A						33 D		33 DNRCBM	
d		C2		Нормальный		C3					
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм						мкм		мкм	
–	10	1	11	5	21	12	28	–	–	–	–
10	18	1	12	6	23	13	31	–	–	–	–
18	24	2	14	7	25	16	34	–	–	–	–
24	30	2	15	8	27	18	37	–	–	–	–
30	40	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
40	50	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
50	65	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
65	80	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
80	100	3	26	18	46	35	63	55	83	–	–
100	110	4	30	22	53	42	73	65	96	–	–

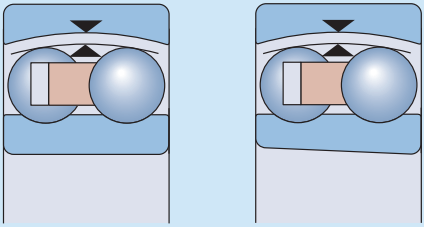
Приложение E-5

Осевой внутренний зазор шарикоподшипников с четырёхточечным контактом



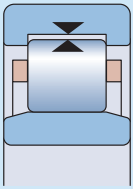
Диаметр отверстия		Осевой внутренний зазор							
		C2		Нормальный		C3		C4	
d									
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм							
10	**17**	15	55	45	85	75	125	115	165
17	**40**	26	66	56	106	96	146	136	186
40	**60**	36	86	76	126	116	166	156	206
60	**80**	46	96	86	136	126	176	166	226
80	**100**	56	106	96	156	136	196	186	246
100	**140**	66	126	116	176	156	216	206	266
140	**180**	76	156	136	196	176	246	226	296
180	**220**	96	176	156	226	206	276	256	326

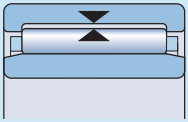
Радиальный внутренний зазор самоустанавливающихся шарикоподшипников



Диаметр отверстия		Радиальный внутренний зазор							
		C2		Нормальный		C3		C4	
d									
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм							
Подшипники с цилиндрическим отверстием									
2,5	**6**	1	8	5	15	10	20	15	25
6	**10**	2	9	6	17	12	25	19	33
10	**14**	2	10	6	19	13	26	21	35
14	**18**	3	12	8	21	15	28	23	37
18	**24**	4	14	10	23	17	30	25	39
24	**30**	5	16	11	24	19	35	29	46
30	**40**	6	18	13	29	23	40	34	53
40	**50**	6	19	14	31	25	44	37	57
50	**65**	7	21	16	36	30	50	45	69
65	**80**	8	24	18	40	35	60	54	83
80	**100**	9	27	22	48	42	70	64	96
100	**120**	10	31	25	56	50	83	75	114
120	**140**	10	38	30	68	60	100	90	135
140	**160**	15	44	35	80	70	120	110	161
160	**180**	15	50	40	92	82	138	126	185
180	**200**	17	57	47	105	93	157	144	212
200	**225**	18	62	50	115	100	170	155	230
225	**250**	20	70	57	130	115	195	175	255
Подшипники с коническим отверстием									
18	**24**	7	17	13	26	20	33	28	42
24	**30**	9	20	15	28	23	39	33	50
30	**40**	12	24	19	35	29	46	40	59
40	**50**	14	27	22	39	33	52	45	65
50	**65**	18	32	27	47	41	61	56	80
65	**80**	23	39	35	57	50	75	69	98
80	**100**	29	47	42	68	62	90	84	116
100	**120**	35	56	50	81	75	108	100	139

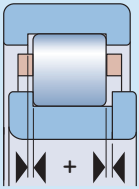
Радиальный внутренний зазор цилиндрических и игольчатых роликоподшипников





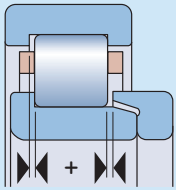
Диаметр отверстия		Радиальный внутренний зазор									
		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
d											
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	690	810
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	780	900
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	865	1 005
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	975	1 135
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	1 095	1 265
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960	–	–
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060	–	–
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190	–	–
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310	–	–
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450	–	–
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660	–	–
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840	–	–

Осевой внутренний зазор цилиндрических роликоподшипников типа NUP



Подшипник		Осевой внутренний зазор подшипников серий							
Диаметр отверстия	Код размера	NUP 2		NUP 3		NUP 22		NUP 23	
		мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм	–	мкм							
17	**03**	37	140	37	140	37	140	47	155
20	**04**	37	140	37	140	47	155	47	155
25	**05**	37	140	47	155	47	155	47	155
30	**06**	37	140	47	155	47	155	47	155
35	**07**	47	155	47	155	47	155	62	180
40	**08**	47	155	47	155	47	155	62	180
45	**09**	47	155	47	155	47	155	62	180
50	**10**	47	155	47	155	47	155	62	180
55	**11**	47	155	62	180	47	155	62	180
60	**12**	47	155	62	180	62	180	87	230
65	**13**	47	155	62	180	62	180	87	230
70	**14**	47	155	62	180	62	180	87	230
75	**15**	47	155	62	180	62	180	87	230
80	**16**	47	155	62	180	62	180	87	230
85	**17**	62	180	62	180	62	180	87	230
90	**18**	62	180	62	180	62	180	87	230
95	**19**	62	180	62	180	62	180	87	230
100	**20**	62	180	87	230	87	230	120	315
105	**21**	62	180	–	–	–	–	–	–
110	**22**	62	180	87	230	87	230	120	315
120	**24**	62	180	87	230	87	230	120	315
130	**26**	62	180	87	230	87	230	120	315
140	**28**	62	180	87	230	87	230	120	315
150	**30**	62	180	–	–	87	230	120	315
160	**32**	87	230	–	–	–	–	–	–
170	**34**	87	230	–	–	–	–	–	–
180	**36**	87	230	–	–	–	–	–	–
190	**38**	87	230	–	–	–	–	–	–
200	**40**	87	230	–	–	–	–	–	–
220	**44**	95	230	–	–	–	–	–	–
240	**48**	95	250	–	–	–	–	–	–
260	**52**	95	250	–	–	–	–	–	–

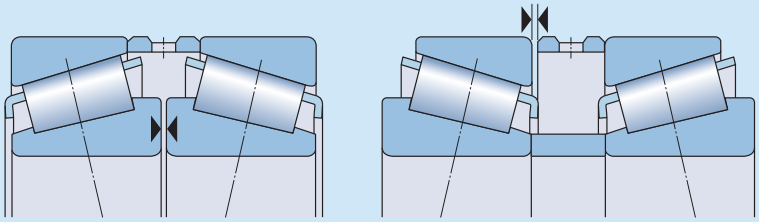
Осевой внутренний зазор цилиндрических роликоподшипников типа NJ + HJ



Подшипник		Осевой внутренний зазор подшипников серий									
Диаметр отверстия	Код размера	NJ 2+HJ 2		NJ 3+HJ 3		NJ 4+HJ 4		NJ 22+HJ 22		NJ 23+HJ 23	
		мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм	–	мкм									
20	**04**	42	165	42	165	–	–	52	185	52	183
25	**05**	42	165	52	185	–	–	52	185	52	183
30	**06**	42	165	52	185	60	200	52	185	52	183
35	**07**	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
40	**08**	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
45	**09**	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
50	**10**	52	185	52	185	80	235	52	185	72	215
55	**11**	52	185	72	215	80	235	52	185	72	215
60	**12**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
65	**13**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
70	**14**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
75	**15**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
80	**16**	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
85	**17**	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
90	**18**	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
95	**19**	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
100	**20**	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
105	**21**	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
110	**22**	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
120	**24**	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
130	**26**	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
140	**28**	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
150	**30**	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
160	**32**	102	275	102	275	–	–	140	375	140	375
170	**34**	102	275	–	–	–	–	140	375	–	–
180	**36**	102	275	–	–	–	–	140	375	–	–
190	**38**	102	275	–	–	–	–	–	–	–	–
200	**40**	102	275	–	–	–	–	–	–	–	–
220	**44**	110	290	–	–	–	–	–	–	–	–
240	**48**	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–
260	**52**	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–
280	**56**	110	310	–	–	–	–	–	–	–	–

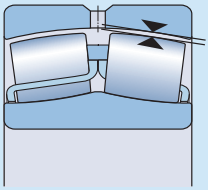
Для получения информации о подшипниках, не указанных в таблице, обращайтесь в техническую службу SKF.

Осевой внутренний зазор спаренных однорядных метрических конических роликоподшипников



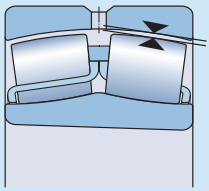
Диаметр отверстия		Осевой внутренний зазор подшипников серий											
		329		320		330		331, 332, 302, 322,		303, 323		313	
d													
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм											
–	30	–	–	80	120	–	–	100	140	130	170	60	100
30	40	–	–	100	140	–	–	120	160	140	180	70	110
40	50	–	–	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	65	–	–	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	80	–	–	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	100	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	120	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	140	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	160	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	180	370	430	310	370	–	–	310	370	390	450	–	–
180	190	370	430	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
190	200	390	450	340	400	–	–	340	400	440	500	–	–
200	225	440	500	390	450	–	–	390	450	490	550	–	–
225	250	440	500	440	500	–	–	440	500	540	600	–	–
250	280	540	600	490	550	–	–	490	550	–	–	–	–
280	300	640	700	540	600	–	–	540	600	–	–	–	–
300	340	640	700	590	650	–	–	590	650	–	–	–	–

Радиальный внутренний зазор сферических роликоподшипников с цилиндрическим отверстием



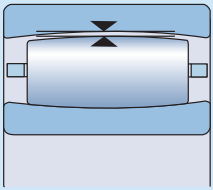
Диаметр отверстия		Радиальный внутренний зазор									
		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
d											
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
14	**18**	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	**24**	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	**30**	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	**40**	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	**50**	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	**65**	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	**80**	30	50	50	80	80	110	110	145	145	185
80	**100**	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	**120**	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	**140**	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	**160**	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	**180**	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	**200**	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	**225**	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	**250**	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	**280**	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	**315**	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	**355**	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	**400**	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	**450**	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	**500**	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	**560**	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1 000
560	**630**	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1 100
630	**710**	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1 190
710	**800**	210	390	390	580	580	770	770	1 010	1 010	1 300
800	**900**	230	430	430	650	650	860	860	1 120	1 120	1 440
900	**1 000**	260	480	480	710	710	930	930	1 220	1 220	1 570
1 000	**1 120**	290	530	530	780	780	1 020	1 020	1 330	1 330	1 720
1 120	**1 250**	320	580	580	860	860	1 120	1 120	1 460	1 460	1 870
1 250	**1 400**	350	640	640	950	950	1 240	1 240	1 620	1 620	2 060
1 400	**1 600**	400	720	720	1 060	1 060	1 380	1 380	1 800	1 800	2 300
1 600	**1 800**	450	810	810	1 180	1 180	1 550	1 550	2 000	2 000	2 550

Радиальный внутренний зазор сферических роликоподшипников с коническим отверстием



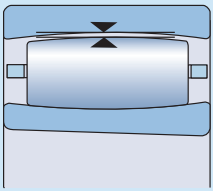
Диаметр отверстия		Радиальный внутренний зазор									
		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
d											
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
18	**24**	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	**30**	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	**40**	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	**50**	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	**65**	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	**80**	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	**100**	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	**120**	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	**140**	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	**160**	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	**180**	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	**200**	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	**225**	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	**250**	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	**280**	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	**315**	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	**355**	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	**400**	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	**450**	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	**500**	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	**560**	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	**630**	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	**710**	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	**800**	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	**900**	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	**1 000**	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
1 000	**1 120**	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
1 120	**1 250**	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250
1 250	**1 400**	620	910	910	1 230	1 230	1 560	1 560	2 000	2 000	2 450
1 400	**1 600**	680	1 000	1 000	1 350	1 350	1 720	1 720	2 200	2 200	2 700
1 600	**1 800**	750	1 110	1 110	1 500	1 500	1 920	1 920	2 400	2 400	2 950

Радиальный внутренний зазор тороидальных роликоподшипников CARB с цилиндрическим отверстием



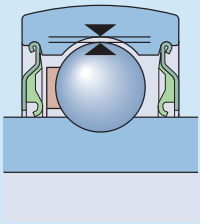
Диаметр отверстия		Радиальный внутренний зазор									
		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
d											
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
18	**24**	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
24	**30**	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
30	**40**	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
40	**50**	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
50	**65**	30	55	50	80	75	105	100	140	135	175
65	**80**	40	70	65	100	95	125	120	165	160	210
80	**100**	50	85	80	120	120	160	155	210	205	260
100	**120**	60	100	100	145	140	190	185	245	240	310
120	**140**	75	120	115	170	165	215	215	280	280	350
140	**160**	85	140	135	195	195	250	250	325	320	400
160	**180**	95	155	150	220	215	280	280	365	360	450
180	**200**	105	175	170	240	235	310	305	395	390	495
200	**225**	115	190	185	265	260	340	335	435	430	545
225	**250**	125	205	200	285	280	370	365	480	475	605
250	**280**	135	225	220	310	305	410	405	520	515	655
280	**315**	150	240	235	330	330	435	430	570	570	715
315	**355**	160	260	255	360	360	485	480	620	620	790
355	**400**	175	280	280	395	395	530	525	675	675	850
400	**450**	190	310	305	435	435	580	575	745	745	930
450	**500**	205	335	335	475	475	635	630	815	810	1 015
500	**560**	220	360	360	520	510	690	680	890	890	1 110
560	**630**	240	400	390	570	560	760	750	980	970	1 220
630	**710**	260	440	430	620	610	840	830	1 080	1 070	1 340
710	**800**	300	500	490	680	680	920	920	1 200	1 200	1 480
800	**900**	320	540	530	760	750	1 020	1 010	1 330	1 320	1 660
900	**1 000**	370	600	590	830	830	1 120	1 120	1 460	1 460	1 830
1 000	**1 120**	410	660	660	930	930	1 260	1 260	1 640	1 640	2 040
1 120	**1 250**	450	720	720	1 020	1 020	1 380	1 380	1 800	1 800	2 240
1 250	**1 400**	490	800	800	1 130	1 130	1 510	1 510	1 970	1 970	2 460
1 400	**1 600**	570	890	890	1 250	1 250	1 680	1 680	2 200	2 200	2 740
1 600	**1 800**	650	1 010	1 010	1 390	1 390	1 870	1 870	2 430	2 430	3 000

Радиальный внутренний зазор тороидальных роликоподшипников CARB с коническим отверстием



Диаметр отверстия		Радиальный внутренний зазор									
		C2		Нормальный		C3		C4		C5	
d											
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
мм		мкм									
18	**24**	15	35	30	45	40	55	55	70	65	85
24	**30**	20	40	35	55	50	65	65	85	80	100
30	**40**	25	50	45	65	60	80	80	100	100	125
40	**50**	30	55	50	75	70	95	90	120	115	145
50	**65**	40	65	60	90	85	115	110	150	145	185
65	**80**	50	80	75	110	105	140	135	180	175	220
80	**100**	60	100	95	135	130	175	170	220	215	275
100	**120**	75	115	115	155	155	205	200	255	255	325
120	**140**	90	135	135	180	180	235	230	295	290	365
140	**160**	100	155	155	215	210	270	265	340	335	415
160	**180**	115	175	170	240	235	305	300	385	380	470
180	**200**	130	195	190	260	260	330	325	420	415	520
200	**225**	140	215	210	290	285	365	360	460	460	575
225	**250**	160	235	235	315	315	405	400	515	510	635
250	**280**	170	260	255	345	340	445	440	560	555	695
280	**315**	195	285	280	380	375	485	480	620	615	765
315	**355**	220	320	315	420	415	545	540	680	675	850
355	**400**	250	350	350	475	470	600	595	755	755	920
400	**450**	280	385	380	525	525	655	650	835	835	1 005
450	**500**	305	435	435	575	575	735	730	915	910	1 115
500	**560**	330	480	470	640	630	810	800	1 010	1 000	1 230
560	**630**	380	530	530	710	700	890	880	1 110	1 110	1 350
630	**710**	420	590	590	780	770	990	980	1 230	1 230	1 490
710	**800**	480	680	670	860	860	1 100	1 100	1 380	1 380	1 660
800	**900**	520	740	730	960	950	1 220	1 210	1 530	1 520	1 860
900	**1 000**	580	820	810	1 040	1 040	1 340	1 340	1 670	1 670	2 050
1 000	**1 120**	640	900	890	1 170	1 160	1 500	1 490	1 880	1 870	2 280
1 120	**1 250**	700	980	970	1 280	1 270	1 640	1 630	2 060	2 050	2 500
1 250	**1 400**	770	1 080	1 080	1 410	1 410	1 790	1 780	2 250	2 250	2 740
1 400	**1 600**	870	1 200	1 200	1 550	1 550	1 990	1 990	2 500	2 500	3 050
1 600	**1 800**	950	1 320	1320	1 690	1 690	2 180	2 180	2 730	2 730	3 310

Радиальный внутренний зазор подшипников типа Y

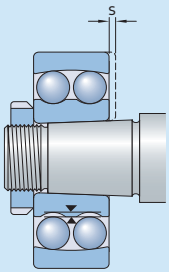


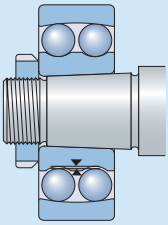
Размер подшипника[1]		Радиальный внутренний зазор подшипников типа Y серий					
		YAT 2, YAR 2, YET 2, YEL 2, YHC 2		YSA 2 K		17262(00) 17263(00)	
от	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
–		мкм					
03	**03**	10	25	–	–	3	18
04	**04**	12	28	–	–	5	20
05	**06**	12	28	23	41	5	20
07	**08**	13	33	28	46	6	20
09	**10**	14	36	30	51	6	23
11	**13**	18	43	38	61	8	28
14	**16**	20	51	–	–	–	–
17	**20**	24	58	–	–	–	–

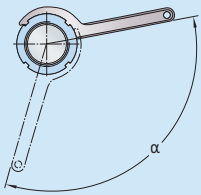
[1] Например: размер подшипника 06 включает все подшипники, основанные на подшипнике Y 206, такие как YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F.

Приложение F-1

Величины монтажного осевого смещения для самоустанавливающихся шарикоподшипников с коническим отверстием





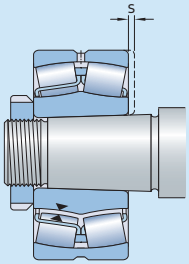


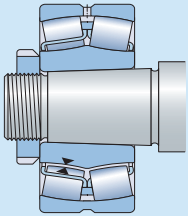
Диаметр отверстия	Осевое смещение	Угол затяжки стопорной гайки
d	s[1)]	α
мм	мм	градусы
20	0,22	80
25	0,22	55
30	0,22	55
35	0,30	70
40	0,30	70
45	0,35	80
50	0,35	80
55	0,40	75
60	0,40	75
65	0,40	80
70	0,40	80
75	0,45	85
80	0,45	85
85	0,60	110
90	0,60	110
95	0,60	110
100	0,60	110
110	0,70	125
120	0,70	125

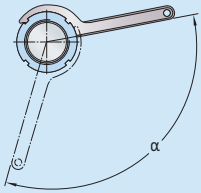
Действительно только для сплошных стальных валов и стандартных областей применения. Указанные величины являются примерными, поскольку определение точного исходного положения подшипника является затруднительным. Кроме того, величины осевого смещения несколько различаются для разных серий подшипников.

[1)] Неприменимо при использовании метода точного монтажа SKF Drive-up.

Величины монтажного осевого смещения для сферических роликоподшипников с коническим отверстием







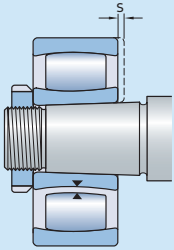
Диаметр отверстия d		Уменьшение внутреннего радиального зазора		Осевое смещение s[1),2)] Конусность 1:12		Конусность 1:30		Угол затяжки стопорной гайки[2)] Конусность 1:12 α	
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.		
мм		мм		мм					градусы
24	**30**	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100	
30	**40**	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115	
40	**50**	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130	
50	**65**	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115	
65	**80**	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130	
80	**100**	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150	
100	**120**	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35		
120	**140**	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80		
140	**160**	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20		
160	**180**	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60		
180	**200**	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00		
200	**225**	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45		
225	**250**	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85		
250	**280**	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40		
280	**315**	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00		
315	**355**	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60		
355	**400**	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60		
400	**450**	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50		
450	**500**	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50		Применение рекомендованных значений предотвращает проскальзывание внутреннего кольца на валу, но не гарантирует получение правильного радиального внутреннего зазора в процессе работы. При выборе класса радиального внутреннего зазора подшипника необходимо учитывать дополнительные факторы, обусловленные посадкой подшипника в корпусе, и влияние разницы температур внутреннего и наружного колец. За дополнительной информацией обращайтесь в техническую службу SKF.
500	**560**	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30		
560	**630**	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60		
630	**710**	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00		
710	**800**	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50		
800	**900**	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40		
900	**1 000**	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30		
1 000	**1 120**	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50		
1 120	**1 250**	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70		
1 250	**1 400**	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30		
1 400	**1 600**	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70		
1 600	**1 800**	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20		

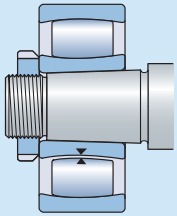
Действительно только для сплошных стальных валов и стандартных областей применения.

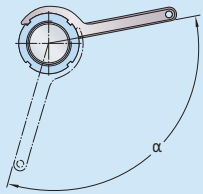
1) Неприменимо при использовании метода точного монтажа SKF Drive-up.

2) Указанные величины являются примерными, поскольку определение точного исходного положения подшипника является затруднительным. Кроме того, величины осевого смещения несколько различаются для разных серий подшипников.

Величины монтажного осевого смещения для тороидальных роликоподшипников CARB с коническим отверстием







Диаметр отверстия		Уменьшение внутреннего радиального зазора		Осевое смещение s[1),2)]				Угол затяжки стопорной гайки[2)]
				Конусность 1:12		Конусность 1:30		
d								Конусность1:12 α
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	
мм		мм		мм				градусы
24	**30**	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	**40**	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	**50**	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	**65**	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	**80**	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	**100**	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	**120**	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	**140**	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	**160**	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	**180**	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	**200**	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	**225**	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	**250**	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	**280**	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	**315**	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	**355**	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	**400**	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	**450**	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	**500**	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	Применение рекомендованных значений предотвращает проскальзывание внутреннего кольца на валу, но не гарантирует получение правильного радиального внутреннего зазора в процессе работы. При выборе класса радиального внутреннего зазора подшипника необходимо учитывать дополнительные факторы, обусловленные посадкой подшипника в корпусе, и влияние разницы температур внутреннего и наружного колец. За дополнительной информацией обращайтесь в техническую службу SKF.
500	**560**	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	**630**	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	**710**	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	**800**	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	**900**	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	**1 000**	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	**1 120**	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	**1 250**	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	**1 400**	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	**1 600**	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	**1 800**	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

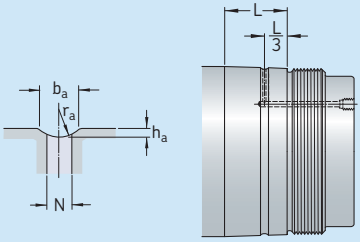
Действительно только для сплошных стальных валов и стандартных областей применения.

[1)] Неприменимо при использовании метода точного монтажа SKF Drive-up.

[2)] Указанные величины являются примерными, поскольку определение точного исходного положения подшипника является затруднительным. Кроме того, величины осевого смещения несколько различаются для разных серий подшипников.

Приложение G-1

Рекомендуемые размеры маслоподводящих каналов и распределительных канавок

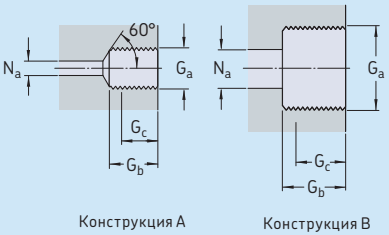


Диаметр посадочного места		Размеры			
		b_a	h_a	r_a	N
свыше	до				
мм		мм			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1 000	12	2,5	8	8

L = ширина посадочного места подшипника

Приложение G-2

Конструкция и рекомендуемые размеры резьбовых отверстий для подсоединения маслопроводов



Конструкция A Конструкция B

Резьба	Конструкция	Размеры		
G_a		G_b	G_c[1]	N_a макс.
–	–	мм		
M 6	**A**	10	8	3
G 1/8	**A**	12	10	3
G 1/4	**A**	15	12	5
G 3/8	**B**	15	12	8
G 1/2	**B**	18	14	8
G 3/4	**B**	20	16	8

[1] Эффективная длина резьбовой части

Приложение H-1

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа самоустанавливающихся шарикоподшипников

Обозначение подшипника	Начальное положение		Конечное положение		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения	Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [1]		Осевое смещение от начального положения s_s			Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	Δ_r		A_{ref}
–	МПа		мм		мм	–	мм²
Серия 12							
1210 EKTN9	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
1211 EKTN9	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
1212 EKTN9	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E	3 300
1213 EKTN9	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
1214 EKTN9	0,83	1,40	0,33	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
1215 K	0,88	1,50	0,33	0,38	0,026	HMV 15E	4 000
1216 K	1,10	1,85	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
1217 K	1,10	1,90	0,38	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
1218 K	1,15	1,90	0,40	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
1219 K	1,35	2,30	0,41	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
1220 K	1,45	2,50	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100
1222 K	1,70	2,90	0,49	0,54	0,039	HMV 22E	5 600
1224 KM	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E	6 000
1226 KM	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E	6 400
Серия 13							
1310 EKTN9	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10 E	2 900
1311 EKTN9	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11 E	3 150
1312 EKTN9	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12 E	3 300
1313 EKTN9	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13 E	3 600
1314 K	2,00	3,40	0,35	0,41	0,025	HMV 14E	3 800
1315 K	2,20	3,70	0,36	0,41	0,026	HMV 15E	4 000
1316 K	2,30	4,00	0,39	0,44	0,028	HMV 16E	4 200
1317 K	2,50	4,30	0,41	0,46	0,030	HMV 17E	4 400
1318 K	2,40	4,10	0,43	0,49	0,032	HMV 18E	4 700
1319 K	2,50	4,20	0,44	0,49	0,033	HMV 19E	4 900
1320 K	2,80	4,70	0,47	0,52	0,035	HMV 20E	5 100
1322 KM	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22E	5 600
Серия 22							
2210 EKTN9	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2211 EKTN9	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E	3 150
2212 EKTN9	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2213 EKTN9	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E	3 600
2215 EKTN9	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E	4 000
2216 EKTN9	1,05	1,80	0,35	0,40	0,028	HMV 16E	4 200
2217 K	1,25	2,10	0,37	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
2218 K	1,40	2,30	0,40	0,45	0,032	HMV 18E	4 700
2219 KM	1,50	2,60	0,40	0,46	0,033	HMV 19E	4 900
2220 K	1,60	2,70	0,43	0,48	0,035	HMV 20E	5 100
2222 KM	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E	5 600
Серия 23							
2310 K	1,30	2,20	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2311 K	1,55	2,60	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
2312 K	1,65	2,80	0,28	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2313 K	2,00	3,40	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV15 E	4 000
2316 K	2,40	4,10	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
2317 K	2,60	4,50	0,39	0,44	0,030	HMV 17E	4 400
2318 K	2,80	4,70	0,41	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
2319 KM	2,90	4,90	0,42	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
2320 K	3,30	5,60	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100

[1] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Приложение H-2

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа сферических роликоподшипников

Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения	Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	Δ_r		A_{ref}
–	МПа		мм		мм	–	мм²
Серия 213							
21310 EK	1,90	3,20	0,40	0,47	0,023	HMV 10E	2 900
21311 EK	1,40	2,40	0,40	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
21312 EK	2,40	4,10	0,45	0,52	0,027	HMV 12E	3 300
21313 EK	2,50	4,30	0;47	0,55	0,029	HMV 13E	3 600
21314 EK	2,70	4,50	0,52	0,59	0,032	HMV 14E	3 800
21315 EK	2,20	3,70	0,51	0,58	0,034	HMV 15E	4 000
21316 EK	2,20	3,80	0,53	0,60	0,036	HMV 16E	4 200
21317 EK	1,75	3,00	0,53	0,60	0,038	HMV 17E	4 400
21318 EK	1,85	3,20	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
21319 EK	1,90	3,30	0,59	0,66	0,043	HMV 19E	4 900
21320 EK	1,50	2,50	0,58	0,65	0,045	HMV 20E	5 100
Серия 222							
22210 EK	0,75	1,25	0,34	0,42	0,023	HMV 10E	2 900
22211 EK	0,70	1,25	0,36	0,43	0,025	HMV 11E	3 150
22212 EK	0,85	1,50	0,40	0,45	0,027	HMV 12E	3 300
22213 EK	0,95	1,65	0,43	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
22214 EK	0,95	1,60	0,44	0,51	0,032	HMV 14E	3 800
22215 EK	0,90	1,50	0,46	0,53	0,034	HMV 15E	4 000
22216 EK	1,00	1,70	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
22217 EK	1,15	2,00	0,50	0,58	0,038	HMV 17E	4 400
22218 EK	1,20	2,10	0,54	0,61	0,041	HMV 18E	4 700
22219 EK	1,35	2,30	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
22220 EK	1,45	2,50	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
22222 EK	1,75	3,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
22224 EK	1,85	3,10	0,68	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
22226 EK	1,95	3,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
22228 CCK/W33	2,30	4,00	0,80	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
22230 CCK/W33	2,50	4,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
22232 CCK/W33	2,60	4,40	0,91	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
22234 CCK/W33	2,80	4,70	0,97	1,02	0,077	HMV 34E	9 400
22236 CCK/W33	2,50	4,30	1,01	1,07	0,081	HMV 36E	10 300
22238 CCK/W33	2,60	4,40	1,06	1,13	0,086	HMV 38E	11 500
22240 CCK/W33	2,70	4,60	1,12	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
22244 CCK/W33	2,90	5,00	1,22	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
22248 CCK/W33	3,30	5,60	1,34	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
22252 CACK/W33	3,20	5,50	1,43	1,49	0,117	HMV 52E	18 800
22256 CACK/W33	3,00	5,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
22260 CACK/W33	2,90	4,90	1,62	1,68	0,135	HMV 60E	23 600
22264 CACK/W33	3,10	5,20	1,73	1,79	0,144	HMV 64E	26 300
22272 CAK/W33	3,60	6,10	1,96	2,02	0,162	HMV 72E	31 300

[1] В отношении крупногабаритных сферических роликоподшипников, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.
[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Приложение H-2

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа сферических роликоподшипников

Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения	Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	Δ_r		A_{ref}
–	МПа		мм			–	мм²
Серия 223							
22310 EK	1,60	2,80	0,35	0,43	0,023	HMV 10E	2 900
22311 EK	2,00	3,40	0,38	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
22312 EK	2,40	4,10	0,41	0,48	0,027	HMV 12E	3 300
22313 EK	2,10	3,60	0,42	0,49	0,029	HMV 13E	3 600
22314 EK	2,60	4,40	0,47	0,55	0,032	HMV 14E	3 800
22315 EK	2,30	4,00	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
22316 EK	2,40	4,10	0,50	0,57	0,036	HMV 16E	4 200
22317 EK	3,00	5,00	0,54	0,61	0,038	HMV 17E	4 400
22318 EK	3,00	5,10	0,57	0,65	0,041	HMV 18E	4 700
22319 EK	3,00	5,20	0,59	0,65	0,043	HMV 19E	4 900
22320 EK	4,10	7,00	0,64	0,71	0,045	HMV 20E	5 100
22322 EK	4,50	7,70	0,70	0,78	0,050	HMV 22E	5 600
22324 CCK/W33	4,40	7,50	0,74	0,81	0,054	HMV 24E	6 000
22326 CCK/W33	4,70	8,10	0,80	0,87	0,059	HMV 26E	6 400
22328 CCK/W33	5,00	8,60	0,84	0,91	0,063	HMV 28E	6 800
22330 CCK/W33	5,30	9,00	0,90	0,98	0,068	HMV 30E	7 500
22332 CCK/W33	5,20	8,80	0,95	1,02	0,072	HMV 32E	8 600
22334 CCK/W33	5,20	8,90	0,99	1,06	0,077	HMV 34E	9 400
22336 CCK/W33	5,10	8,80	1,05	1,12	0,081	HMV 36E	10 300
22338 CCK/W33	5,10	8,70	1,11	1,18	0,086	HMV 38E	11 500
22340 CCK/W33	5,10	8,80	1,16	1,23	0,090	HMV 40E	12 500
22344 CCK/W33	5,60	9,50	1,29	1,36	0,099	HMV 44E	14 400
22348 CCK/W33	5,60	9,50	1,39	1,46	0,108	HMV 48E	16 500
22352 CCK/W33	5,60	9,60	1,50	1,57	0,117	HMV 52E	18 800
22356 CCK/W33	5,70	9,70	1,61	1,68	0,126	HMV 56E	21 100
Серия 230							
23022 CCK/W33	1,10	1,85	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
23024 CCK/W33	1,05	1,75	0,66	0,73	0,054	HMV 24E	6 000
23026 CCK/W33	1,25	2,20	0,72	0,83	0,059	HMV 26E	6 400
23028 CCK/W33	1,20	2,10	0,76	0,89	0,063	HMV 28E	6 800
23030 CCK/W33	1,25	2,10	0,81	0,88	0,068	HMV 30E	7 500
23032 CCK/W33	1,25	2,10	0,85	0,92	0,072	HMV 32E	8 600
23034 CCK/W33	1,35	2,30	0,89	0,96	0,077	HMV 34E	9 400
23036 CCK/W33	1,50	2,60	0,95	1,03	0,081	HMV 36E	10 300
23038 CCK/W33	1,50	2,50	1,01	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
23040 CCK/W33	1,65	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
23044 CCK/W33	1,65	2,90	1,15	1,23	0,099	HMV 44E	14 400
23048 CCK/W33	1,50	2,50	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
23052 CCK/W33	1,70	2,90	1,35	1,42	0,117	HMV 52E	18 800
23056 CCK/W33	1,55	2,70	1,44	1,51	0,126	HMV 56E	21 100
23060 CCK/W33	1,75	3,00	1,54	1,61	0,135	HMV 60E	23 600
23064 CCK/W33	1,60	2,70	1,63	1,70	0,144	HMV 64E	26 300
23068 CCK/W33	1,85	3,10	1,74	1,81	0,153	HMV 68E	28 400
23072 CCK/W33	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
23076 CCK/W33	1,60	2,70	1,91	1,98	0,171	HMV 76E	33 500
23080 CCK/W33	1,75	3,00	2,02	2,09	0,180	HMV 80E	36 700

[1] В отношении крупногабаритных сферических роликоподшипников, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.

[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Приложение H-2

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа сферических роликоподшипников

Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения	Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	Δ_r		A_{ref}
–	МПа		мм			–	мм²
Серия 231							
23120 CCK/W33	1,40	2,40	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
23122 CCK/W33	1,45	2,50	0,63	0,70	0,050	HMV 22E	5 600
23124 CCK/W33	1,75	3,00	0,67	0,75	0,054	HMV 24E	6 000
23126 CCK/W33	1,65	2,80	0,72	0,80	0,059	HMV 26E	6 400
23128 CCK/W33	1,70	2,90	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
23130 CCK/W33	2,20	3,80	0,83	0,90	0,068	HMV 30E	7 500
23132 CCK/W33	2,30	3,90	0,87	0,95	0,072	HMV 32E	8 600
23134 CCK/W33	2,10	3,70	0,91	0,98	0,077	HMV 34E	9 400
23136 CCK/W33	2,30	4,00	0,97	1,04	0,081	HMV 36E	10 300
23138 CCK/W33	2,50	4,30	1,04	1,11	0,086	HMV 38E	11 500
23140 CCK/W33	2,60	4,50	1,08	1,15	0,090	HMV 40E	12 500
23144 CCK/W33	2,70	4,60	1,18	1,25	0,099	HMV 44E	14 400
23148 CCK/W33	2,60	4,50	1,27	1,35	0,108	HMV 48E	16 500
23152 CCK/W33	2,90	4,90	1,38	1,45	0,117	HMV 52E	18 800
23156 CCK/W33	2,60	4,40	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
23160 CCK/W33	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
23164 CCK/W33	3,10	5,30	1,68	1,75	0,144	HMV 64E	26 300
23168 CCK/W33	3,40	5,80	1,79	1,86	0,153	HMV 68E	28 400
23172 CCK/W33	3,30	5,60	1,90	1,96	0,162	HMV 72E	31 300
23176 CAK/W33	2,90	4,90	1,96	2,03	0,171	HMV 76E	33 500
23180 CAK/W33	2,80	4,70	2,05	2,12	0,180	HMV 80E	36 700
Серия 232							
23218 CCK/W33	1,70	2,90	0,54	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
23220 CCK/W33	1,90	3,30	0,58	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
23222 CCK/W33	2,40	4,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
23224 CCK/W33	2,50	4,30	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
23226 CCK/W33	2,60	4,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
23228 CCK/W33	3,00	5,20	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
23230 CCK/W33	3,1	5,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
23232 CCK/W33	3,30	5,60	0,90	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
23234 CCK/W33	3,40	5,90	0,94	1,01	0,077	HMV 34E	9 400
23236 CCK/W33	3,20	5,40	0,99	1,06	0,081	HMV 36E	10 300
23238 CCK/W33	3,30	5,60	1,05	1,12	0,086	HMV 38E	11 500
23240 CCK/W33	3,50	5,90	1,10	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
23244 CCK/W33	3,80	6,50	1,21	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
23248 CCK/W33	4,30	7,40	1,32	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
23252 CACK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CACK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CACK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CACK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CAK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CAK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CAK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CAK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

[1] В отношении крупногабаритных сферических роликоподшипников, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.
[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа сферических роликоподшипников

Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения Δ_r	Обозначение	Площадь поршня A_{ref}
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности			
–	МПа		мм			–	мм²
Серия 239							
23936 CCK/W33	0,84	1,45	0,93	1,00	0,081	HMV 36E	10 300
23938 CCK/W33	0,72	1,20	0,98	1,05	0,086	HMV 38E	11 500
23940 CCK/W33	0,89	1,55	1,03	1,10	0,090	HMV 40E	12 500
23944 CKK/W33	0,75	1,30	1,11	1,19	0,099	HMV 44E	14 400
23948 CCK/W33	0,64	1,10	1,20	1,27	0,108	HMV 48E	16 500
23952 CCK/W33	0,91	1,55	1,31	1,38	0,117	HMV 52E	18 800
23956 CCK/W33	0,82	1,40	1,41	1,47	0,126	HMV 56E	21 100
23960 CCK/W33	1,05	1,80	1,51	1,58	0,135	HMV 60E	23 600
23964 CACK/W33	0,96	1,65	1,60	1,67	0,144	HMV 64E	26 300
23968 CCK/W33	0,89	1,50	1,68	1,75	0,153	HMV 68E	28 400
23972 CCK/W33	0,81	1,40	1,77	1,84	0,162	HMV 72E	31 300
23976 CCK/W33	1,05	1,80	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
23980 CCK/W33	0,93	1,60	1,96	2,03	0,180	HMV 80E	36 700
Серия 240							
24024 CCK30/W33	1,10	2,00	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
24026 CCK30/W33	1,40	2,60	1,80	1,98	0,059	HMV 26E	6 400
24028 CCK30/W33	1,30	2,40	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
24030 CCK30/W33	1,35	2,50	2,02	2,20	0,068	HMV 30E	7 500
24032 CCK30/W33	1,30	2,50	2,12	2,30	0,072	HMV 32E	8 600
24034 CCK30/W33	1,50	2,80	2,23	2,41	0,077	HMV 34E	9 400
24036 CCK30/W33	1,80	3,30	2,40	2,58	0,081	HMV 36E	10 300
24038 CCK30/W33	1,55	2,90	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
24040 CCK30/W33	1,75	3,20	2,64	2,82	0,090	HMV 40E	12 500
24044 CCK30/W33	1,75	3,20	2,88	3,06	0,099	HMV 44E	14 400
24048 CCK30/W33	1,50	2,80	3,09	3,27	0,108	HMV 48E	16 500
24052 CCK30/W33	1,90	3,50	3,37	3,55	0,117	HMV 52E	18 800
24056 CCK30/W33	1,65	3,10	3,58	3,76	0,126	HMV 56E	21 100
24060 CCK30/W33	1,90	3,50	3,84	4,02	0,135	HMV 60E	23 600
24064 CCK30/W33	1,80	3,30	4,08	4,26	0,144	HMV 64E	26 300
24068 CCK30/W33	2,00	3,80	4,34	4,52	0,153	HMV 68E	28 400
24072 CCK30/W33	1,90	3,40	4,55	4,73	0,162	HMV 72E	31 300
24076 CCK30/W33	1,80	3,30	4,78	4,96	0,171	HMV 76E	33 500
24080 ECCK30/W33	1,95	3,70	5,04	5,22	0,180	HMV 80E	36 700

[1] В отношении крупногабаритных сферических роликоподшипников, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.

[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Приложение H-2

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа сферических роликоподшипников

Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения Δ_r	Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности			A_{ref}
–	МПа		мм			–	мм^2
Серия 241							
24122 CCK30/W33	1,55	2,90	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
24124 CCK30/W33	1,95	3,60	1,69	1,87	0,054	HMV 24E	6 000
24126 CCK30/W33	1,85	3,50	1,83	2,01	0,059	HMV 26E	6 400
24128 CCK30/W33	1,90	3,50	1,92	2,10	0,063	HMV 28E	6 800
24130 CCK30/W33	2,40	4,40	2,08	2,26	0,068	HMV 30E	7 500
24132 CCK30/W33	2,60	4,70	2,21	2,39	0,072	HMV 32E	8 600
24134 CCK30/W33	2,20	4,00	2,28	2,46	0,077	HMV 34E	9 400
24136 CCK30/W33	2,50	4,60	2,44	2,62	0,081	HMV 36E	10 300
24138 CCK30/W33	2,70	4,90	2,60	2,79	0,086	HMV 38E	11 500
24140 CCK30/W33	2,80	5,20	2,71	2,89	0,090	HMV 40E	12 500
24144 CCK30/W33	2,80	5,20	2,96	3,14	0,099	HMV 44E	14 400
24148 CCK30/W33	2,80	5,30	3,21	3,39	0,108	HMV 48E	16 500
24152 CCK30/W33	3,10	5,70	3,47	3,65	0,117	HMV 52E	18 800
24156 CCK30/W33	2,80	5,10	3,69	3,87	0,126	HMV 56E	21 100
24160 CCK30/W33	3,10	5,70	3,96	4,14	0,135	HMV 60E	23 600
24164 CCK30/W33	3,40	6,30	4,24	4,42	0,144	HMV 64E	26 300
24168 ECACK30/W33	3,60	6,70	4,48	4,66	0,153	HMV 68E	28 400
24172 ECCK30J/W33	3,30	6,10	4,70	4,88	0,162	HMV 72E	31 300
24176 ECAK30/W33	3,00	5,60	4,91	5,09	0,171	HMV 76E	33 500
24180 ECAK30/W33	2,90	5,40	5,14	5,32	0,180	HMV 80E	36 700
Серия BS2-							
BS2-2210-2CSK/VT143	0,83	1,40	0,34	0,41	(0,023)	HMV 10E	2 900
BS2-2211-2CSK/VT143	0,87	1,50	0,36	0,43	(0,025)	HMV 11E	3 150
BS2-2212-2CSK/VT143	1,15	1,95	0,38	0,46	(0,027)	HMV 12E	3 300
BS2-2213-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,41	0,48	(0,029)	HMV 13E	3 600
BS2-2214-2CSK/VT143	1,10	1,90	0,44	0,51	(0,032)	HMV 14E	3 800
BS2-2215-2CSK/VT143	1,05	1,75	0,45	0,53	(0,034)	HMV 15E	4 000
BS2-2216-2CSK/VT143	1,20	2,00	0,48	0,55	(0,036)	HMV 1 E	4 200
BS2-2217-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,50	0,57	(0,038)	HMV 17E	4 400
BS2-2218-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,54	0,61	(0,041)	HMV 18E	4 700
BS2-2219-2CS5K/VT143	1,60	2,70	0,56	0,63	(0,043)	HMV 19E	4 900
BS2-2220-2CS5K/VT143	1,70	2,90	0,58	0,65	(0,045)	HMV 20E	5 100
BS2-2222-2CS5K/VT143	2,00	2,60	0,64	0,65	(0,050)	HMV 22E	5 600
BS2-2224-2CS5K/VT143	2,10	3,60	0,68	0,75	(0,054)	HMV 24E	6 000
BS2-2226-2CS5K/VT143	2,20	3,80	0,74	0,81	(0,059)	HMV 26E	6 400

[1] В отношении крупногабаритных сферических роликоподшипников, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.
[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа тороидальных роликоподшипников CARB

Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения	Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	Δ_r		A_{ref}
–	МПа		мм			–	мм²
Серия C 22							
C 2210 KTN9	0,67	1,15	0,34	0,41	0,023	HMV 10E	2 900
C 2211 KTN9	0,57	0,98	0,35	0,42	0,025	HMV 11E	3 150
C 2212 KTN9	1,10	1,85	0,39	0,47	0,027	HMV 12E	3 300
C 2213 KTN9	0,82	1,40	0,40	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
C 2214 KTN9	0,76	1,30	0,43	0,50	0,032	HMV 14E	3 800
C 2215 K	0,70	1,20	0,45	0,52	0,034	HMV 15E	4 000
C 2216 K	1,05	1,75	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
C 2217 K	1,10	1,90	0,50	0,57	0,038	HMV 17E	4 400
C 2218 K	1,35	2,30	0,55	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
C 2219 K	1,00	1,70	0,54	0,62	0,043	HMV 19E	4 900
C 2220 K	1,10	1,90	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
C 2222 K	1,50	2,50	0,63	0,71	0,050	HMV 22E	5 600
C 2224 K	1,60	2,70	0,67	0,74	0,054	HMV 24E	6 000
C 2226 K	1,45	2,50	0,71	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 2228 K	2,40	4,00	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
C 2230 K	1,80	3,10	0,82	0,89	0,068	HMV 30E	7 500
C 2234 K	2,60	4,40	0,94	1,01	0,076	HMV 34E	9 400
C 2238 K	1,80	3,00	1,01	1,08	0,086	HMV 38E	11 500
C 2244 K	1,95	3,30	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
Серия C 23							
C 2314 K	2,00	3,40	0,46	0,53	0,032	HMV 14E	3 800
C 2315 K	2,30	3,80	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
C 2316 K	2,10	3,60	0,49	0,56	0,036	HMV 16E	4 200
C 2317 K	2,40	4,10	0,52	0,59	0,038	HMV 17E	4 400
C 2318 K	2,90	4,90	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
C 2319 K	2,20	3,80	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
C 2320 K	2,60	4,40	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
Серия C 30							
C 3022 K	0,97	1,65	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 3024 K	0,92	1,60	0,65	0,72	0,054	HMV 24E	6 000
C 3026 K	1,25	2,10	0,72	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 3028 K	1,25	2,10	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
C 3030 KM	1,00	1,75	0,80	0,87	0,068	HMV 30E	7 500
C 3032 K	1,35	2,30	0,86	0,93	0,072	HMV 32E	8 600
C 3034 K	1,50	2,60	0,90	0,98	0,076	HMV 34E	9 400
C 3036 K	1,45	2,40	0,95	1,02	0,081	HMV 36E	10 300
C 3038 K	1,60	2,70	1,02	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
C 3040 K	1,60	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
C 3044 K	1,60	2,70	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
C 3048 K	1,35	2,30	1,23	1,30	0,108	HMV 48E	16 500
C 3052 K	1,80	3,00	1,35	1,43	0,117	HMV 52E	18 800
C 3056 K	1,70	2,90	1,45	1,52	0,126	HMV 56E	21 100
C 3060 KM	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 KM	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 KM	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 KM	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 KM	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 KM	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

[1] В отношении тороидальных роликоподшипников CARB, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.

[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

Приложение H-3

Метод SKF Drive-up — рекомендуемые значения требуемого давления масла и осевого смещения для монтажа тороидальных роликоподшипников CARB

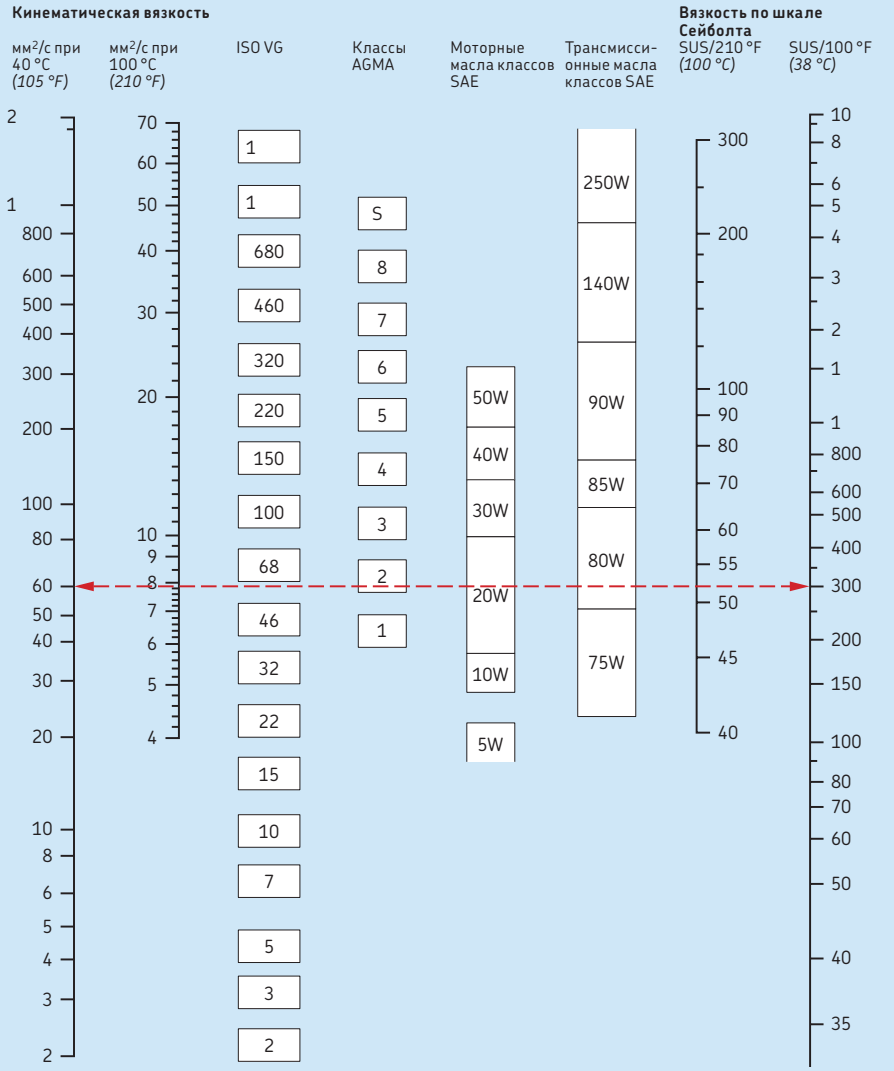
Обозначение подшипника [1]	Начальное положение		Конечное положение			Гидравлическая гайка	
	Требуемое давление масла P_{ref} [2]		Осевое смещение от начального положения s_s		Уменьшение радиального зазора от нулевого положения	Обозначение	Площадь поршня
	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	одна скользящая поверхность	две скользящие поверхности	Δ_r		A_{ref}
–	МПа		мм			–	мм²
Серия C 31							
C 3130 K	2,40	4,10	0,84	0,91	0,068	HMV 30E	7 500
C 3132 K	2,10	3,50	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3134 K	1,85	3,10	0,90	0,97	0,076	HMV 34E	9 400
C 3136 K	1,70	2,90	0,94	1,01	0,081	HMV 36E	10 300
C 3138 K	2,30	3,90	1,02	1,10	0,086	HMV 38E	11 500
C 3140 K	2,70	4,60	1,08	1,16	0,090	HMV 40E	12 500
C 3144 K	2,80	4,70	1,18	1,26	0,099	HMV 44E	14 400
C 3148 K	2,00	3,40	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
C 3152 K	2,80	4,70	1,37	1,44	0,117	HMV 52E	18 800
C 3156 K	2,60	4,50	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
C 3160 K	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
C 3164 KM	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
C 3168 KM	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3172 KM	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 KM	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 KM	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
Серия C 32							
C 3224 K	2,50	4,20	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
C 3232 K	2,70	4,60	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3236 K	3,70	6,30	1,01	1,09	0,081	HMV 36E	10 300
Серия C 40							
C 4010 K30TN9	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30V	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30V	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30V	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30MB	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 4024 K30V	1,15	2,20	1,65	1,84	0,054	HMV 24E	6 000
C 4026 K30	1,20	2,20	1,77	1,95	0,059	HMV 26E	6 400
C 4028 K30V	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30V	1,35	2,50	2,02	2,2	0,068	HMV 30E	7 500
C 4032 K30	1,05	1,95	2,08	2,26	0,072	HMV 32E	8 600
C 4034 K30V	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4036 K30V	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4038 K30V	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30V	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30V	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30M	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
Серия C 41							
C 4120 K30V/VE240	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30V	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30V	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30V/VE240	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
C 4128 K30V/VE240	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4130 K30V	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30V	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30V	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
C 4136 K30V	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30V	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500

[1] В отношении тороидальных роликоподшипников CARB, не указанных в данной таблице, обращайтесь в техническую службу компании SKF.
[2] Перечисленные значения действительны для указанной гидравлической гайки. Если используется другая гидравлическая гайка, нужно отрегулировать давление масла (→ *Метод SKF Drive-up*, **стр. 57**).

13

Приложение I-1

Эквиваленты вязкости
Сравнение различных методов классификации вязкости



Вязкость основана на незагущенном масле с индексом 95 VI. Классы ISO указаны при 40 °C *(105 °F)*. Классы AGMA указаны при 100 °F *(38 °C)*.
SAE 75W, 80W, 85W, 5 и 10W указаны при низкой температуре (ниже –17 °F (*–25 °C*)).
Показана эквивалентная вязкость для 100 °F *(38 °C)* и 210 °F *(100 °C)* . SAE 90–250 и 20–50 указаны при 210 °F *(100 °C)*.

Приложение I-2

Классы вязкости ISO

Класс вязкости ISO	**Кинематическая вязкость** при 40 °C (*105 °F*)		
	среднее	мин.	макс.
–	мм²/с		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1 000	900	1 100
ISO VG 1500	1 500	1 350	1 650

Обзор инструментов и продукции SKF для монтажа

Компания SKF предлагает широкий ассортимент инструментов и продукции для монтажа. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.mapro.skf.ru.

Комплект инструментов для монтажа подшипников

Ключи для затяжки стопорных гаек подшипников

Накидные ключи

Рабочие, термозащитные и маслостойкие перчатки

Индукционные нагреватели

Портативные индукционные нагреватели

Электроплиты

Монтажные жидкости

Гидравлические насосы

Гидравлические гайки

Инжекторы масла

Гидравлические насосы с пневматическим приводом

Наборы щупов (калибры толщины)

Индикатор SensorMount

Антифреттинговая паста

Обзор оборудования SKF для выверки

Компания SKF предлагает широкий ассортимент оборудования для выверки. Для получения дополнительной информации посетите сайты www.mapro.skf.ru и www.skf.ru.

Инструменты для выверки соосности валов

Инструменты для выверки соосности ремённых передач

Калиброванные пластины

Опоры SKF Vibracon SM

Обзор инструментов и продукции SKF для смазывания

Компания SKF предлагает широкий ассортимент продукции для смазывания. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.mapro.skf.ru.

Компания SKF также предлагает ассортимент централизованных систем смазывания. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.skf.ru.

Пластичные смазки для подшипников и масла для цепей

Приспособления для подачи смазочных материалов

Насосы для подачи пластичной смазки

Приспособления для заполнения подшипников смазкой

Ёмкости для масла

Расходомеры для пластичной смазки

Одноточечные автоматические лубрикаторы

Многоточечные автоматические лубрикаторы

Маслостойкие перчатки

Пресс-маслёнки

Регуляторы уровня масла

13

Планировщик смазывания SKF, колпачки для пресс-маслёнок и этикетки

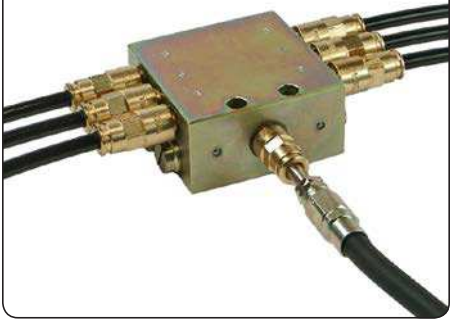
Комплекты для тестирования смазки

Компактные устройства для смазывания

Аккумуляторные поршневые насосы KFAS

Поршневой насос с дозирующим устройством PF-VPBM

Смазочные распределители с дозирующим устройством



LGMT 2

Многоцелевая промышленная и автомобильная пластичная смазка

LGMT 2 — это пластичная смазка на основе минерального масла и литиевого мыла с отличной термической стабильностью в своём диапазоне рабочих температур. Эта высококачественная многоцелевая пластичная смазка подходит для широкого применения в промышленности и автомобилестроении.

Характеристики

- отличная устойчивость к окислению
- хорошая механическая стабильность
- отличная водостойкость и антикоррозионные свойства

Области применения

- сельскохозяйственное оборудование
- автомобильные ступичные подшипники
- конвейеры
- малогабаритные электродвигатели
- промышленные вентиляторы

LGMT 3

Многоцелевая промышленная и автомобильная пластичная смазка

LGMT 3 — это пластичная смазка на основе минерального масла и литиевого мыла. Эта высококачественная многоцелевая пластичная смазка подходит для широкого применения в промышленности и автомобилестроении.

Характеристики

- отличные антикоррозионные свойства
- высокая устойчивость к окислению в рекомендованном диапазоне температур

Области применения

- подшипники с диаметром отверстия d > 100 мм
- вращение наружного кольца подшипника
- вертикальная ориентация вала
- постоянная высокая окружающая температура > 35 °C *(95 °F)*
- карданные валы
- сельскохозяйственное оборудование
- ступичные подшипники автомобилей, грузовиков, прицепов
- крупногабаритные электродвигатели

LGEP 2

Антизадирная пластичная смазка SKF для высоких нагрузок

LGEP 2 — это пластичная смазка на основе минерального масла и литиевого мыла с антизадирными присадками. Эта пластичная смазка обеспечивает хорошее смазывание в диапазоне рабочих температур от –20 до +110 °C (*от –5 до +230 °F*).

Характеристики

- отличная механическая стабильность
- чрезвычайно высокие антикоррозионные свойства
- отличные антизадирные свойства

Области применения

- целлюлозно-бумажная промышленность
- щековые дробилки
- шлюзы плотин
- подшипники валков в металлургической промышленности
- тяжёлое машинное оборудование, вибросита
- колёса кранов, шкивы

LGFP 2

Пластичная смазка SKF для применения в пищевой промышленности

LGFP 2 — это чистая, нетоксичная пластичная смазка для подшипников на основе медицинского белого масла с использованием алюминиевого комплексного мыла. Эта смазка изготавливается только из разрешённых FDA[1)] ингредиентов и одобрена NSF[2)] по категории H1[3)].

Характеристики

- соответствует всем существующим законам по защите продуктов питания
- обладает высокой стойкостью к вымыванию водой, что делает её пригодной для всех применений с частой мойкой
- длительный срок службы пластичной смазки
- прекрасная коррозионная стойкость
- нейтральное значение pH

Области применения

- оборудование для хлебопекарен
- оборудование для обработки пищевых продуктов
- кассетные подшипники Multi-pack
- упаковочные машины
- подшипники конвейеров
- оборудование для розлива жидкостей в бутылки

1) Управление по контролю за продуктами и лекарствами (США)
2) Национальный фонд санитарной защиты (США)
3) Случайный контакт с пищевыми продуктами

LGEM 2

Высоковязкая пластичная смазка SKF с твёрдыми смазочными добавками

LGEM 2 — высококачественная, высоковязкая пластичная смазка на основе минерального масла и литиево-кальциевого мыла, содержит дисульфид молибдена и графит.

Характеристики

- хорошее смазывание подшипников, работающих с тяжёлыми нагрузками и медленной частотой вращения
- безопасное смазывание благодаря наличию присадок на основе дисульфид молибдена и графита

Области применения

- подшипники качения, работающие с тяжёлыми нагрузками и медленной частотой вращения
- щековые дробилки
- путеукладочные машины
- колёса грузоподъёмников
- строительное оборудование, например, механические домкраты, стрелы и крюки кранов

LGEV 2

Особо высоковязкая пластичная смазка SKF с твёрдыми смазочными добавками

LGEV 2 — высококачественная, особо высоковязкая пластичная смазка на основе минерального масла и литиево-кальциевого мыла, содержит дисульфид молибдена и графит.

Характеристики

- превосходные смазывающие свойства благодаря присадкам на основе дисульфид молибдена и графита
- хорошо подходит для смазывания крупногабаритных сферических роликоподшипников, работающих с тяжёлыми нагрузками и медленной частотой вращения, а также в условиях микропроскальзывания
- крайне высокая механическая устойчивость, обеспечивающая хорошую водостойкость и антикоррозионную защиту

Области применения

- опорно-поворотные устройства
- опорные ролики вращающихся печей и сушилок
- многоковшовые роторные экскаваторы
- тяжелонагруженные валковые мельницы
- дробилки

LGLT 2

Низкотемпературная высокоскоростная пластичная смазка SKF

LGLT 2 — это пластичная смазка на основе полностью синтетического масла и литиевого мыла. Уникальная технология загустителя и маловязкое полиальфаолефиновое масло (PAO) позволяют использовать её при низких температурах (до –50 °C) и высоких частотах вращения (частота вращения n dm достигает значения 1,6 x 10^6).

Характеристики

- низкий момент трения
- низкий уровень энергетических потерь
- малошумность
- очень хорошая стойкость к окислению и водостойкость

Области применения

- прядильные веретена для текстильного производства
- шпиндели станков
- оборудование систем контроля и управления
- малогабаритные электродвигатели, используемые в медицинском и стоматологическом оборудовании
- роликовые коньки
- цилиндры принтеров
- робототехника

LGGB 2

Экологически чистая биоразлагаемая пластичная смазка для подшипников SKF

LGGB 2 — это биоразлагаемая, малотоксичная пластичная смазка на основе синтетических эфирных масел с литиево-кальциевым загустителем. Благодаря специальной формуле она отлично подходит для областей применения с высокими экологическими требованиями.

Характеристики

- совместима с действующими нормативными требованиями по токсичности и биоразлагаемости
- хорошие характеристики для применения в сферических подшипниках скольжения с контактными поверхностями сталь/сталь, шарико- и роликоподшипниках
- хорошие низкотемпературные свойства в момент пуска
- хорошие антикоррозийные свойства
- подходит для средних и тяжёлых нагрузок

Области применения

- оборудование для сельского и лесного хозяйства
- строительное и землеройное оборудование
- оборудование для горных разработок и конвейеры
- водоочистка и орошение
- шлюзы, плотины, мосты
- тяги, наконечники тяг
- другие области применения, при которых исключается загрязнение окружающей среды

LGWM 1

Антизадирная (EP) низкотемпературная пластичная смазка SKF для подшипников

LGWM 1 — это пластичная смазка с низкой консистенцией на основе минерального масла с литиевым мылом и антизадирными присадками. Она отлично подходит для смазывания подшипников, воспринимающих как радиальные, так и осевые нагрузки.

Характеристики

- хорошая масляная плёнка при низких температурах до –30 °C *(–20 °F)*
- хорошая прокачиваемость при низкой температуре
- хорошая антикоррозийная защита
- хорошая водостойкость

Области применения

- ветроэнергетические установки
- шнековые конвейеры
- централизованные системы смазывания
- упорные сферические подшипники

LGWM 2

Пластичная смазка SKF для высоких нагрузок и широкого диапазона температур

LGWM 2 предназначена для смазывания в широком диапазоне температур, при высоких нагрузках, во влажной среде. LGWM 2 — пластичная смазка на основе полусинтетического масла с применением современной технологии загустителя — комплекс сульфоната кальция. LGWM 2 подходит для низких температур до –40 °C *(–40 °F)*.

Характеристики

- превосходная антикоррозийная защита
- отличная механическая стабильность
- превосходная смазывающая способность при тяжёлых нагрузках
- хорошая защита от ложного бринеллирования
- хорошая прокачиваемость при низких температурах

Области применения

- главные валы ветряных турбин
- тяжёлая внедорожная техника
- оборудование, работающее на открытом воздухе
- морское оборудование
- упорные сферические роликоподшипники

LGWA 2

Антизадирная (EP) пластичная смазка SKF для высоких нагрузок и широкого диапазона температур

LGWA 2 — это высококачественная пластичная смазка на основе минерального масла и литиевого комплексного мыла с антизадирными присадками. LGWA 2 рекомендуется для общего применения в промышленности и автомобильной технике.

Характеристики

- эффективное смазывание при кратковременных пиковых температурах до 220 °C *(430 °F)*
- защита ступичных подшипников в тяжёлых условиях эксплуатации
- эффективное смазывание во влажной среде
- хорошая коррозионная стойкость и водостойкость
- эффективное смазывание в тяжёлых условиях при низких скоростях

Области применения

- ступичные подшипники автомобилей, прицепов и грузовиков
- моечные машины
- электродвигатели

LGHB 2

Высоковязкая пластичная смазка SKF для высоких нагрузок и температур

LGHB 2 — высококачественная высоковязкая пластичная смазка на основе минерального масла и комплекса сульфоната кальция. Данная смазка не содержит присадок. Её антизадирные свойства обусловлены структурой мыла.

Характеристики

- превосходные антиокислительные и антикоррозионные свойства
- хорошие антизадирные характеристики при тяжёлых нагрузках

Области применения

- подшипники скольжения с контактными поверхностями сталь/сталь
- целлюлозно-бумажная промышленность
- битумные вибросита
- машины непрерывного литья заготовок
- уплотнённые сферические роликоподшипники, работающие при температуре до 150 °C *(300 °F)*
- условия пиковой температуры 200 °C *(390 °F)*
- подшипники валков в металлургической промышленности
- ролики стрел вилочных погрузчиков

LGHP 2

Высокотемпературная пластичная смазка SKF с улучшенными характеристиками

LGHP 2 — это высококачественная пластичная смазка на основе минерального масла с димочевинным загустителем. Подходит для шарико- и роликоподшипников, работающих в широком диапазоне температур от –40 до +150 °C *(от –40 до +300 °F)* на средних и высоких частотах вращения, с высокими требованиями к низкому уровню шума.

Характеристики

- продолжительный срок службы при высоких температурах
- широкий диапазон температур
- превосходная антикоррозионная защита
- высокая теплостойкость
- хорошие низкотемпературные свойства в момент пуска
- совместимость с общераспространёнными пластичными смазками на основе полимочевины
- совместимость с пластичными смазками на основе литиевого комплекса
- низкий уровень шума
- очень хорошая механическая стабильность

Области применения

- мало-, средне- и крупногабаритные электродвигатели
- промышленные вентиляторы, в том числе высокоскоростные
- водяные насосы
- подшипники в текстильной промышленности, бумажной промышленности и сушильных машинах
- высокоскоростные шарикоподшипники, работающие при средних и высоких температурах
- выжимные подшипники сцепления
- печные вагонетки и ролики
- вертикальная ориентация вала

LGET 2

Высокотемпературная пластичная смазка SKF для работы в экстремальных условиях

LGET 2 — это синтетическая пластичная смазка на основе фторированного масла с загустителем на основе PTFE. Обладает отличной смазывающей способностью при экстремально высоких температурах 200–260 °C *(300–500 °F)*.

Характеристики

- продолжительный срок службы в агрессивных средах, например, в зонах сильной химической активности или в среде с содержанием высокоочищенного газообразного кислорода и гексана
- отличная стойкость к окислению
- хорошая антикоррозионная стойкость
- превосходная влаго- и паростойкость

Области применения

- хлебопекарное оборудование (печи)
- колёса печных вагонеток
- загрузочные ролики в копировальных аппаратах
- вафельные печи
- текстильные сушилки
- натяжители плёнки
- электродвигатели, работающие при экстремальных температурах
- аварийные вентиляторы
- вакуумные насосы

Карта выбора пластичных смазок SKF

Обозначение	Темп.	Частота вращения	Нагрузка	Описание	Диапазон температур[1] LTL	HTPL	Загуститель/ базовое масло	Вязкость базового масла[2]
–	–	–	–	–	°C (*°F*)		–	мм²/с
LGMT 2	M	M	L – M	Многоцелевая промышленная и автомобильная	–30 (*–20*)	+120 (*+250*)	Литиевое мыло / минеральное масло	110
LGMT 3	M	M	L – M	Многоцелевая промышленная и автомобильная	–30 (*–20*)	+120 (*+250*)	Литиевое мыло / минеральное масло	120
LGEP 2	M	L – M	H	Антизадирная	–20 (*–5*)	+110 (*+230*)	Литиевое мыло / минеральное масло	200
LGFP 2	M	M	L – M	Совместимая с пищевыми продуктами	–20 (*–5*)	+110 (*+230*)	Алюминиевый комплекс / белое медицинское масло	130
LGEM 2	M	VL	H – VH	Высоковязкая с твёрдыми смазочными добавками	–20 (*–5*)	+120 (*+250*)	Литиевое мыло / минеральное масло	500
LGEV 2	M	VL	H – VH	Особо высоковязкая с твёрдыми смазочными добавками	–10 (*+15*)	+120 (*+250*)	Литиево-кальциевое мыло / минеральное масло	1 020
LGLT 2	L – M	M – EH	L	Низкотемпературная для высокоскоростных подшипников	–50 (*–60*)	+110 (*+230*)	Литиевое мыло / масло PAO	18
LGGB 2	L – M	L – M	M – H	Биоразлагаемая, низкотоксичная[3]	–40 (*–40*)	+90 (*+195*)	Литиево-кальциевое мыло / синтетическое эфирное масло	110
LGWM 1	L – M	L – M	H	Антизадирная, низкотемпературная	–30 (*–20*)	+110 (*+230*)	Литиевое мыло / минеральное масло	200
LGWM 2	L – M	L – M	M – H	Для тяжёлой нагрузки и широкого диапазона температур	–40 (*–40*)	+110 (*+230*)	Кальциево-сульфонатный комплекс / синтетическое (PAO) / минеральное масло	80
LGWA 2	M – H	L – M	L – H	Для широкого диапазона температур[4], антизадирная	–30 (*–20*)	+140 (*+285*)	Мыло на основе литиевого комплекса / минеральное масло	185
LGHB 2	M – H	VL – M	H – VH	Высоковязкая, антизадирная, для высокой температуры[5]	–20 (*–5*)	+150 (*+300*)	Кальциево-сульфонатный комплекс / минеральное масло	400
LGHP 2	M – H	M – H	L – M	Полимочевинная смазка с высокими эксплуатационными характеристиками	–40 (*–40*)	+150 (*+300*)	Димочевина / минеральное масло	96
LGET 2	VH	L – M	H – VH	Для экстремальных температур	–40 (*–40*)	+260 (*+500*)	PTFE / синтетическое масло (с фторсодержащим полиэфиром)	400

VL = очень низкая, L = низкая, M = средняя, H = высокая, VH = очень высокая, EH = крайне высокая

[1] LTL = нижний температурный предел, HTPL = верхний предел рабочей температуры
[2] мм²/с при 40 °C (*105 °F*) = сСт
[3] LGGB 2 выдерживает пиковую температуру 120 °C (*250 °F*)
[4] LGWA 2 выдерживает пиковую температуру 220 °C (*430 °F*)
[5] LGHB 2 выдерживает пиковую температуру 200 °C (*400 °F*)

	Вертикальные валы	Быстрое вращение наружного кольца	Колебательные движения	Сильная вибрация	Ударные нагрузки или часты пуски	Низкий уровень шума	Низкое трение	Антикоррозион-ные свойства
	–	–	–	–	–	–	–	–
	o	-	-	+	-	-	o	+
	+	o	-	+	-	-	o	o
	o	-	o	+	+	-	-	+
	o	-	-	-	-	-	o	+
	o	-	+	+	+	-	-	+
	o	-	+	+	+	-	-	+
	o	-	-	-	o	+	+	o
	o	-	+	+	+	-	o	o
	-	-	+	-	+	-	-	+
	o	o	+	+	+	-	-	+
	o	o	o	o	+	-	o	+
	o	+	+	+	+	-	-	+
	+	-	-	o	o	+	o	+
	o	+	+	o	o	-	-	o

Символы: + Рекомендуется
o Подходит
- Не подходит

Обзор инструментов SKF для базового мониторинга состояния

Компания SKF предлагает широкий ассортимент инструментов для базового мониторинга состояния. Для получения дополнительной информации посетите сайты www.mapro.skf.ru или www.skf.ru.

Информация по приборам для мониторинга состояния оборудования и онлайн-системам мониторинга представлена на сайте www.skf.ru.

Тепловизоры

Термометры

Электронные стетоскопы

Эндоскопы

Стробоскопы

Устройства для оценки состояния масла

Тахометры

Измерители звукового давления

Ультразвуковые детекторы утечек

Универсальный диагностический инструмент SKF

Комплекты ультразвукового детектора

Комплекты для мониторинга состояния (базовые)

Специальные комплекты для мониторинга состояния

SKF MicroVibe P

Виброручки

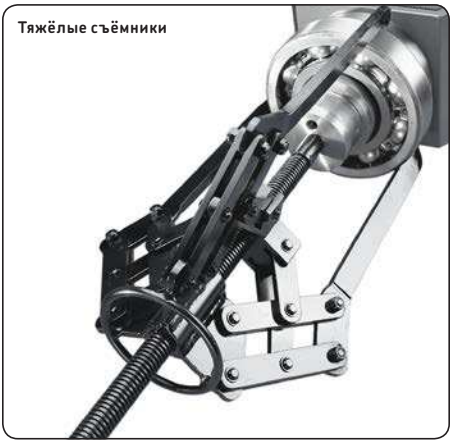
Обзор инструментов и продукции SKF для демонтажа

Компания SKF предлагает широкий ассортимент инструментов для демонтажа. Для получения дополнительной информации посетите сайт www.skf.ru.

Механические съёмники

Гидравлические съёмники

Тяжёлые съёмники



Съёмные пластины

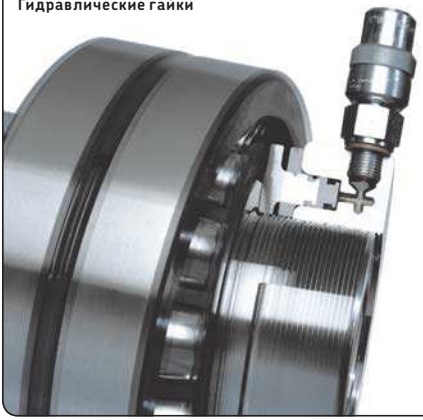
Внутренние съёмники

Комплекты съёмников для глухих отверстий

Алюминиевые нагревательные кольца

Индукционные нагреватели фиксированного и регулируемого размеров

Гидравлические гайки



Демонтажная жидкость

Таблица перевода единиц измерения

Мера	Единица измерения	Перевод			
Длина	дюйм	1 мм	0,03937 дюйма	1 дюйм	25,40 мм
	фут	1 м	3,281 фута	1 фут	0,3048 м
	ярд	1 м	1,094 ярда	1 ярд	0,9144 м
	миля	1 км	0,6214 мили	1 миля	1,609 км
Площадь	кв. дюйм	1 $мм^2$	0,00155 кв. дюйма	1 кв. дюйм	645,16 $мм^2$
	кв. фут	1 $м^2$	10,76 кв. фута	1 кв. фут	0,0929 $м^2$
Объём	куб. дюйм	1 $см^3$	0,061 куб. дюйм	1 куб. дюйм	16,387 $см^3$
	куб. фут	1 $м^3$	35 куб. футов	1 куб. фут	0,02832 $м^3$
	имп. галлон	1 л	0,22 галлона	1 галлон	4,5461 л
	амер. галлон	1 л	0,2642 амер. галлона	1 амер. галлон	3,7854 л
Скорость	фут в секунду	1 м/с	3,28 фута/с	1 фут/с	0,30480 м/с
	миля в час	1 км/ч	0,6214 мили/ч	1 миля/ч	1,609 км/ч
Масса	унция	1 г	0,03527 унции	1 унция	28,350 г
	фунт	1 кг	2,205 фунта	1 фунт	0,45359 кг
	короткая тонна	1 т	1,1023 короткой тонны	1 короткая тонна	0,90719 тонны
	длинная тонна	1 т	0,9842 длинной тонны	1 длинная тонна	1,0161 тонны
Плотность	фунт на куб. дюйм	1 $г/см^3$	0,0361 фунта/куб. дюйм	1 фунт/куб. дюйм	27,680 $г/см^3$
Сила	фунт-сила	1 Н	0,225 фунт-силы	1 фунт-сила	4,4482 Н
Давление, нагрузка	фунт на кв. дюйм	1 МПа	145 фунтов/кв. дюйм	1 фунт/кв. дюйм	6,8948 × 10^3 Па
Момент	фунт-сила-дюйм	1 Н·м	8,85 фунт-сила-дюйм	1 фунт-сила-дюйм	0,113 Н·м
Мощность	фунт-сила-фут в секунду	1 Вт	0,7376 фунт-сила-фут/с	1 фунт-сила-фут/с	1,3558 Вт
	лошадиная сила	1 кВт	1,36 л. с.	1 л. с.	0,736 кВт
Температура	градус	Цельсия	$t_C = 0{,}555\ (t_F - 32)$	Фаренгейта	$t_F = 1{,}8\ t_C + 32$

Указатель

@
@ptitude Exchange *См.* SKF @ptitude Exchange

CircOil *См.* SKF CircOil
ConCentra *См.* SKF ConCentra
Duoflex *См.* SKF Duoflex
Duralife *См.* SKF Duralife
Duralip *См.* SKF Duralip
DURATEMP 145
Epocast 36 165
FKM *См.* фторкаучук
HNBR *См.* бутадиенакрилонитрильный каучук
HYDROCAM 166
ISO
  квалитеты точности 385
  классификация загрязнений 212
  классификация повреждений подшипника 298
  классы вязкости 203, 415
  классы точности 35
  серия размеров 22–23
LuBase 189, 207
LubeSelect 189, 192, 207
LubriLean *См.* SKF LubriLean
Machine Condition Advisor *См.* SKF Machine Condition Advisor
Monoflex *См.* SKF Monoflex
Multiflex *См.* SKF Multiflex
NBR *См.* бутадиенакрилонитрильный каучук
ProFlex *См.* SKF ProFlex
PTFE (политетрафторэтилен)
  манжетные уплотнения 143, 146, 150
  при высоких температурах 142
  совместимость 202
  суффиксы обозначения уплотнений 145
RMI *См.* Институт надёжности SKF
SKF @ptitude Decision Support 327
SKF @ptitude Exchange 327
SKF CircOil 215
SKF Duoflex 215
SKF Duralife 145
SKF Duralip 145
SKF Lubrication Planner 180
SKF LubriLean 215
SKF Machine Condition Advisor 223
SKF Monoflex 215
SKF Multiflex 215
SKF Oil+Air 215
SKF ProFlex 215
SKF Speedi-Sleeve 225
  установка 152-153
SKF SYSTEM 24 198–199
Speedi-Sleeve *См.* SKF Speedi-Sleeve
Springcover *См.* система фиксации SKF Springcover
SYSTEM 24 *См.* SKF SYSTEM 24
V2F *См.* оценка SKF V2F
V-образные уплотнения
  удаление 286
  установка в стационарных корпусах 135
  установка через вал 157
XNBR *См.* бутадиенакрилонитрильный каучук

А
абразивный износ 298–299
  из-за неправильного смазывания 313
  из-за неправильных посадок 300–301
  из-за неэффективного уплотнения 314–315
автоматические лубрикаторы *См.* SKF SYSTEM 24
автоматическое смазывание 197
авторизованные дистрибьюторы SKF 331
адгезивный износ 298–299
  из-за неправильного смазывания 312
  из-за неправильных посадок 301
акриловый каучук 201
алюминиевое мыло 183
алюминиевые нагревательные кольца
  для демонтажа подшипников 255, 258–259
  для монтажа подшипников 69, 81
анализ отказа *См.* повреждение подшипника
анализ потребностей клиентов *См.* Анализ потребностей клиентов SKF
анализ потребностей клиентов SKF 328
антизадирные присадки
  в масле 203, 207
  в пластичной смазке 184
  совместимость с материалами 202, 207
антиизносная присадка
  в масле 203, 207
  в пластичной 184
антикоррозионная присадка
  в масле 203
  в пластичной смазке 184
антиокислительная присадка
  в масле 203
  в пластичной смазке 184
антифреттинговая паста 49
антифрикционный заполнитель Solid Oil 182–183

Б
базовое масло
  в масле 203
  в пластичной смазке 183
  вязкость 185
  совместимость 200–201
бесконтактные уплотнения
  внешние уплотнения 39
  встроенные уплотнения подшипников 40
  удаление 284
биение 36
  допуски для посадочных мест подшипников 386
  болты крышки 131
  бринеллирование 308
бутадиенакрилонитрильный каучук
  суффиксы обозначения подшипников 24–25
  суффиксы обозначения уплотнений 145
  вертикальные валы
  корректировка интервала повторного смазывания 195
  соображения относительно выбора смазочного материала 182

В
вибрация
корректировка интервала повторного смазывания 195
повреждение в виде ложного бринеллирования 308, 319
поиск и устранение неисправностей 234
эксплуатационные испытания смазки 188
влажность
при хранении подшипников и подшипниковых узлов 41
при хранении смазочных материалов 43
при хранении эластомерных уплотнений 42
вмятины 298–299
из-за неправильного монтажа 305–306
из-за неэффективного уплотнения 316
поиск и устранение неисправностей 245, 248
развитие повреждения подшипника 211, 231
внешние уплотнения 39
неисправности 238
внутренние съёмники для подшипников 268
внутренний зазор
до и после монтажа 29, 51
значения в домонтажном состоянии 388–401
значения уменьшения при монтаже 403–404
измерение с помощью щупа 52
начальный 29, 51
остаточные значения после монтажа 403–404
поиск и устранение неисправностей 233, 234, 239-242
рабочий 29
соображения относительно выбора натяга 33
вода
влагостойкость 183, 185, 188
загрязнение 181, 187, 212
повреждение подшипника 317-318
содержание в масле 210–211
войлочные уплотнения 238
восстановление 331
впрыск масла 208
интервал замены масла 209
вращающаяся нагрузка 32
поиск и устранение неисправностей 243
вращающееся наружное кольцо
корректировка интервала повторного смазывания 195
применение в колёсах 87–88
следы на дорожке качения 293
условия нагружения 32
вращение наружного кольца
корректировка интервала повторного смазывания 195
применение в колёсах 87–88
следы на дорожке качения 293
условия нагружения 32
вспенивание
предупреждение 202
причины 211
встроенные уплотнения
для подшипников 40
для подшипниковых узлов 96
неисправности 237-238, 251
выверка 158–177
валов 167–174
карданных валов 175
машин 161–166
оборудования SKF 419
ремённых передач 176–177
выверка машины 161–166
выверка соосности валов 167–174
допуски 169
методы 170–173
соглашения по измерению 167–168
выверка соосности карданных валов 175
выверка соосности карданных валов *См.* выверка соосности арданных валов
выверка соосности ремённых передач 176–177
выверка соосности шкивов *См.* выверка соосности ремённых передач
выдавливание смазки
во время замены смазки 196
во время полной замены смазки 199
неисправности 239
выкрашивание 231
на поверхности 301, 304, 310–311
под поверхностью 303–304, 309
поиск и устранение неисправностей 244, 249-250
выпускные отверстия *См.* выпускные отверстия для смазки
выпускные отверстия смазки 196, 199
вязкость
базового масла в смазке 185
масла 203
неисправности 246, 249
расчёт 204–206
эквиваленты 414

Г
гайки HMV.. *См.* гидравлические гайки
галтели
неисправности 247
размеры 38
размеры (переходные галтели) 387
герметики
для предотвращения утечки масла 137
для установки уплотнений 148, 152
гидравлические гайки
для демонтажа подшипников 262, 266
метод SKF Drive-up 56, 406–413
серии и конструкции 73
гидравлические насосы
для метода SKF Drive-up 56
справочник по выбору 72
гидравлические съёмники 257, 260
графит 182, 184

Д
давление масла
значения для метода SKF Drive-up 406-413
расчёт для метода SKF Drive-up 58
двухкромочные уплотнения
первоначальное смазывание 149, 190
повторное смазывание 196
двухрядные конические роликоподшипники
конструкции 17
монтаж 89
двухрядные радиально-упорные шарикоподшипники
значения осевого внутреннего зазора 390
конструкции 12
монтаж 78
демонтаж корпусов 278–283
подготовка 278
разъёмные стационарные корпуса 280–281
фланцевые корпуса 282–283
демонтаж подшипников 254-269
из неразъёмного корпуса 267–269
инструменты 255, 435–436
использование нагрева 258–259, 269
методы 255
подготовка 254
при наличии повреждения подшипника 291
с закрепительной втулкой 260–264
с конического посадочного места на валу 259-260
с цилиндрического посадочного места на валу 256–259
со стяжной втулкой 264–267
демонтаж подшипниковых узлов 270–277
инструменты 270
подготовка 271
с закрепительной втулкой 274
с фиксацией SKF ConCentra 275–277
с фиксацией стопорным винтом 272
с эксцентриковым стопорным кольцом 273
демонтаж с нагревом *См.* демонтаж подшипников с нагревом
демонтаж уплотнений 284–286
демонтаж уплотнений *См.* снятие уплотнений
демонтажная жидкость 254
динамометрические ключи *См.* шестигранные ключи
дисбаланс 243, 246
дистанционные шайбы 144
дисульфид молибдена
в пластичной смазке 183
для монтажа подшипников 62

для установки комплектами 76
дополнительные кромки
  первоначальное смазывание 149, 190
  типы и конструкции уплотнений 143-145

Ж
жидкие загрязнения 212
  поиск и устранение неисправностей 246, 250

З
заглушки *См.* торцевые крышки
загрязнение
  загрязнения 211–212
  классификация ISO 212
  поиск и устранение неисправностей 245–246, 249–250
  приводит к абразивному износу 314–315
  приводит к вмятинам 316
  развитие повреждения подшипника 231
  регулирование интервала замены смазки 195
загустители
  совместимость 201
  типы 183
задир
  поиск и устранение неисправностей 244, 247
  приводит к адгезивному износу 301, 312
зазор *См.* внутренний зазор
закрепительные втулки
  демонтаж подшипников 260–264
  демонтаж фланцевых корпусов 282
  монтаж подшипников (метод SKF Drive-up) 57–61
  монтаж подшипников (метод гидрораспора) 62–66
запасные части
  для корпусов 124-129
  для подшипниковых узлов 94–100
  для уплотнений 142–145
защемление *См.* овальный
защитное антикоррозионное покрытие 188
  совместимость со смазками 189, 202
  удаление 202
защитных шайб 40
зоны нагружения 292–297

И
игольчатые роликоподшипники
  демонтаж 255, 258
  значения радиального внутреннего зазора 393
  монтаж 80-81
  типы и конструкции 15-16
износ 298–299
  абразивный 300–301, 313, 314–315
  адгезивный 301, 312
износостойкие втулки 152–153
износостойкие втулки большого диаметра 225
  установка 152-153
индекс вязкости 203
индикаторы часового типа 56
индукционные нагреватели
  для демонтажа подшипников 255, 259
  для монтажа подшипников 69, 82
  для установки износостойких втулок 152
институт надёжности SKF 326–327
инструменты *См.* инструменты и продукция SKF
инструменты и продукция SKF
  для выверки 419
  для демонтажа 435–436
  для мониторинга состояния 432–434
  для монтажа 416–418
  для смазывания 420–422
интегрированные решения по техобслуживанию 329
интервалы замены масла 209
интервалы повторного смазывания 192–195
  поиск и устранение неисправностей 236, 245-246
инфракрасные радиаторы 70
испытание VKA 188
испытание антикоррозионной защиты 188
испытание на потрескивание 211
истирание 233

К
каверны 321–322
калиброванные конусы
  для выверки соосности ремённых передач 176
  для выверки сосоности валов 170
калиброванные пластины 163–164
  в серии TMAS 164
  во избежание осевого преднатяга 244
  для подшипниковых узлов 101
  для регулировки радиально-упорных шарикоподшипников 74-75
  для стационарных корпусов 130
  неисправности 241
  регулировка конических роликоподшипников 85
кальциевое мыло 185
канавка под пружину SKF Springlock 144–145
капитальный ремонт 331
карты осведомлённости производственного качество фундамента 161
квалитеты точности *См.* ISO, квалитеты точности
кинематическая вязкость *См.* вязкость
класс NLGI 184
  эксплуатационные испытания смазки 188
класс консистенции *См.* класс NLGI
классы вязкости *См.* классы вязкости ISO
классы точности *См.* ISO, классы точности
код размера 22
колебательные движения 207
кольца FRB *См.* фиксирующие кольца
кольцевые калибры 47
комплект для испытания смазки См. комплект для испытания смазки SKF
комплект для испытания смазки SKF 222
комплекты для гидрораспора 72
композитный материал *См.* полиамид
конические посадочные места на валу
  демонтаж подшипников 259-264
  монтаж подшипников 54-56
  протокол измерения 48
конические роликоподшипники
  значения осевого внутреннего зазора 396
  монтаж 84-89
  неисправности 245
  первоначальное смазывание 191
  регулировка подшипниковых узлов по O-образной схеме 86-88
  регулировка подшипниковых узлов по X-образной схеме 84-85
  типы и конструкции 16-17
консервационные составы
  совместимость 189, 202
  удаление с новых подшипников 47, 202
консистенция 185
  эксплуатационные испытания смазки 188
контакт метал/метал
  поиск и устранение неисправностей 233–234, 237, 246, 249
  предупреждение 183, 202
  приводит к адгезивному износу 312
контактные уплотнения
  внешние уплотнения 39
  встроенные уплотнения подшипников 40
  неисправности 238
  снятие 284–286
контракт предоставления услуг на месте эксплуатации 330
контроль 216-227
  во время останова 224–227
  во время эксплуатации 220–224
  смазочные материалы 181
конусные калибры 47–48
корончатые гайки 88
короткая опора *См.* подвижная опора
корпуса
  демонтаж 278-283
  идентификация 27
  монтаж 122-139
  первоначальное смазывание 190
  терминология 11

типы и конструкции 125-127
корпуса SNL *См.* стационарные корпуса
корпуса SONL *См.* стационарные корпуса
корпуса подшипников *См.* корпуса
корпусные подшипники *См.* подшипники типа Y
корректирующее техобслуживание *См.* реагирующее
exобслуживание
коррозионное испытание меди 188
коррозия 298–299
коррозия в присутствии влаги 308, 317–318
фрикционная коррозия 302–303, 308, 319
коррозия в присутствии влаги 298–299
из-за неправильной транспортировки или хранения 308
из-за неэффективного уплотнения 317-318
поиск и устранение неисправностей 250
коэффициенты нагрузки 187
краска
защита уплотнения 150
на опорных поверхностях 130, 161, 165
крепёжные болты/гайки
для корпусов 131
для подшипниковых узлов 101, 105
компенсация подвижной опоры 162
крепление болтами 167, 175
кромка уплотнения SKF WAVE 143
кромка уплотнения WAVE *См.* кромка уплотнения SKF WAVE
кромки уплотнения
из PTFE 146
материалы 145
ориентация 146, 239
типы и конструкции 143-145

Л

лабиринтные уплотнения 39
неисправности 238
первоначальное смазывание 190
повторное смазывание 196
установка в стационарных корпусах 136
лазерные методы выверки
для выверки соосности валов 171-173
для выверки соосности карданных валов 175
для выверки соосности ремённых передач 176–177
латунь
для калиброванных пластин 163
совместимость с антизадирными присадками 202
литая сталь 126
литиевое мыло 185
ложное бринеллирование 298–299
из-за вибрации 319
из-за неправильной транспортировки или хранения 308
люфты 163, 220

М

манжетные уплотнения
замена 151
очистка 146
типы и конструкции 143-145
установка в корпус 146–149
установка через вал 150
манометры 56
масла для цепей 209
для лубрикаторов SKF SYSTEM 24 199
масло
анализ 210–212
выбор 203-207
вязкость 203–206
отбор проб 210
совместимость 201, 210
сравнение с пластичной смазкой 182, 214
фильтрация 211–212
масловоздушное смазывание 207–208
SKF Oil+Air 215
маслоотделение 181, 184, 187
корректировка интервала повторного смазывания 205
эксплуатационные испытания смазки 188
маслоподающее кольцо 207–208
в корпусах SONL 137–139
интервал замены масла 209
масляная ванна 208
для нагрева подшипников 71
интервал замены масла 209
неисправности 236-237
отбор проб масла 210
машины с регулируемой частотой вращения 223
метод «обратных индикаторов» 170–171
метод SensorMount 67
метод SKF Drive-up 57–61
гидравлические гайки 406–413
значения давления масла 406–413
значения осевого смещения 406–413
инструменты 56-57
метод автоматического подсчёта частиц 212
метод выверки по окружности-торцу 170–171
метод гидрораспора
для демонтажа подшипника из неразъёмного корпуса 268
для демонтажа подшипника с закрепительной втулки 264
для демонтажа подшипника с конического посадочного места на валу 260
для демонтажа подшипника с цилиндрического посадочного места на валу 258
для демонтажа подшипника со стяжной втулки 266
для монтажа подшипников 62–66
размеры для каналов, канавок и отверстий 405
метод подсчёта под микроскопом 212
метод смещения *См.* метод SKF Drive-up
метод центровки
для выверки соосности карданных валов 175
для выверки соосности валов 170–171
для выверки соосности ремённых передач 176–177
методики техобслуживания 218–219
методы фиксации вала 94–96
методы, использующие индикаторы часового типа
для выверки соосности валов 170–171
для регулировки конических роликоподшипников 86–88
для регулировки радиально-упорных шарикоподшипников 74-77
метод SKF Drive-up 58–61
механическая обработка на месте эксплуатации 330
механическая стабильность 188
механические съёмники 256, 260
микрометры 47–49
микротрещины 299
из-за неэффективного смазывания 310
из-за усталости материала 309
минеральное масло
в масле 203–204
в пластичной смазке 183, 189
многорядные конические роликоподшипники *См.* четырёхрядные конические роликоподшипники
мойка 29
молотки
для монтажа подшипников 49
для установки уплотнений 146
момент затяжки 166
значения для болтов крышки 131
значения для крепёжных болтов/гаек 105, 131
значения для подшипниковых узлов 102–103
момент трения 235
мониторинг вибрации 222–224
выполнение измерений 223
характеристические частоты подшипников 224
мониторинг состояния 216–224
инструменты SKF 432–434
смазывание 222
температура 221
шум 221
мониторинг температуры 221
монтаж в холодном состоянии 53–67
монтаж корпусов 122–139
запасные части 124-129
подготовка 130
стационарные корпуса 134–136
стационарные корпуса (SONL) 137–139
монтаж на подпорки *См.* регулирование прокладками
монтаж подшипников 44–91

инструкции по типу подшипника 74–91
инструменты 72–73, 416–418
использование метода SENSORMOUNT 67
использование метода SKF Drive-up 57–61
использование метода гидрораспора 62–66
использование механических методов 53–56
неисправности 240, 243, 245, 247
неправильный монтаж 248–249, 305–306
подготовка 46–49
монтаж подшипниковых узлов 92-121
запасные части 94–100
значения момента затяжки 102–103
инструменты 102–103
подготовка 101
с закрепительной втулкой 109-110
с фиксацией SKF ConCentra 111-118
с фиксацией стопорным винтом 104–106
с цилиндрическим стопорным кольцом 119–120
с эксцентриковым стопорным кольцом 106–108
монтаж с нагревом 68–71
монтажные втулки
для монтажа цилиндрических роликоподшипников 81–84
для установки уплотнений 150
мыло 183, 185

Н

наборы щупов
для выверки соосности валов 170
для выверки соосности ремённых передач 176
для измерения величины уменьшения зазора 55
для измерения внутреннего зазора 52
для проверки подвижной опоры 162
наведенные нагрузки 301, 320
поиск и устранение неисправностей 241, 243-244
нагрев
мониторинг состояния 221
поиск и устранение неисправностей 233
нагревательные коврики 269
нагревательные кольца *См.* алюминиевые нагревательные кольца
нагревательные панели 71
нагревательные печи 182
нагревательные шкафы 70
нагрузочные трещины 298–299
из-за дефектов посадочных мест 303
из-за неправильных посадок 301
надёжность производственных активов 326–329
наждачная бумага 226
накидные ключи 102–103
направляющие втулки *См.* монтажные втулки
направляющие стержни 81
напряжение 307
насосы
для метода SKF Drive-up 56
справочник по выбору 72
натяжные корпуса 125–126
натяжные узлы
демонтаж 270-277
монтаж 104-120
начало усталости на поверхности 298–299
из-за дефектов посадочных мест 303
из-за неправильных посадок 301
из-за неэффективного смазывания 310–311
из-за статического перекоса 304
поиск и устранение неисправностей 249
начальный зазор 29
неисправности *См.* неисправности машины
неисправности машины 222
неопределённое направление нагрузки 32
неорганические 183
неподвижное внутреннее кольцо 293
непрерывное смазывание 195, 197
неразборные подшипники 190
неразъёмные стационарные корпуса 126
неразъёмные уплотнения
типы и конструкции 144-145
установка 133, 149
несовместимость *См.* совместимость
несущая рама *См.* несущая рама машины
несущая рама машины
заливка эпоксидной смолы 165
состояние подвижной опоры 162
номинальная температура 203
номинальный ресурс 27
номинальный ресурс 27–28
номинальный ресурс SKF 27–28

О

обеспечение надёжности 327
обеспечение надёжности оператором 219, 330
обзор стратегий техобслуживания 328–330
обозначения
для корпусов 125–129
для подшипников 22–25
для подшипниковых узлов 96–100
для уплотнений 143–145
обращение
повреждение подшипника 305–306, 308
подшипники 49–50
смазочные материалы 181
обучение 326–327
овальное сжатие *См.* овальный
овальный 241
из-за дефектов посадочных мест 302–303
поиск и устранение неисправностей 241
следы на дорожке качения 296-297
огибающая виброускорения 224
ограничен фундаментом 167, 175
окисление
пластичной смазки 187
предупреждение 81, 185, 203
приводит к коррозии 299
окисленный смазочный материал 226, 254
О-образные кольца 39
опалубка 165
опора *См.* стационарный корпус
опорные поверхности
для корпусов 130
для подшипниковых узлов 101
опоры
неисправности 237, 251
размеры 38
требования к точности 35–36, 386
оправки 146
осевая нагрузка
наведённые нагрузки 241, 243–244, 301, 320
следы на дорожке качения 294–295
осевая фиксация 37–38
в стационарных корпусах 132
осевое смещение
значения для самоустанавливающихся шарикоподшипников 402
значения для сферических роликоподшипников 403
значения для тороидальных роликоподшипников CARB 404
измерение величины уменьшения зазора 55
измерение осевого смещения 56
поиск и устранение неисправностей 240
осевое смещение 30–31
в стационарных корпусах 132
для тороидальных роликоподшипников CARB 91
значения для метода SKF Drive-up 406-413
измерение осевого смещения 56–57
соображения относительно выбора натяга 34
осевой внутренний зазор 29, 51
значения для конических роликоподшипников 396
значения для радиально-упорных шарикоподшипников 389–391
значения для цилиндрических роликоподшипников 394–395
неисправности 248
отказ подшипника *См.* повреждение подшипника
относительная вязкость 204

отрегулированные подшипниковые узлы 31
осевая фиксация 37–38
оценка SKF EMCOR 188
оценка SKF V2F 188
очистка
подшипники 226
уплотнения 146

П
параметр быстроходности 187
ограничения для смазывания пластичной смазкой 186, 194
паспорта безопасности *См.* паспорта безопасности материала
паспорта безопасности материала 180
интерпретация 184–188
перегрев 233
перегрузка 298–299
из-за неправильного монтажа 305
из-за неправильной транспортировки или хранения 308
перекатывание 231
характеристические частоты подшипников 224
перекос
в роликоподшипниковых узлах SKF ConCentra 116, 118
в роликоподшипниковых узлах с цилиндрическим стопорным кольцом 119
в шарикоподшипниковых узлах SKF ConCentra 112, 114
в шарикоподшипниковых узлах с закрепительной втулкой 110
в шарикоподшипниковых узлах с эксцентриковым стопорным кольцом 106, 108
в шарикоподшипниковых узлах со стопорным винтом 104, 106
валов 167-169
внешних уплотнений 238
карданных валов 175
повреждение подшипника 304, 320
ремённых передач 176–177
следы на дорожке качения 296-297
частоты вибрации 222–223
перекошенный
из-за дефектов посадочных мест 302
из-за статического перекоса 304
поиск и устранение неисправностей 251
перекрёстная фиксация *См.* отрегулированные подшипниковые узлы
перемешивание из-за вибрации 194
из-за излишнего количества смазки 190, 199
поиск и устранение неисправностей 236
приводит к утечке смазки 222
перемещение вала 234
переходные галтели 38
размеры 387
перечень суффиксов
для корпусов 127-128
для подшипников 24–25
для подшипниковых узлов 96
для уплотнений 145
перпендикулярность 36, 386
персонала 330
перчатки 73
плавающие подшипниковые узлы 30–31
планово-предупредительное техобслуживание 218–219
пластическая деформация 298–299
вмятины 305–306, 316
перегрузка 305, 308
пластичная смазка
анализ 222
выбор 189
диапазон рабочих температур 186–187
жёсткость 184, 187
карта выбора (смазки SKF) 430–431
консистенция 185, 188
свойства 185–188
смазки SKF 423–431
совместимость 200-202
сравнение с маслом 182, 214
старение 187, 192, 195
таблицы 181, 184–188
функция 184
эксплуатационные испытания 188
повреждение поверхности 233–235
повреждение подшипника 288–323
во время эксплуатации 309–322
до эксплуатации 300–308
классификация ISO 298
признаки 232–235
причины 230–231, 298
повреждение при транспортировке 308
повреждение при ударе
из-за неправильного монтажа 248, 305
из-за неправильной транспортировки или хранения 308
повторное смазывание 192–198
влияние на температуру 221
подшипников с уплотнениями 90, 192
подающее кольцо *См.* маслоподающее кольцо
подвижная машина 167–169
подвижная опора 162
поддержка в техническом обслуживании 324–331
подповерхностная усталость 298–299, 309
из-за дефектов посадочных мест 303
из-за неправильных посадок 301
из-за статического перекоса 304
подпорки 164
подсчёт частиц 212
подшипники
демонтаж 254-269
идентификация 26–27
категории размера 46
монтаж 44-91
обращение 49–50
осмотр 225–226
первоначальное смазывание 189–191
повторное смазывание 194–198
система обозначений 22–25
терминология 10
типы и конструкции 12-21
характеристические частоты подшипников 224
хранение 41, 230
подшипники для универсального монтажа
значения осевого внутреннего зазора 389
значения осевого преднатяга 389
монтаж 76
подшипники опор рабочих валков прокатного стана 259
подшипники особо высокой точности
первоначальное смазывание 191
типы и конструкции 12, 18
подшипники печей 182
подшипники типа Y
значения радиального внутреннего зазора 401
сборка 121
подшипники-опорные ролики 19–20
подшипниковые узлы
в стационарных корпусах 127, 132
терминология 11
типы 30–31
подшипниковые узлы
демонтаж 270-277
идентификация 27
методы фиксации вала 94–96
монтаж 92-121
обозначения 96, 100
типы и конструкции 96-100
хранение 41
подшипниковые узлы по X-образной схеме
регулировка конических роликоподшипников 84-85
регулировка радиально-упорных шарикоподшипников 74-75
подшипниковые узлы с расположением по O-образной схеме
регулировка конических роликоподшипников 86–88
регулировка радиально-упорных шарикоподшипников 76–77
подшипниковые узлы типа Y *См.* подшипниковые узлы
подъёмный механизм 50, 68
поиск и устранение неисправностей 228-251
полиамид

корпуса подшипниковых узлов 100
совместимость с антизадирными присадками 202
полимочевина 183
полирующий износ
из-за неправильных посадок 300–301
из-за неэффективного уплотнения 315
полная замена смазки 198–199
полые валы 34–35
поперечные борозды
из-за вибрации 319
из-за прохождения электрического тока 322
поперечные отверстия 150, 152
пополнение 195–196
посадки
выбор 32–34
для валов 334–336
для корпусов 336-337
неисправности 241–242, 246
повреждение подшипника 300-302
результирующая посадка 338–381
посадочные места *См.* посадочные места подшипников
посадочные места подшипников
повреждение подшипника 302-303
проверка точности 47–49
размеры для переходных галтелей 387
требования к точности 35–36, 386
шероховатость поверхности 36, 387
преднатяг
значения для радиально-упорных шарикоподшипников 389
поиск и устранение неисправностей 240–245
рабочий 29, 51
преждевременный отказ подшипников *См.* повреждение
подшипников пресс-маслёнки
для повторного смазывания 195
положение в стационарных корпусах 133, 196
прессы
для демонтажа подшипников 258, 267
для монтажа подшипников 53
для установки уплотнений 146
прецизионные подшипники
первоначальное смазывание 191
типы и конструкции 12, 18
принцип светофора *См.* принцип светофора SKF
принцип светофора SKF 186–187
приработка 191
природная нефть
в масле 203
в пластичной смазке 183
присадки
в масле 203
в пластичной смазке 184
в централизованных системах смазывания 212
совместимость с материалами 188–189, 202, 207, 210
присадки EP *См.* антизадирные присадки
приспособление SKF для монтажа подшипников
для монтажа подшипников 72
для установки уплотнений 146
проактивное техобслуживание 219
пробойники
для монтажа подшипниковых узлов 107–108
для установки уплотнений 148
проворачивание кольца *См.* проскальзывание
пропускная способность фильтра 212
проскальзывание 31
из-за неправильных посадок 300–301
поиск и устранение неисправностей 243, 246–247
соображения относительно выбора натяга 33
проскальзывание *См.* задир
проставочные кольца 91, 151
простой
повреждение вибрацией 319
повреждение коррозией в присутствии влаги 317–318
повреждение чрезмерным напряжением 307
противопенная присадка 203
протокол измерения 48
проточные системы смазывания 214
пружинные кольца
неисправности 237
типы и конструкции уплотнений 143-145
пуск
подшипников, смазываемых маслом 207
подшипников, смазываемых пластичной смазкой 186–187, 190–191

Р

работа при экстремальных температурах 182
рабочая температура
корректировка интервала повторного смазывания 195
мониторинг состояния 221
подшипников 187, 204
поиск и устранение неисправностей 190, 202, 233
смазки 186–187
рабочий зазор 29
радиальная фиксация 31–36
неисправности 241–242, 246
радиально-упорные шарикоподшипники
значения осевого внутреннего зазора 389
значения осевого преднатяга 389
монтаж 74–78
неисправности 243, 245, 247
одиночные подшипники 74
первоначальное смазывание 191
подшипники для универсального монтажа 76
регулировка подшипниковых узлов по O-образной схеме 76–77
регулировка подшипниковых узлов по X-образной схеме 74-75
с разъёмным внутренним кольцом 78
типы и конструкции 12–13
радиальные подшипники 12–17
радиальные шарикоподшипники
встроенные уплотнения подшипников 40
значения радиального внутреннего зазора 388
первоначальное смазывание 191
типы и конструкции 12
радиальный внутренний зазор 29, 51
значения для игольчатых роликоподшипников 393
значения для подшипников типа Y 401
значения для радиально-упорных шарикоподшипников 389-390
значения для радиальных шарикоподшипников 388
значения для самоустанавливающихся шарикоподшипников 392
значения для сферических роликоподшипников 397–398
значения для тороидальных роликоподшипников CARB 399–400
значения для цилиндрических роликоподшипников 393
значения для шарикоподшипников с четырёхточечным контактом 391
значения уменьшения при монтаже 403–404
измерение с помощью щупа 52
остаточные значения после монтажа 403–404
радиаторы *См.* инфракрасные радиаторы
разбалансировка 223
разбалансировка *См.* дисбаланс
разборные подшипники
монтаж 80
первоначальное смазывание 190
разделение масла *См.* маслоотделение
разность температур
между внутренним и наружным кольцами 221
неисправности 240
соображения относительно выбора натяга 33
соображения относительно выверки 161
разъёмные стационарные корпуса *См.* стационарные корпуса
разъёмные уплотнения 133, 154–155
распорные кольца 134
распорные шайбы 156
распределение нагрузок

следы на дорожке качения 292-297
соображения относительно выбора натяга 32
растворители
для очистки подшипников 224
обращение 225
типы 254
растрескивание 298–299
расширение внутреннего кольца 56
реактивное техобслуживание 218–219
регулирование прокладками 163
регулировка подшипников
конические роликоподшипники 84–88
поиск и устранение неисправностей 245
радиально-упорные шарикоподшипники 74–77
регулировочные пластины *См.* калиброванные пластины
регулируемые стальные опоры *См.* элементы
SKF Vibracon SM
режимы отказа 298–299
результирующие посадки
для валов (дюймовых) 360–371
для валов (метрических) 338–349
для корпусов (дюймовых) 372–381
для корпусов (метрических) 350–359
рекомендованные посадки *См.* посадки
ремонт вала 152–154
ресурс *См.* ресурс подшипника
ресурс подшипника
номинальный ресурс 27–28
срок службы 28–29
ржавчина
из-за дефектов посадочных мест 302
из-за неэффективного уплотнения 317-318
поиск и устранение неисправностей 246
роликоподшипники *См.* подшипники
роликоподшипниковые узлы
демонтаж 276-277
методы фиксации вала 94–96
монтаж 114-120
обозначения 96, 100
типы и конструкции 96-100
роликоподшипниковые узлы SKF ConCentra
демонтаж 276-277
монтаж 114-118

С

самоустанавливающиеся шарикоподшипники
значения для метода SKF Drive-up 392
значения осевого смещения 402
значения радиального внутреннего зазора 392
монтаж 79-80
монтаж (метод SKF Drive-up) 57–61
монтаж (метод гидрораспора) 62–66
первоначальное смазывание 191
типы и конструкции 13
углы затяжки стопорной гайки 402
сборка шарикоподшипниковых узлов 121
сварка 172
серийные номера
на стационарных корпусах 27
на четырёхрядных конических роликоподшипниках 89
на четырёхрядных цилиндрических
роликоподшипниках 82
на шарикоподшипниках с четырёхточечным контактом 78
серия диаметров 22–23
сертифицированные партнёры SKF по
техобслуживанию 331
сертифицированные партнёры SKF по ремонту
электродвигателей 331
сжатый воздух 226
синтетическое масло
в масле 203
в пластичной смазке 183
синусные линейки 47
система фиксации SKF Springcover 144–145
системы смазывания
смазывание маслом 207–209
централизованная 213–215
системы смазывания маслом 207–209
скольжение *См.* задир
следы на дорожке качения 291-297
смазки SKF 423–431
для лубрикаторов SKF SYSTEM 24 199
карта выбора 430–431
смазки для пищевой промышленности 209, 424
смазочная плёнка
грузоподъёмность 184, 200
образование 204
смазочный материал
выбор 182
обращение 181
осмотр 181, 222, 225
срок службы 28
срок хранения 43
утилизация 181
хранение 42
смазывание 178–215
инструменты и продукция SKF 420–422
неисправности 236-237
управление процессами 180
смазывание маслом 203–212
смазывание минимальным количеством 214–215
смазывание пластичной смазкой 183–202
смачивание поверхности 202
смешивание смазок *См.* смазка, совместимость
смещение *См.* осевое смещение
совместимость
масло 210
между базовыми маслами 201
между загустителями 201
пластичная смазка 200–202
совмещение канавок 176–177
совмещение по торцам 176–177
совокупная стоимость владения 329
солёная вода 185
сопряжённые компоненты
первоначальное смазывание 188
подготовка 49
проверка точности 47–49
размеры для каналов, канавок и отверстий 405
спиртовые уровни
для выверки соосности валов 170
для выверки соосности ремённых передач 176
срок службы 28–29
влияющие факторы 230–231
срок хранения
подшипников 41
смазочных материалов 43
эластомерных уплотнений 42
стабильность при перекатывании 188
станки
смазывание 191, 215
услуги SKF 331
статическая нагрузка 32
стационарная машина 167–168
стационарные корпуса
демонтаж 280-281
монтаж корпусов SNL 134–136
монтаж корпусов SONL 137–139
типы и конструкции 125-126
стационарные узлы
демонтаж 270-277
монтаж 104-120
типы и конструкции 96-100
стопорные кольца 91
ступицы *См.* ступицы колёс
ступицы колёс 87–88
стяжные втулки
демонтаж подшипников 264-267
монтаж подшипников (метод SKF Drive-up) 57–61
монтаж подшипников (метод гидрораспора) 62–66
сухая смазка 182–183
сферические роликоподшипники
значения для метода SKF Drive-up 407-411
значения осевого смещения 403
значения радиального внутреннего зазора 397-398
значения уменьшения зазора 403

конструкции 17
монтаж 90
монтаж (метод SKF Drive-up) 57–61
монтаж (метод гидрораспора) 62–66
углы затяжки стопорной гайки 403
съёмники
для демонтажа подшипников из неразъёмных корпусов 267–269
для демонтажа подшипников с конического посадочного места на валу 260
для демонтажа подшипников с цилиндрического посадочного места на валу 256–257
для демонтажа фланцевых корпусов 282
съёмные пластины 260

Т
таблица перевода единиц измерения 437
таблицы допусков
для валов (дюймовых) 360–371
для валов (метрических) 338–349
для валов (монтаж втулки) 384
для корпусов (дюймовых) 372–381
для корпусов (метрических) 350–359
отклонения изменённого диаметра для дюймовых подшипников 382–383
таконитовые уплотнения 128–129
твёрдые загрязняющие частицы 211–212
поиск и устранение неисправностей 245, 249
твёрдые присадки
в масле 203
в пластичной смазке 184
в централизованных системах смазывания 213
температура
мониторинг состояния 221
неисправности 233
номинальная 203
окружающая 161
рабочая 186–187
температура окружающей среды
соображения относительно выверки машины 161
соображения относительно замены смазки 195–196
тепловое расширение
монтаж тороидальных роликоподшипников CARB 91
соображения относительно выбора натяга 33–34
соображения относительно выверки 161, 169
терминология 10–11
термические трещины 298–299
из-за неправильных посадок 301
термометры 221
тестовый пуск 174
техобслуживание по фактическому состоянию 218–219
типы и конструкции 21
тороидальные роликоподшипники CARB
в стационарных корпусах 132
значения для метода SKF Drive-up 412-413
значения осевого смещения 404
значения радиального внутреннего зазора 399–400
значения уменьшения зазора 404
монтаж 90-91
монтаж (метод SKF Drive-up) 57–61
монтаж (метод гидрораспора) 62–66
неисправности 240
осевая фиксация 37
первоначальное смазывание 191
размеры опор 38
типы и конструкции 17
углы затяжки стопорной гайки 404
торцевые крышки 133
торцовые ключи *См.* шестигранные ключи
точечное смазывание *См.* масловоздушное смазывание
точка каплепадения 185
эксплуатационные испытания смазки 188
точность вращения 35–36
допуски для валов (монтаж на втулке) 384
допуски для посадочных мест подшипников 386
точность формы 35–36
допуски для валов (монтаж на втулку) 384
допуски для посадочных мест подшипников 386
трещины
из-за дефектов посадочных мест 303
из-за неправильных посадок 300–301
микротрещины 309–312
трещины 298–299
нагрузочные трещины 301, 303
термические трещины 301
усталостные трещины 319

У
угловая опора *См.* подвижная опора
углубления *См.* вмятины
угол затяжки стопорной гайки 55
значения для самоустанавливающихся шарикоподшипников 402
значения для сферических роликоподшипников 403
значения для тороидальных роликоподшипников CARB 404
ударные кольца/втулки 146
ударные нагрузки
повреждение подшипника 248, 308
регулирование интервала замены смазки 195
требования к присадкам 207
узлы *См.* подшипниковые узлы
указатель момента затяжки 112–113
указатель уровня масла 137, 139
ультразвуковые датчики 221
уменьшение зазора 54–55
значения для сферических роликоподшипников 403
значения для тороидальных роликоподшипников CARB 404
уплотнения
внешние уплотнения 39
встроенные уплотнения подшипников 40
демонтаж 284–286
для корпусов 128-129
для подшипниковых узлов 96
манжетные уплотнения 143–145
монтаж 140–157
неисправности 233, 235
срок службы 28
срок хранения 42
терминология 11
уплотнённые подшипники 40
мойка 189
нагрев 68
неисправности 238
повторное смазывание 192
радиальные шарикоподшипники 40
самоустанавливающиеся шарикоподшипники 79
срок хранения 41
сферические роликоподшипники 90
уплотнительные решения 39–40
неисправности 238
уплотняемая поверхность 142
осмотр 226-227
ремонт 151–154
требования 146
уплотняющие шайбы 156
упорные подшипники 18–19
управление производственными активами 326–329
условия вращения 32
услуги SKF в области мониторинга
энергопотребления 329–330
услуги по восстановлению шпинделей 331
услуги по техобслуживанию механизмов 330
усталостные трещины 298–299
из-за рабочего перекоса 319
усталость 298–299
поверхностная 301, 303–304, 310–311
подповерхностная 301, 303–304
усталость материала *См.* подповерхностная усталость
установка машины 161–166
установка уплотнений 140–157
в стационарных корпусах 133–139
неисправности 238-239
первоначальное смазывание 190
установочный винт *См.* стопорный винт

устойчивое развитие 329–330
устройства затяжки болтов 166
утечка смазки 182
  поиск и устранение неисправностей 202, 236, 238–239
  эксплуатационные испытания смазки 188
утечка тока 298–299
  из-за прохождения электрического тока 321–322
утечки 222
  поиск и устранение неисправностей 236, 238–239, 245
утечки масла 182
  поиск и устранение неисправностей 236

Ф
фиксация SKF ConCentra 94–95
фиксация закрепительной втулкой 94–95
  демонтаж подшипниковых узлов 274
  значения момента затяжки 103
  монтаж подшипниковых узлов 109–110
фиксация подшипника 31–38
фиксация стопорным винтом 94–95
  демонтаж подшипниковых узлов 272
  значения момента затяжки 102
  монтаж подшипниковых узлов 104-106
фиксирующие кольца 132
фиксирующие кольца *См.* фиксирующие кольца
фиксирующие подшипниковые узлы 30–31
фланцевые корпуса
  демонтаж 282-283
  типы и конструкции 125-126
фланцевые узлы 100
  демонтаж 270-277
  монтаж 104-120
  типы и конструкции 96-100
фреттинг-коррозия 298–299
  из-за дефектов посадочных мест 302–303
  из-за неправильных посадок 300
  удаление 226
  эксплуатационные испытания смазки 188
фрикционная коррозия 298–299
  ложное бринеллирование 308, 319
  фреттинг-коррозия 298–299, 302–303
фторкаучук
  при высоких температурах 142
  суффиксы обозначения уплотнений 145
фторсодержащая смазка 189, 200, 202

Х
характеристические частоты подшипников 224
хранение
  повреждение подшипников 308
  подшипников 41
  смазочных материалов 42–43
  эластомерных уплотнений 42

Ц
центр вращения 167
централизованные системы смазывания 213–215
центрирующие фланцы 84–85
цилиндрические посадочные места вала
  демонтаж подшипников 256-259
  монтаж подшипников 53
  протокол измерения 48
  точность формы и положения 386
цилиндрические роликоподшипники
  демонтаж 258-259
  значения осевого внутреннего зазора 394–395
  значения радиального внутреннего зазора 393
  монтаж 80-84
  осевая фиксация 37
  первоначальное смазывание 191
  типы и конструкции 13-14
цилиндрическое стопорное кольцо 94–95
  значения момента затяжки 102
  монтаж подшипниковых узлов 119-120
цилиндричность 36, 386
циркуляция масла 208
  в централизованных системах смазывания 213–215
  интервал замены масла 209
  монтаж корпусов SONL 137–139
  отбор проб масла 210

Ч
четырёхкромочные уплотнения
  первоначальное смазывание 190
  повторное смазывание 196
четырёхрядные конические роликоподшипники
  конструкции 17
  монтаж 89
четырёхрядные цилиндрические роликоподшипники
  конструкции 14
  монтаж 82-84
чистота 28–29, 46–47
чугун
  корпуса 126
  корпуса подшипниковых узлов 100
чугун со сфероидальным графитом 126

Ш
шайбы/кольца упорных подшипников
  для корпусов 131
  для подшипниковых узлов 101
шарикоподшипники с четырёхточечным контактом
  значения осевого внутреннего зазора 391
  конструкции 13
  монтаж 78
  неисправности 244
шарикоподшипниковые узлы
  демонтаж 272–275
  методы фиксации вала 94–96
  монтаж 104-114
  обозначения 96, 100
  сборка 121
  типы и конструкции 96-100
шарикоподшипниковые узлы SKF ConCentra
  демонтаж 275
  монтаж 111-114
шероховатость поверхности 36
  средние значения 387
шестигранные ключи 102
шлицы 150, 152
шпоночные пазы 150, 152
штампованная сталь 100
шум
  мониторинг состояния 221
  поиск и устранение неисправностей 233

Э
экстракторы *См.* съёмники
эксцентриковое стопорное кольцо 94–95
  демонтаж подшипниковых узлов 273
  значения момента затяжки 102
  монтаж подшипниковых узлов 106-108
эластомерные уплотнения
  установка 140–157
  хранение 42
электрическая эрозия 298–299
  утечка тока 321-322
  чрезмерное напряжение 307
электрический ток
  неисправности 249–250
  повреждение утечкой тока 321–322
  повреждение чрезмерным напряжением 307
электронные стетоскопы 221
электроплиты 68
элементы SKF Vibracon SM 162–165
элементы Vibracon SM *См.* элементы SKF Vibracon SM
элементы с прорезью *См.* клинья
эндоскопы 225–226
эпоксидная смола
  для выверки машины 165
  для ремонта вала 152
эффект стиральной доски 322
эффективное использование энергии 329